ipcc
الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

تغيُّر المناخ 2014

التخفيف من تغيّر المناخ

ملخص لصانعي السياسات

الفريق العامل الثالث

مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

WMO UNEP

تغيُّر المناخ 2014
التخفيف من تغيُّر المناخ

مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ

ملخص لصانعي السياسات

المحررون

Ottmar Edenhofer
(الرئيس المشارك للفريق العامل الثالث،
معهد بوتسدام لبحوث الآثار المناخية)

Ramón Pichs-Madruga
(الرئيس المشارك للفريق العامل الثالث،
مركز دراسات الاقتصاد العالمي)

Youba Sokona
(الرئيس المشارك للفريق العامل الثالث،
مركز الجنوب)

Jan C. Minx
(رئيس وحدة الدعم الفني)

Ellie Farahani
(رئيس عمليات)

Susanne Kadner
(رئيسة الشؤون العلمية)

Kristin Seyboth
(نائبة رئيسة الشؤون العلمية)

Anna Adler
(مساعدة فريق)

Ina Baum
(موظفة مشاريع)

Steffen Brunner
(كبير اقتصاديين)

Patrick Eickemeier
(محرر علمي)

Benjamin Kriemann
(موظف تكنولوجيا معلومات)

Jussi Savolainen
(مدير شبكة الويب)

Steffen Schlömer
(علمي)

Christoph von Stechow
(علمي)

Timm Zwickel
(كبير علميين)

وحدة الدعم الفني للفريق العامل الثالث

صورة الغلاف: الصين، شنغهاي، منظر جوي © Ocean / Corbis

نقحته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) في شباط/ فبراير 2015، سويسرا. وتتوافر نسخ إلكترونية من هذا الملخص لصانعي السياسات من الموقع الشبكي للهيئة www.ipcc.ch والموقع الشبكي لمساهمة الفريق العامل الثالث التابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في تقرير التقييم الخامس www.mitigation2014.org.

© 2015 الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

كان الشكل SPM.4 بصيغته المدرجة أصلاً في النسخة الرقمية من هذا المطبوع يحتوى على خطأ. وقد صُحح هذا الخطأ الآن في هذا المطبوع بعد أن تم، في كانون الثاني/ يناير 2015، اتخاذ الإجراءات ذات الصلة بموجب بروتوكول الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ الخاص بتصحيح الأخطاء التي ترد في تقارير التقييم الخاصة بالهيئة، أو تقاريرها التجميعية، أو تقاريرها الخاصة، أو تقاريرها المنهجية.

ملخص لصانعي السياسات

ملخص
لصانعي
السياسات

ملخص لصانعي السياسات

فريق الصياغة:

Ottmar Edenhofer (ألمانيا)، Ramón Pichs-Madruga (كوبا)، Youba Sokona (مالي)،Shardul Agrawala (فرنسا)، Igor Alexeyevich Bashmakov (روسيا)، Gabriel Blanco (الأرجنتين)، John Broome (المملكة المتحدة)، Thomas Bruckner (ألمانيا)، Steffen Brunner (ألمانيا)،Mercedes Bustamante (البرازيل)، Leon Clarke (الولايات المتحدة الأمريكية)، Felix Creutzig (ألمانيا)، Shobhakar Dhakal (نيبال / تايلند)، Navroz K. Dubash (الهند)، Patrick Eickemeier (ألمانيا)،Ellie Farahani (كندا)، Manfred Fischedick (ألمانيا)، Marc Fleurbaey (فرنسا)، Reyer Gerlagh (هولندا)، Luis Gómez-Echeverri (كولومبيا / النمسا)، Sujata Gupta (الهند / الفلبين)، Jochen Harnisch (ألمانيا)، Kejun Jiang (الصين)، Susanne Kadner (ألمانيا)، Sivan Kartha (الولايات المتحدة الأمريكية)، Volker Krey (الولايات المتحدة الأمريكية)، Charles Kolstad (ألمانيا)، Stephan Klasen (النمسا / ألمانيا)، Howard Kunreuther (الولايات المتحدة الأمريكية)، Oswaldo Lucon (البرازيل)، Omar Masera (المكسيك)، Jan Minx (ألمانيا)، Yacob Mulugetta (المملكة المتحدة / إثيوبيا)، Anthony Patt (النمسا / سويسرا)، Roberto Schaeffer (الهند)، Nijavalli H. Ravindranath (النمسا)، Keywan Riahi (الهند)، Joyashree Roy (البرازيل)، Kristin Seyboth (الولايات المتحدة الأمريكية)، Karen Seto (ألمانيا)، Steffen Schlömer (الولايات المتحدة الأمريكية)، Ralph Sims (نيوزيلندا)، Jim Skea (المملكة المتحدة)، Pete Smith (المملكة المتحدة)، Eswaran Somanathan (الهند)، Robert Stavins (الولايات المتحدة الأمريكية)، Christoph von Stechow (ألمانيا)، Thomas Sterner (السويد)،Taishi Sugiyama (اليابان)، Sangwon Suh (جمهورية كوريا / الولايات المتحدة الأمريكية)، Kevin Chika Urama (نيجيريا / المملكة المتحدة)، Diana Ürge-Vorsatz (هنغاريا)، David Victor (الولايات المتحدة الأمريكية)، Dadi Zhou (الصين)، Ji Zou (الصين)، Timm Zwickel (ألمانيا)

فريق المساهمين في الصياغة

Giovanni Baiocchi (المملكة المتحدة / إيطاليا)، Helena Chum (الولايات المتحدة الأمريكية / البرازيل)، Jan Fuglestvedt (النرويج)، Helmut Haberl (النمسا)، Edgar Hertwich (النرويج / النمسا)، Elmar Kriegler (ألمانيا)، Joeri Rogelj (سويسرا / بلجيكا)، H.-Holger Rogner (ألمانيا)،Michiel Schaeffer (هولندا)، Steven J. Smith (الولايات المتحدة الأمريكية)، Detlef van Vuuren (هولندا)، Ryan Wiser (الولايات المتحدة الأمريكية)

وينبغي الاستشهاد بهذا الملخص لصانعي السياسات بوصفه:

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2014:ملخص لصانعي السياسات، في: تغير المناخ 2014، التخفيف من تغيّر المناخ. مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]مطبعة جامعة كيمبريدج، كيمبريدج، المملكة المتحدة، ونيويورك، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية

جدول المحتويات

SPM.1 المقدمة 4

SPM.2 نُهُج التخفيف من تغيُّر المناخ 4

SPM.3 اتجاهات أرصدة وتدفقات غازات الدفيئة والعوامل الدافعة لها 6

SPM.4 مسارات وتدابير التخفيف في سياق التنمية المستدامة 10

SPM.4.1 مسارات التخفيف في الأجل الطويل 10

SPM.4.2 مسارات وتدابير التخفيف القطاعية والمشتركة بين القطاعات 17

SPM.4.2.1 مسارات وتدابير التخفيف المشتركة بين القطاعات 17

SPM.4.2.2 إمدادات الطاقة 20

SPM.4.2.3 قطاعات الاستخدام النهائي للطاقة 21

SPM.4.2.4 الزراعة، والحراجة، والاستخدامات الأخرى للأراضي (AFOLU) 24

SPM.4.2.5 المستوطنات البشرية، والهياكل الأساسية، والتخطيط المكاني 25

SPM.5 سياسات ومؤسسات التخفيف 26

SPM.5.1 السياسات القطاعية والوطنية 26

SPM.5.2 التعاون الدولي 30

SPM.1 المقدمة

تُقيِّم مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ (AR5) المؤلفات المتعلقة بالجوانب العلمية والتكنولوجية والبيئية والاقتصادية والاجتماعية للتخفيف من تغيّر المناخ. وهي تستند إلى مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ (AR4)، والتقرير الخاص عن مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من تغيّر المناخ (SRREN)، والتقارير السابقة وتضم الاستنتاجات والبحوث اللاحقة. ويقيِّم التقرير أيضاً خيارات التخفيف على مستويات مختلفة من الحُكم وفي قطاعات اقتصادية مختلفة، والآثار المجتمعية لسياسات التخفيف المختلفة، ولكنه لا يوصي بأي خيار معيَّن لأغراض التخفيف.

ويتّبع هذا الملخص لصانعي السياسات (SPM) هيكل تقرير الفريق العامل الثالث. والسرد الوارد فيه تدعمه سلسلة من الاستنتاجات المبرزة التي توفر، معاً، ملخصاً مقتضباً. ويرد أساس هذا الملخص لصانعي السياسات في أقسام فصول التقرير وفي الملخص الفني (TS). وترد بين أقواس معقوفة الإحالات إلى هذه الأقسام.

وتستند درجة اليقين بشأن استنتاجات هذا التقييم، كما هو الحال في تقارير جميع الأفرقة العاملة الثلاثة، إلى تقييم الفريق الذي أعد التقرير للفهم العلمي الذي يقوم عليه، ويعبّر عن ذلك بمستوى نوعي من الثقة (يتدّرج من منخفض جداً إلى مرتفع جداً)، ويستند، حيثما أمكن، إلى درجة احتمال ذات أرجحية محددة كمياً، تتدرج من غير مرجح بشأن استثنائي إلى مؤكد تقريباً. وتستند الثقة في صحة أي استنتاج إلى نوع الأدلة وكميتها ونوعيتها واتساقها (مثلاً، بيانات، وفهم آلي، ونظرية، ونماذج، وتقدير خبراء) ومستوى التوافق بشأنها.[1] وتستند تقديرات احتمال المقاييس المحددة القيمة لعدم اليقين بشأن استنتاج ما إلى تحليل إحصائي للرصدات أو نتائج النماذج، أو إلى كليهما، وتقدير الخبراء.[2] وتُصاغ الاستنتاجات أيضاً، عند الاقتضاء، كبيانات وقائع بدون استخدام محدِّدات لعدم اليقين. وفي فقرات هذا الملخص، تنطبق مصطلحات الثقة والأدلة والتوافق بشأن استنتاج مبيَّن بلون داكن على الأقوال اللاحقة التي ترد في الفقرة، ما لم تقدَّم مصطلحات إضافية.

SPM.2 نُهُج التخفيف من تغيّر المناخ

التخفيف هو تدخُّل بشري للحد من مصادر غازات الدفيئة أو لتعزيز مصارفها (بالوعاتها). والتخفيف، إلى جانب التكيّف مع تغيّر المناخ، يسهم في الهدف المعرب عنه في المادة 2 من اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ (UNFCCC):

> الهدف النهائي لهذه الاتفاقية وأي صكوك قانونية ذات صلة هو القيام، وفقاً لأحكام الاتفاقية ذات الصلة، بتثبيت تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند مستوى يحول دون تدخُّل الإنسان بشكل خطير في نظام المناخ. وينبغي بلوغ هذا المستوى في إطار زمني يسمح للنُظم الإيكولوجية بالتكيف بشكل طبيعي مع تغيّر المناخ ويضمن عدم تعرّض إنتاج الأغذية للخطر ويمكِّن التنمية الاقتصادية من المضي على نحو مستدام.

ويمكن أن تستنير التكيفات المناخية باستنتاجات العِلم، والطرق النُظمية من تخصصات أخرى. [1.2، 2.4، 2.5، الإطار 3.1]

---

[1] تُستخدم مصطلحات الملخص التالية لوصف الأدلة المتاحة: محدودة، أو متوسطة، أو قوية؛ وبالنسبة لمستوى التوافق: منخفض، أو متوسط، أو مرتفع. ويُعبَّر عن مستوى الثقة باستخدام خمسة محددات هي: منخفضة جداً، ومنخفضة، ومتوسطة، وعالية، وعالية جداً، والطباعة بأحرف مائلة، مثلاً ثقة متوسطة. وفي ما يتعلق بأي أدلة وبيان أي مستوى توافق، يمكن إعطاء مستويات ثقة مختلفة، غير أن تزايد مستويات الأدلة ومستويات التوافق يرتبط بتزايد الثقة. وللاطلاع على مزيد من التفاصيل، يرجى الرجوع إلى المذكرة التوجيهية الموجهة إلى المؤلفين الرئيسيين لتقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ عن المعاملة المتسقة لأوجه عدم اليقين.

[2] استُخدمت المصطلحات التالية للإشارة إلى الأرجحية المقدّرة لأي نتيجة أو محصّلة: مؤكدة تقريباً (مرجّحة بنسبة تتراوح من 99 إلى 100 في المائة)، ومرجحة إلى حد كبير (مرجحة بنسبة تتراوح من 90 إلى 100 في المائة)، ومرجحة (مرجحة بنسبة تتراوح من 66 إلى 100 في المائة)، وتتساوى أرجحيتها مع عدم أرجحيتها تقريباً (مرجحة بنسبة تتراوح من 33 إلى 66 في المائة)، وغير مرجحة (مرجحة بنسبة تتراوح من صفر إلى 33 في المائة)، وغير مرجحة إلى حد كبير (مرجحة بنسبة تتراوح من صفر إلى 10 في المائة)، وغير مرجحة بشكل استثنائي (مرجحة بنسبة تتراوح من صفر إلى 1 في المائة). وقد تُستخدم أيضاً مصطلحات إضافية (تزيد أرجحية حدوثها عن عدم أرجحيته: >50 إلى 100 في المائة، وتزيد أرجحية عدم حدوثها عن أرجحية حدوثها: صفر -> في المائة) عند الاقتضاء. وتُطبع الأرجحية المقدّرة بأحرف مائلة، مثلاً: غير مرجحة إلى حد كبير.

والتنمية المستدامة والإنصاف يوفران أساساً لتقييم السياسات المناخية ويُبرزان ضرورة التصدي لمخاطر تغيّر المناخ.[3] إن الحد من تأثيرات تغيّر المناخ ضروري لتحقيق التنمية المستدامة والإنصاف، بما في ذلك القضاء على الفقر. وفي الوقت نفسه، قد تقوِّض بعض جهود التخفيف الإجراءات المتخذة بشأن الحق في تعزيز التنمية المستدامة، وبشأن تحقيق القضاء على الفقر وتحقيق الإنصاف. وبناء على ذلك، ينطوي إجراء تقييم شامل للسياسات المتاحة على تجاوز التركيز على سياسات التخفيف والتكيف وحدها لدراسة مسارات التنمية بوجه أعم، إلى جانب العوامل المحدِّدة لها [4.2، 4.3، 4.4، 4.5، 4.6، 4.8].

ولن يتحقق التخفيف الفعال إذا سعت آحاد الجهات الفاعلة إلى تعزيز مصالحها على نحو مستقل. فتغيّر المناخ يتسم بخصائص المشكلة التي تستلزم عملاً جماعياً على النطاق العالمي، لأن معظم غازات الدفيئة (GHGs) تتراكم بمرور الوقت وتمتزج عالمياً، بحيث تؤثر الانبعاثات من جهة فاعلة واحدة (مثلاً فرد، أو جماعة، أو شركة، أو بلد)، على الجهات الفاعلة الأخرى.[4] ولذا فإن التعاون الدولي مطلوب للتخفيف بفعالية من انبعاثات غازات الدفيئة وللتصدي للمسائل الأخرى المتعلقة بتغيّر المناخ [1.2.4، 2.6.4، 3.2، 4.2، 13.2، 13.3]. وعلاوة على ذلك، يمتد الأثر المعرفي لأعمال البحث والتطوير الداعمة للتخفيف. ومن الممكن أن يؤدي التعاون الدولي دوراً بناءً في تنمية المعرفة والتكنولوجيات السليمة بيئياً وفي نشرها ونقلها [1.4.4، 3.11.6، 11.8، 13.9، 14.4.3].

وتنشأ مسائل الإنصاف والعدل والنزاهة بخصوص التخفيف والتكيّف.[5] فالإسهامات السابقة والمقبلة للبلدان في تراكم غازات الدفيئة في الغلاف الجوي تختلف، وتواجه البلدان أيضاً تحديات وظروفاً متباينة، وتختلف قدراتها على مواجهة متطلبات التخفيف والتكيف. وتشير الأدلة إلى أن النتائج التي قد يُنظر إليها على أنها منصفة قد تفضي إلى تعاون أكثر فعالية [3.10، 4.2.2، 4.6.2].

وتنطوي مجالات كثيرة من مجالات صنع السياسات المناخية على أحكام قيمية واعتبارات أخلاقية. وتتراوح هذه المجالات من مسألة مدى التخفيف اللازم لمنع حدوث تدخل خطير في نظام المناخ إلى الخيارات ما بين السياسات المحددة للتخفيف أو للتكيف [3.1، 3.2]. ويجوز استخدام تحليلات اجتماعية واقتصادية وأخلاقية لتستنير بها الأحكام القيمية وقد تأخذ في الاعتبار قيماً من مختلف الأنواع، بما في ذلك قيمة رفاه الإنسان، والقيم الثقافية، والقيم غير الإنسانية [3.4، 3.10].

ومن بين الطرق الأخرى، من الشائع استخدام التقييم الاقتصادي ليستنير به تصميم السياسات المناخية. وتشمل الأدوات العملية للتقييم الاقتصادي تحليل جدوى التكلفة، وتحليل فعالية التكلفة، والتحليل المتعدد المعايير، ونظرية المنفعة المتوقعة [2.5]. ونواحي القصور في هذه الأدوات موثقة جيداً [3.5]. والنظريات الأخلاقية المستندة إلى دالات الرفاه الاجتماعي تعني ضمناً أن الأوزان المرجحة التوزيعية، التي تأخذ في الاعتبار القيمة المختلفة للنقود بالنسبة للأشخاص المختلفين، ينبغي تطبيقها على المقاييس النقدية للفوائد والمضار [3.6.1، الإطار TS.2]. وفي حين أن الوزن الترجيحي التوزيعي لم يُستخدم غالباً لأغراض مقارنة تأثيرات السياسات المناخية على أشخاص مختلفين في وقت واحد، فإنه من الممارسات المعيارية، في شكل خصم، لمقارنة التأثيرات في أوقات مختلفة [3.6.2].

وتتقاطع السياسة المناخية مع أهداف مجتمعية أخرى مما يؤدي إلى إمكانية وجود فوائد مصاحبة أو تأثيرات جانبية سلبية. وهذه التقاطعات يمكن، إذا أديرت إدارة جيدة، أن تعزز أساس الاضطلاع بإجراءات مناخية. والتخفيف والتكيف يمكن أن يؤثرا إيجاباً أو سلباً على تحقيق أهداف مجتمعية أخرى، من قبيل تلك المتصلة بصحة الإنسان، والأمن الغذائي، والتنوع الأحيائي، ونوعية البيئة المحلية، والحصول على الطاقة وسُبل العيش، والتنمية المستدامة المنصفة؛ والعكس بالعكس. والسياسات المتبعة لتحقيق أهداف مجتمعية أخرى يمكن أن تؤثر على تحقيق أهداف التخفيف والتكيف [4.2، 4.3، 4.4، 4.5، 4.6، 4.8]. وهذه التأثيرات قد تكون كبيرة، وإن كان يصعب تحديدها كمياً في بعض الأحيان، لا سيما من حيث الرفاه [3.6.3]. وهذا المنظور المتعدد الأهداف هام لأسباب منها أنه يساعد على تحديد المجالات التي سيكون فيها الدعم المقدم للسياسات والذي يعزز أهدافاً متعددة قوياً [1.2.1، 4.2، 4.8، 6.6.1].

---

[3] انظر الملخص لصانعي السياسات الخاص بمساهمة الفريق العامل الثاني في تقرير التقييم الخامس (WGII AR5 SPM).

[4] يشار إلى هذا في علوم الاجتماع بأنه 'مشكلة مشتركة عالمية'. وبالنظر إلى أن هذا التعبير يُستخدم في علوم الاجتماع فإن له دلالات محددة بالنسبة للترتيبات القانونية أو لمعايير معينة بشأن تقاسم الجهد.

[5] انظر السؤال المتكرر 3.2 للاطلاع على توضيح لهذه المفاهيم. ويمكن أن توضح المؤلفات الفلسفية بشأن العدل وغيرها من المؤلفات هذه المسائل [3.2، 3.3، 4.6.2].

ويمكن أن تستنير السياسة المناخية بالنظر في طائفة متنوعة من المخاطر وأوجه عدم اليقين، التي يصعب قياس بعضها، ولا سيما الظواهر ذات الاحتمال المنخفض ولكن التي من شأنها أن تكون ذات أثر كبير إذا حدثت. ولقد فحصت المؤلفات العلمية، منذ تقرير التقييم الرابع، المخاطر المتعلقة بتغيّر المناخ، واستراتيجيات التخفيف والتكيف. وتقدير فوائد التخفيف تقديرا دقيقاً يأخذ في الاعتبار المجموعة الكاملة من الآثار المحتملة لتغيّر المناخ، بما في ذلك تلك ذات العواقب الشديدة ولكن احتمال حدوثها منخفض. وقد تقدَّر فوائد التخفيف لولا ذلك تقديرا بخساً (ثقة عالية) [2.5، 2.6، الإطار 3.9]. ويتأثر اختيار إجراءات التخفيف أيضاً بأوجه عدم اليقين بشأن كثير من المتغيرات الاجتماعية - الاقتصادية، بما في ذلك معدل النمو الاقتصادي وتطور التكنولوجيات (ثقة عالية) [2.6، 6.3].

ويتأثر تصميم السياسة المناخية بالكيفية التي يتصور بها الأفراد والمنظمات المخاطر وأوجه عدم اليقين، والكيفية التي يأخذون بها في الاعتبار تلك المخاطر وأوجه عدم اليقين. وكثيراً ما يستخدم البشر قواعد مبسطة لاتخاذ القرار، من قبيل تفضيل الوضع القائم. ويختلف الأفراد والمنظمات من حيث درجة النفور من المخاطر ومن حيث الأهمية النسبية التي يعطونها لعواقب إجراءات محددة في الأجل القريب مقابل عواقب تلك الإجراءات في الأجل الطويل [2.4]. ويمكن تحسين تصميم السياسة، بمساعدة طرق رسمية، من خلال مراعاة المخاطر وأوجه عدم اليقين التي تنطوي عليها النظم الطبيعية والاجتماعية - الاقتصادية والتكنولوجية وكذلك عمليات صنع القرار والتصورات والقيم والثروة [2.5].

SPM.3 اتجاهات أرصدة وتدفقات غازات الدفيئة والعوامل الدافعة لها

لقد واصلت الانبعاثات الكلية لغازات الدفيئة البشرية المنشأ تزايدها خلال الفترة من عام 1970 إلى عام 2010 مع حدوث زيادات عقدية مطلقة أكبر فيها قرب نهاية هذه الفترة (ثقة عالية). فرغم تزايد عدد سياسات التخفيف من تغير المناخ، زادت الانبعاثات السنوية من غازات الدفيئة بمتوسط قدره 1.0 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون ($GtCO_2eq$) (أي بنسبة 2.2 في المائة) سنوياً خلال الفترة من عام 2000 إلى عام 2010 مقارنةً بزيادتها بمتوسط قدره 0.4 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة من عام 1970 على عام 2000 (الشكل SPM.1).[6,7] وبلغت الانبعاثات الكلية من غازات الدفيئة البشرية المنشأ أعلى مستوياتها في تاريخ البشرية خلال الفترة من عام 2000 إلى عام 2010 وبلغت 49 (±4.5) غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في عام 2010. وأدت الأزمة الاقتصادية العالمية التي حدثت في عامي 2008/2007 إلى خفض تلك الانبعاثات مؤقتاً فحسب. [1.3، 5.2، 13.3، 15.2.2، الإطار TS.5، الشكل 15.1].

وأسهمت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من حرق الوقود الأحفوري ومن العمليات الصناعية بنحو 78 في المائة من الزيادة الكلية في انبعاثات الدفيئة خلال الفترة من عام 1970 إلى عام 2010، مع إسهامها بنسبة مئوية مماثلة خلال الفترة من عام 2000 إلى عام 2010. (ثقة عالية). فقد بلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالوقود الأحفوري 32 (±2.7) غيغاطن سنوياً في عام 2010 وزادت زيادة إضافية بنحو 3 في المائة خلال الفترة من عام 2010 إلى عام 2011 وبنحو 1 إلى 2 في المائة خلال الفترة من عام 2011 إلى عام 2012. ويظل ثاني أكسيد الكربون، بين الانبعاثات الإجمالية لغازات الدفيئة التي بلغت 49 (±4.5) غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2010، هو أكبر غاز من غازات الدفيئة البشرية المنشأ بحيث كان يمثل 76 في المائة (±3.8 38 غيغا طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنويا) من الانبعاثات الكلية لغازات الدفيئة البشرية المنشأ في عام 2010. ويتأتى 16 في المائة (±1.6 7.8 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً) من الميثان (CH_4)، ويتأتى 6.2 في المائة (±1.9 3.1 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً) من أكسيد النيتروز (N_2O)، ويتأتى 2.0 في المائة (±0.2 1.0 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنويا) من الغازات المشبعة بالفلور (الشكل SPM.1). وسنوياً، منذ عام 1970، كان نحو 25% من غازات الدفيئة البشرية المنشأ في شكل غازات غير ثاني أكسيد الكربون[8]. [1.2، 5.2].

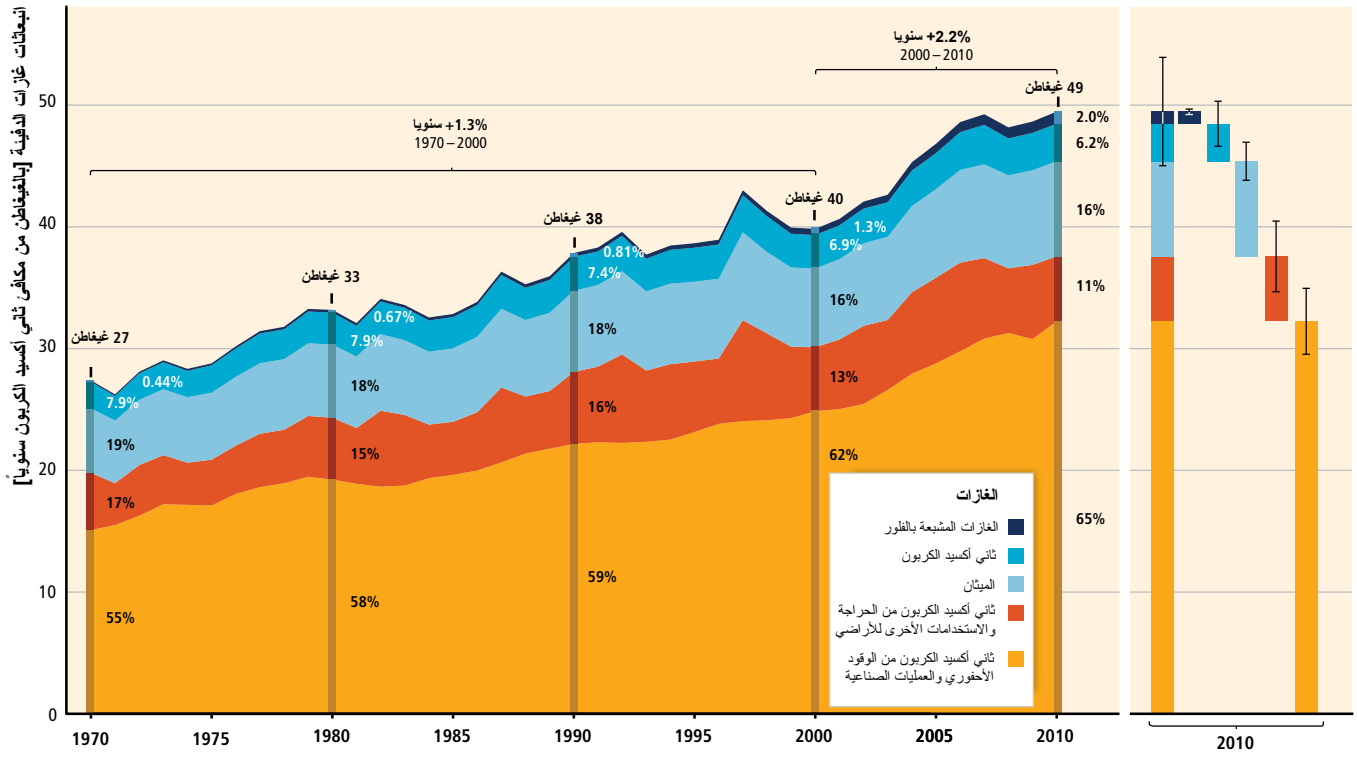
---

[6] في الملخص لصانعي السياسات كله، ترجّح انبعاثات غازات الدفيئة بواسطة إمكانيات الاحترار العالمي على مدى 100 عام (GWP_{100}) المستمدة من تقرير التقييم الثاني للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. وتنطوي جميع المقاييس على أوجه قصور وأوجه عدم يقين في ما يتعلق بتقييم عواقب الانبعاثات المختلفة. [3.9.6، TS.5، المرفق II.2.9، الملخص لصانعي السياسات الخاص بالفريق العامل الأول].

[7] وفي هذا الملخص لصانعي السياسات، يُبلغ عن عدم اليقين بشأن البيانات التاريخية لانبعاثات غازات الدفيئة باستخدام فواصل عدم يقين قدرها 90 % ما لم يُذكر خلاف ذلك. ومستويات هذه الانبعاثات مدورة إلى أقرب رقمين مهمّين في هذه الوثيقة كلها، ونتيجة لذلك، قد تحدث فروق صغيرة في المجاميع بسبب تدوير الأرقام.

[8] البيانات الواردة في هذا التقرير عن غازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون، بما فيها الغازات المشبّعة بالفلور، مستمدة من قاعدة بيانات النظام الإلكتروني لجمع البيانات وتحليلها واسترجاعها (EDGAR) (المرفق II.9)، التي تشمل المواد المدرجة في بروتوكول كيوتو في فترة الالتزام الأولى الخاصة به.

الانبعاثات الكلية السنوية من غازات الدفيئة البشرية المنشأ حسب مجموعات الغازات في الفترة 1970-2010



الشكل SPM.1 | الانبعاثات الكلية السنوية لغازات الدفيئة البشرية المنشأ (بالغيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً) حسب مجموعات الغازات في الفترة 1970-2010: ثاني أكسيد الكربون المنبعث من حرق الوقود الأحفوري ومن العمليات الصناعية؛ وثاني أكسيد الكربون المنبعث من الحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (FOLU)؛ والميثان (CH_4)؛ وأكسيد النيتروز (N_2O)؛ والغازات المشبّعة بالفلور[9] التي يشملها بروتوكول كيوتو (F-gases). وعلى الجانب الأيمن من الشكل تُذكر انبعاثات غازات الدفيئة في عام 2010 مرة أخرى مفصلة إلى هذه المكونات مع ما يرتبط بها من أوجه عدم يقين (فاصل ثقة يبلغ 90%) مبينة بواسطة أعمدة للأخطاء. والانبعاثات الكلية من غازات الدفيئة البشرية المنشأ مستمدة من تقديرات آحاد الغازات كما هي موصوفة في الفصل 5 (5.2.3.6). والانبعاثات العالمية من ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن حرق الوقود الأحفوري معروفة بدرجة عدم يقين تبلغ 2 في المائة (فاصل ثقة قدره 90%). أما انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي فترتبط بها أوجه عدم يقين كبيرة جداً في حدود 50± %. وقدّر عدم اليقين بشأن الانبعاثات العالمية من الميثان (CH_4) وأكسيد النيتروز (N_2O) والغازات المشبّعة بالفلور (F-gases) بأنه يبلغ 20 % ، و 60 % ، و 20 %، على الترتيب. وكان عام 2010 هو أحدث عام كانت فيه إحصاءات انبعاثات جميع الغازات وكذلك تقييمات أوجه عدم اليقين المرتبطة بها كاملة بشكل أساسي وقت جمع آخر بيانات من أجل هذا التقرير. وتحوّل الانبعاثات إلى مكافئات لثاني أكسيد الكربون استناداً إلى إمكانيات الاحترار العالمي على مدى 100 عام (GWP1006) المستمدة من تقرير التقييم الثاني للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ. وتمثّل بيانات الانبعاثات من الحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البرية من حرائق الغابات وحرائق الخث وانحلال الخث التي تمثل تقريباً لصافي تدفق ثاني أكسيد الكربون من الحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي كما هي موصوفة في الفصل 11 من هذا التقرير. ويسلّط الضوء على معدل النمو السنوي خلال فترات مختلفة بواسطة الأقواس المعقوفة. [الشكل 1.3، والشكل TS.1]

ونحو نصف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ التراكمية خلال الفترة ما بين عامي 1750 و 2010 قد حدثت في الأعوام الأربعين الأخيرة (ثقة عالية). ففي عام 1970، كانت الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون من حرق الوقود الأحفوري وإنتاج الإسمنت والاشتعال منذ عام 1750 تبلغ 35±420 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون؛ وفي عام 2010 زاد هذا المجموع التراكمي بمقدار ثلاثة أمثال ليبلغ 1300 110± غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون (الشكل SPM.2). وزادت الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون من الحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (FOLU) منذ عام 1750 من 180±490 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون في عام 1970 إلى 680 ± 300 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون في عام 2010. [5.2]

وقد زادت انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ السنوية بمقدار 10 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون خلال الفترة ما بين عامي 2000 و 2010، وتأتي هذه الزيادة مباشرةً من قطاعات الإمداد بالطاقة (47 في المائة)، والصناعة (30 في المائة)، والنقل (11 في المائة)، والمباني (3 في المائة) (ثقة متوسطة). وإذا احتُسبت الانبعاثات غير المباشرة فإنها تؤدي إلى زيادة مساهمات قطاعي المباني والصناعة (ثقة عالية). ومنذ عام 2000، أخذت انبعاثات غازات الدفيئة في التزايد في جميع القطاعات، باستثناء الحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (AFOLU). ومن الانبعاثات البالغة 49 (±4.5) غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في الصناعة، كان 14 في المائة (7.0 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) في قطاع النقل، و 6.4 في المائة (3.2 غيغاطن من مكافئ ثاني

[9] الحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (FOLU) - التي يشار إليها أيضا بالاسم المختصر LULUCF (استخدام الأراضي، والتغيّر في استخدام الأراضي، والحراجة) - هي مجموعة فرعية من انبعاثات وعمليات إزالة غازات الدفيئة المرتبطة باستخدام الأراضي والتغير في استخدام الأراضي وأنشطة الحراجة البشرية المباشرة باستثناء الانبعاثات الزراعية وعمليات إزالتها (انظر مسرد مصطلحات مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس).

أكسيد الكربون) في قطاع المباني. وعندما تُعزى الانبعاثات من الكهرباء وإنتاج الحرارة إلى القطاعات التي تستخدم الطاقة النهائية (أي الانبعاثات غير المباشرة)، فإن حصة قطاع الصناعة وحصة قطاع المباني في الانبعاثات العالمية لغازات الدفيئة تزيد بنسبة قدرها 31 في المائة وبنسبة قدرها 19 في المائة7، على الترتيب (الشكل SPM.2). [7.3، 8.2، 9.2، 10.3، 11.3]

وعالميا، يظل النمو الاقتصادي والنمو السكاني أهم عاملين دافعين للزيادات في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من حرق الوقود الأحفوري. وقد بقيت مساهمة النمو السكاني خلال الفترة ما بين عامي 2000 و 2010 مماثلة تقريباً للعقود الثلاثين السابقة، بينما ارتفعت مساهمة النمو الاقتصادي ارتفاعاً حاداً (ثقة عالية). وخلال الفترة ما بين عامي 2000 و 2010 فاقت سرعة كلا هذين العاملين سرعة تخفيضات الانبعاثات الناجمة عن التحسينات في كثافة استخدام الطاقة (الشكل SPM.3). ولكن تزايد استخدام الفحم بالنسبة إلى مصادر الطاقة الأخرى أدى إلى عكس مسار اتجاه الإزالة التدريجية للكربون من إمدادات الطاقة العالمية الذي دام أمداً طويلاً. [1.3، 5.3، 7.2، 14.3، TS.2.2]

ومن المتوقع، إذا لم تُبذل جهود إضافية لخفض انبعاثات غازات الدفيئة تتجاوز الجهود المبذولة حالياً، أن يستمر نمو الانبعاثات نتيجة للنمو في عدد سكان العالم وفي الأنشطة الاقتصادية. وسيناريوهات خط الأساس، أي بدون تخفيف إضافي، تسفر عن زيادات في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة في عام 2100 تتراوح من 3.7 درجة مئوية إلى 4.8 درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل عصر الصناعة[10](قيم متوسطة؛ ويتراوح النطاق من 2.5 درجة مئوية إلى 7.8 درجة مئوية عندما يُدرج عدم اليقين المناخي، انظر الجدول SPM.1)[11] (ثقة عالية). وتمثل سيناريوهات الانبعاثات التي أعدت من أجل هذا التقييم القسر الإشعاعي الكامل بما يشمل غازات الدفيئة (GHGs)، وأوزون التروبوسفير، والأهباء الجوية، وتغيّر الألبيدو (البياض). وتتجاوز سيناريوهات خط الأساس (السيناريوهات بدون بذل جهود إضافية صريحة لتقييد الانبعاثات) 450 جزءاً من المليون (ppm) من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2030 وتتراوح مستويات تركيز مكافئات ثاني أكسيد الكربون من 750 جزءاً من المليون إلى أكثر من 1,300 جزء من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100. وهذا يماثل نطاقاً لمستويات التركيز في الغلاف الجوي يتراوح من مسار التركيز النموذجي RCP 6.0 إلى مسار التركيز النموذجي RCP 8.5 في عام 2100.[12] ولأغراض المقارنة، يقدّر أن تركيز مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2011 كان يبلغ 430 جزءاً من المليون (يتراوح نطاق عدم اليقين من 340 جزءاً من المليون إلى 520 جزءاً من المليون).[13] [6.3، الإطار TS.6؛ والشكل SPM.5 في تقرير الفريق العامل الأول، و 8.5 في تقرير الفريق العامل الأول، و 12.3 في تقرير الفريق العامل الأول]

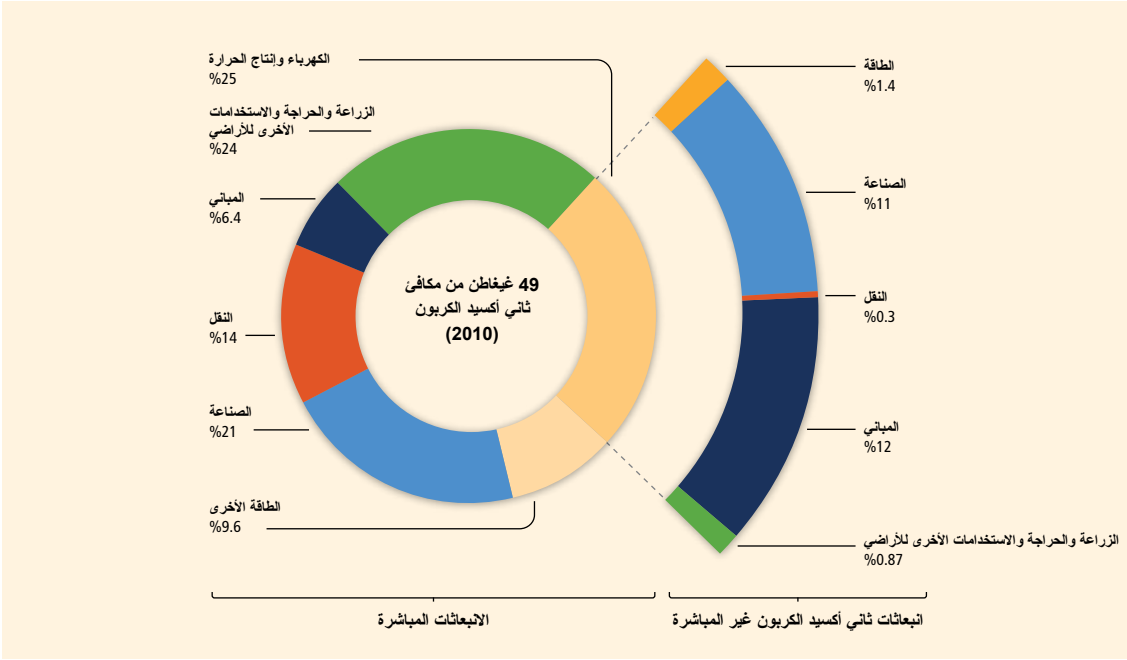
[10] استناداً إلى أطول مجموعة بيانات متاحة عن درجة الحرارة السطحية العالمية، يبلغ التغير الملحوظ بين متوسط الفترة 1900-1850 ومتوسط الفترة المرجعية لتقرير التقييم الخامس (1986-2005) 0.61 درجة مئوية (بتراوح فاصل الثقة من 5 في المائة إلى 95 في المائة: 0.67-0.55) [SPM.E في تقرير الفريق العامل الأول]، المستخدم هنا كتقريب للتغيّر في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية منذ عصر ما قبل الصناعة، يُشار إليه بوصفه الفترة التي تسبق عام 1750.

[11] يعكس عدم اليقين بشأن المناخ المئين الخامس إلى المئين الخامس والتسعين لتقديرات النماذج المناخية الموصوفة في الجدول SPM.1.

[12] لأغراض هذا التقييم أعد 300 سيناريو تقريباً من سيناريوهات خط الأساس و 900 سيناريو من سيناريوهات التخفيف من خلال دعوة مفتوحة من أفرقة النمذجة المتكاملة في مختلف أنحاء العالم. وهذه السيناريوهات مكمّلة لمسارات التركيز النموذجية (RCPs، انظر مسرد مصطلحات مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس). وتحدَّد مسارات التركيز النموذجية بقسرها الإشعاعي الكلي التقريبي في عام 2100 بالنسبة إلى عام 1750: 2.6 واط لكل متر مربع ($W\ m^{-2}$ في حالة مسار التركيز النموذجي RCP2.6، و4.5 W واط لكل متر مربع في حالة مسار التركيز النموذجي RCP4.5، و 6.0 واط لكل متر مربع في حالة مسار التركيز النموذجي RCP6.0، و 8.5 لكل متر مربع في حالة مسار التركيز النموذجي RCP8.5. والسيناريوهات التي أعدت لهذا التقييم تمتد على نطاق من التركيزات أوسع بدرجة طفيفة في عام 2100 من مسارات التركيز النموذجية (RCPs) الأربعة.

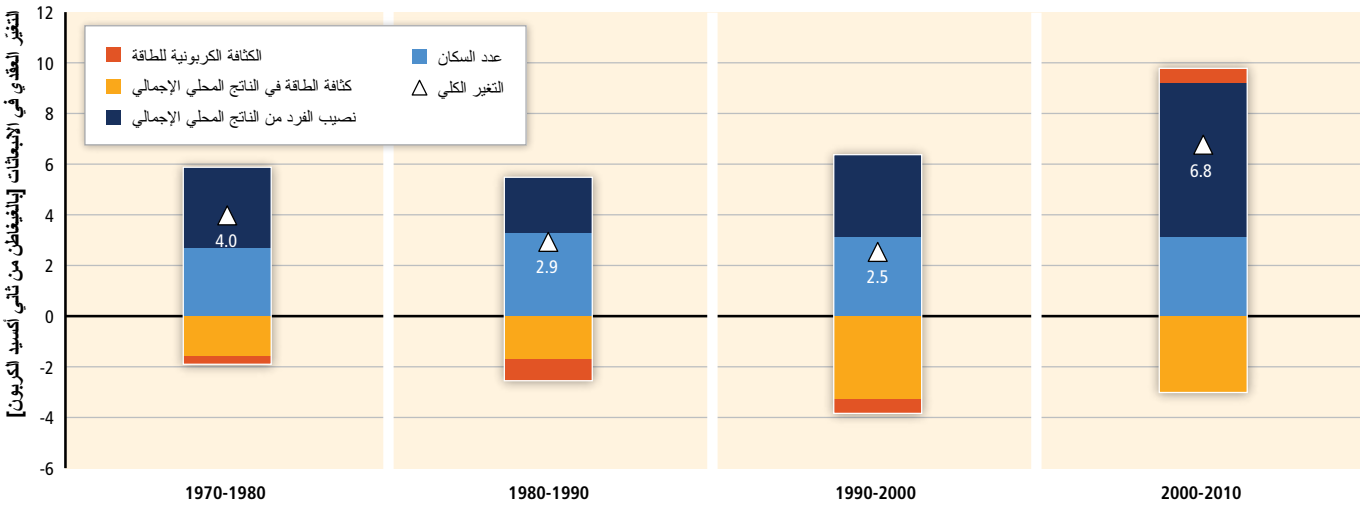
[13] يستند هذا إلى تقييم للقسر الإشعاعي الكلي البشري المنشأ لعام 2011 بالنسبة إلى عام 1750 يرد في مساهمة الفريق العامل الأول، أي 2.3 واط لكل متر مربع، ونطاق عدم يقين يتراوح من 1.1 إلى 3.3 واط لكل متر مربع. [الشكل SPM.5 في مساهمة الفريق العامل الأول، و 8.5 في مساهمة الفريق العامل الأول، و 12.3 في مساهمة الفريق العامل الأول].

انبعاثات غازات الدفيئة حسب القطاعات الاقتصادية



الشكل SPM.2 | الانبعاثات الكلية لغازات الدفيئة البشرية المنشأ (بالغيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً) حسب القطاعات الاقتصادية. وتبيّن الدائرة الداخلية حصص انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة (بالنسبة المئوية من الانبعاثات العالمية لغازات الدفيئة البشرية المنشأ) للقطاعات الاقتصادية الخمسة في عام 2010. أما العبارات الموضوعة بمفردها فهي تبيّن كيفية عزو حصص انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير المباشرة (بالنسبة المئوية من الانبعاثات الكلية لغازات الدفيئة البشرية المنشأ) من إنتاج الكهرباء والحرارة إلى قطاعات استخدام الطاقة النهائي. وتشير 'الطاقة الأخرى' إلى جميع مصادر انبعاثات غازات الدفيئة في قطاع الطاقة كما هي معرّفة في المرفق الثاني بخلاف إنتاج الكهرباء والحرارة [A.II.9.1]. وتشمل بيانات الانبعاثات من الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (AFOLU) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البرية من حرائق الغابات وحرائق الخث وانحلال الخث التي تقارب صافي تدفق ثاني أكسيد الكربون من قطاع الحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (FOLU) الفرعي على النحو الموصوف في الفصل 11 من هذا التقرير. وتحوّل الانبعاثات إلى مكافئات ثاني أكسيد الكربون استناداً إلى قيم إمكانيات الاحترار العالمي على مدى 100 عام (GWP1006) الواردة في تقرير التقييم الثاني للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. وترد تعاريف القطاعات في المرفق II.9 [الشكل 1.3a، والشكل TS.3 a/b]

تحليل التغيّر في الانبعاثات الكلية العالمية لثاني أكسيد الكربون من حرق الوقود الأحفوري



الشكل SPM.3 | تحليل التغيّر العقدي في الانبعاثات العالمية الكلية لثاني أكسيد الكربون حسب أربعة عوامل دافعة هي: السكان، ونصيب الفرد من الدخل (الناتج المحلي الإجمالي)، وكثافة استخدام الناتج المحلي الإجمالي للطاقة، وكثافة الكربون في الطاقة. وتبيّن أقسام الأعمدة التغيرات المرتبطة بكل عامل بمفرده، مع إبقاء العوامل الأخرى المعنية ثابتة. وتبيّن التغيرات العقدية الكلية بواسطة مثلث. وتُقاس التغيرات بالغيغاطن (Gt) من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في كل عقد؛ ويحوَّل الدخل إلى وحدات شائعة باستخدام تعادلات القوة الشرائية [الشكل 1.7]

SPM.4 مسارات وتدابير التخفيف في سياق التنمية المستدامة

SPM.4.1 مسارات التخفيف في الأجل الطويل

ثمة سيناريوهات متعددة ذات نطاق من الخيارات التكنولوجية والسلوكية، وذات خصائص وآثار مختلفة بالنسبة للتنمية المستدامة، تتسق مع مستويات التخفيف المختلفة. ولأغراض هذا التقييم، أعد نحو 900 سيناريو من سيناريوهات التخفيف في قاعدة بيانات تستند إلى النماذج المتكاملة المنشورة.[14] ويمتد هذا النطاق من مستويات تركيز في الغلاف الجوي في عام 2100 تتراوح من 430 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون إلى أكثر من 720 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، وهو ما يُقارَن بمستويات قسر في عام 2100 تتراوح من مسار التركيز النموذجي RCP 2.6 إلى مسار التركيز النموذجي RCP 6.0. وجرى أيضاً تقييم سيناريوهات خارج هذا النطاق، من بينها سيناريوهات ذات تركيزات في عام 2100 أقل من 430 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (وللاطلاع على مناقشة بشأن هذه السيناريوهات انظر أدناه). وتنطوي سيناريوهات التخفيف على نطاق واسع من المسارات التكنولوجية والاجتماعية الاقتصادية والمؤسسية، ولكن توجد أوجه عدم يقين وأوجه قصور في النماذج ومن الممكن حدوث تطورات خارج هذا النطاق (الشكل SPM.4، اللوحة العليا) [6.1، 6.2، 6.3، TS.3.1، الإطار TS.6]

وسيناريوهات التخفيف المرجح أن تُبقي التغير في درجة الحرارة الناجم عن انبعاثات الدفيئة البشرية المنشأ عند مستوى يقل عن درجتين مئويتين بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة تتسم بتركيزات في الغلاف الجوي في عام 2100 تبلغ نحو 450 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (ثقة عالية). وسيناريوهات التخفيف التي تبلغ فيها مستويات التركيز نحو 500 جزء من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100 تزيد أرجحية عن عدم أرجحية أن تتسبب في قصر التغير في درجة الحرارة على أقل من درجتين مئويتين بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة إلا إذا 'تجاوزت' مؤقتاً مستويات التركيز البالغة 530 جزءاً من المليون تقريباً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون قبل عام 2100، وفي هذه الحالة تقارب أرجحية تحقيقها ذلك الهدف أرجحية عدم تحقيقها له.[15] ويزيد عدم أرجحية عن أرجحية إبقاء السيناريوهات التي تبلغ فيها تركيزات مكافئ ثاني أكسيد الكربون ما يتراوح من 530 جزءاً من المليون إلى 650 جزءاً من المليون بحلول عام 2100 التغير في درجة الحرارة أقل من درجتين مئويتين بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة. أما السيناريوهات التي تتجاوز الانبعاثات فيها نحو 650 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100 فإنها من غير المرجح أن تقصر التغير في درجة الحرارة على أقل من درجتين مئويتين بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة. وتتسم سيناريوهات التخفيف التي تزيد فيها أرجحية عن عدم أرجحية أن تقل فيها الزيادة في درجة الحرارة عن 1.5 درجة مئوية بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة بحلول عام 2100 بتركيزات في عام 2100 تقل عن 430 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. وتبلغ درجة الحرارة ذروتها أثناء القرن ثم تنخفض في هذه السيناريوهات. ويمكن إيراد بيانات عن الاحتمال المتعلق بمستويات أخرى من التغير في درجة الحرارة في ما يتعلق بالجدول 6.3] SPM.1، الإطار TS.6]

وتشمل السيناريوهات التي تصل إلى مستويات تركيزات في الغلاف الجوي تبلغ نحو 450 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100 (اتساقاً مع احتمال مرجح أن تُبقي التغيّر في درجة الحرارة أقل من درجتين مئويتين بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة) حدوث تخفيضات كبيرة في انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ بحلول منتصف القرن من خلال تغيرات واسعة النطاق في نظم الطاقة وربما في استخدام الأراضي (ثقة عالية). وتتسم السيناريوهات التي تصل إلى هذه التركيزات بحلول عام 2100 بانخفاض الانبعاثات العالمية لغازات الدفيئة في عام 2050 عما كانت في عام 2010، أي بنسبة تتراوح من 40 في المائة إلى 70 في المائة عالمياً،[16] وبمستويات للانبعاثات

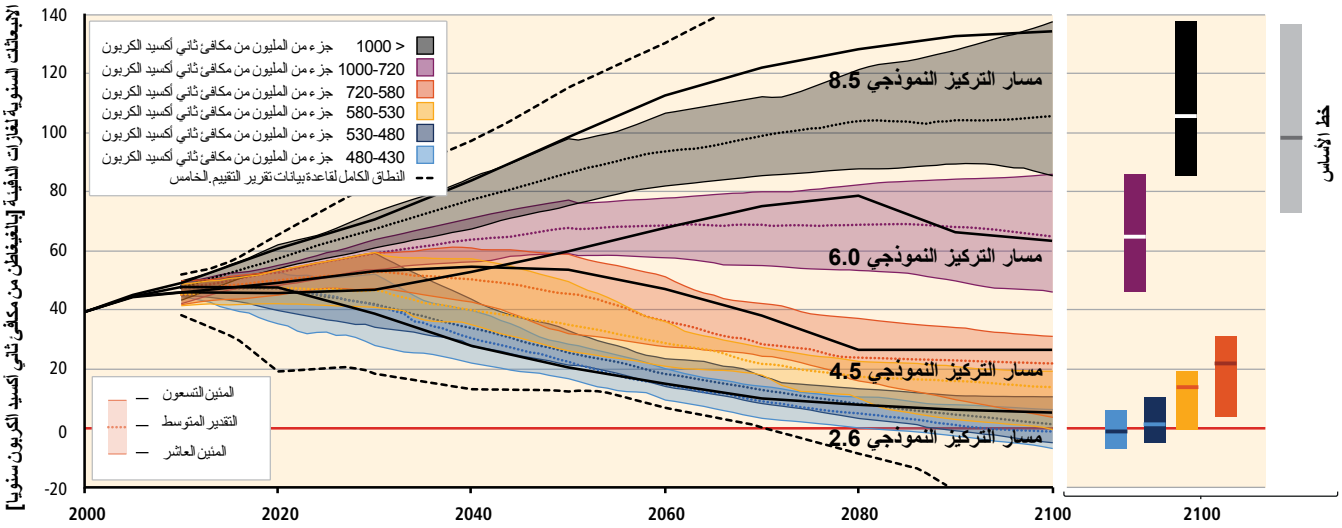
---

[14] والسيناريوهات الطويلة الأجل التي جرى تقييمها في الفريق العامل الثالث أُعدت في المقام الأول بواسطة نماذج متكاملة واسعة النطاق تسقط الكثير من خصائص مسارات التخفيف على منتصف القرن وما بعده. وهذه النماذج تربط بين نظم بشرية هامة كثيرة (مثلاً، الطاقة، والزراعة واستخدام الأراضي، والاقتصاد) وبين عمليات فيزيائية مرتبطة بتغير المناخ (مثلاً، دورة الكربون) وتُقارب النماذج حلولاً فعالة التكاليف تقلل إلى أدنى حد من التكاليف الاقتصادية الإجمالية لتحقيق نتائج التخفيف، إلا إذا كانت مقيّدة بشكل محدد بحيث تسلك سلوكاً مختلفاً. وهي تُعتبر تمثيلاً مبسطاً ومنمَّطاً لعمليات العالم الحقيقي البالغة التعقيد، وتستند السيناريوهات التي تنتجها إلى إسقاطات غير مؤكدة بشأن ظواهر رئيسية وعوامل دافعة على نطاقات زمنية تمتد قروناً في كثير من الحالات. والتبسيطات والاختلافات في الافتراضات هي سبب احتمال أن تكون النواتج، التي تنتج عن نماذج مختلفة، أو عن نسخ من نفس النموذج، مختلفة، وسبب احتمال أن تكون الإسقاطات من جميع النماذج مختلفة عن الواقع الذي يتحقق. [الإطار TS.7، 6.2].

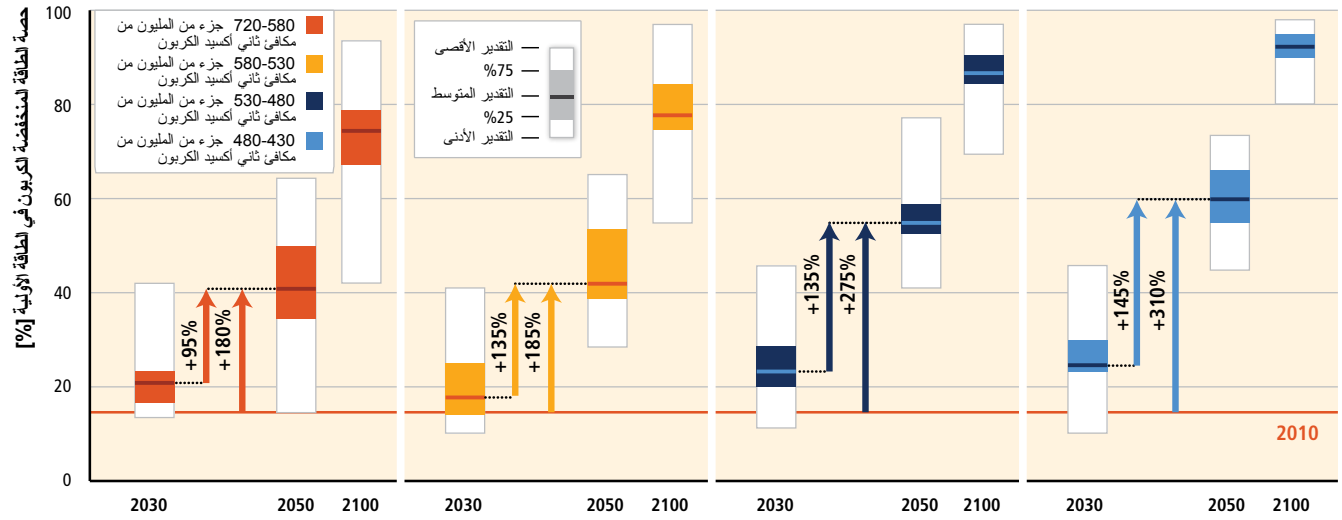
[15] وسيناريوهات التخفيف، بما في ذلك تلك التي تصل فيها التركيزات في عام 2100 إلى 550 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، أو التي تتجاوز فيها ذلك المستوى، يمكن أن تتجاوز، مؤقتاً، مستويات تركيز مكافئ ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قبل أن تنخفض لاحقاً إلى مستويات أقل. وتجاوز مستويات التركيز هذا ينطوي على تخفيف أقل في الأجل القريب مع احتمال تجاوز أي هدف معين بشأن درجة الحرارة. [6.3، الجدول SPM.1].

[16] يختلف هذا النطاق عن النطاق المعروض في ما يتعلق بفئة تركيزات مماثلة في تقرير التقييم الرابع (أقل بما يتراوح من 50 %> إلى 85 %> مقارنة بعام 2000 بالنسبة لثاني أكسيد الكربون فقط). ومن بين أسباب هذا الاختلاف أن هذا التقرير أجرى تقييما لعدد من السيناريوهات أكبر كثيراً مما حدث في تقرير التقييم الرابع وأنه يتناول جميع غازات الدفيئة. وإضافة إلى ذلك، تشمل نسبة كبيرة من السيناريوهات الجديدة تكنولوجيات الانبعاثات السلبية الصافية (انظر أدناه). وتشمل العوامل الأخرى استخدام مستويات التركيزات الخاصة بعام 2100 بدلا من مستويات الثبات والتحول في السنة المرجعية عن سنة 2000 إلى سنة 2010. وتتسم السيناريوهات ذات الانبعاثات المرتفعة في عام 2050 بزيادة الاعتماد على تكنولوجيات إزالة ثاني أكسيد الكربون (CDR) بعد منتصف القرن.

مسارات انبعاثات غازات الدفيئة في الفترة 2000-2100: جميع سيناريوهات تقرير التقييم الخامس



التوسّع المرتبط بذلك في إمدادات الطاقة المنخفضة الكربون



الشكل SPM.4 | مسارات الانبعاثات العالمية من غازات الدفيئة (بالغيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً) في سيناريوهات خط أساس وسيناريوهات تخفيف في حالة وجود مستويات تركيز طويلة الأجل مختلفة (اللوحة العلوية) وما يرتبط بها من متطلبات التوسع في الطاقة المنخفضة الكربون (% من الطاقة الأولية) للأعوام 2030 و 2050 و 2100 مقارنة بمستويات عام 2010 في سيناريوهات التخفيف (اللوحة السفلى). وتستبعد اللوحة السفلى السيناريوهات التي يكون فيها توافر التكنولوجيا محدوداً وكذلك مسارات أسعار الكربون الخارجية. وللاطلاع على تعاريف لانبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون وتركيزات مكافئ ثاني أكسيد الكربون انظر مسرد مصطلحات مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس. [الشكل 6.7، الشكل 7.16]

أقرب إلى صفر غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون أو أقل من ذلك في عام 2100. وفي السيناريوهات التي تصل فيها الانبعاثات إلى 500 جزء من المليون بحلول عام 2100، نجد أن مستويات الانبعاثات في عام 2050 أقل بنسبة تتراوح من 25 في المائة إلى 55 في المائة مما كانت في عام 2010 على نطاق العالم. وفي السيناريوهات التي تصل فيها الانبعاثات إلى 550 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، نجد أن الانبعاثات في عام 2050 تتراوح مما يزيد على مستويات عام 2010 بنسبة 5 في المائة إلى ما يقل عن مستويات عام 2010 على الصعيد العالمي بنسبة 45 في المائة (الجدول SPM.1). وعلى المستوى العالمي، تتسم أيضاً السيناريوهات التي تصل فيها الانبعاثات إلى 450 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بتحسّنات أسرع في كفاءة الطاقة، وتزايداً ثلاثياً إلى رباعياً تقريباً في حصة إمدادات الطاقة الصفرية والمنخفضة الكربون من مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية والطاقة الأحفورية التي يُحتجز ويُخزن فيها ثاني أكسيد الكربون (CCS)، أو الطاقة الأحيائية التي يُحتجز ويُخزن فيها ثاني أكسيد الكربون (BECCS) بحلول سنة 2050 (الشكل SPM.4، اللوحة السفلى). وتصف هذه السيناريوهات مجموعة واسعة من التغيرات في استخدام الأراضي، تعكس اختلاف الافتراضات بشأن نطاق إنتاج الطاقة الأحيائية، وزرع الغابات، وانخفاض إزالة الغابات. وجميع هذه التغيرات في الانبعاثات والطاقة واستخدام الأراضي تتفاوت في ما بين الأقاليم.[17] والسيناريوهات التي تبلغ فيها التركيزات مستويات أعلى تشمل تغيرات مماثلة، ولكن على نطاق زمني أبطأ. ومن الناحية الأخرى، تقتضي السيناريوهات التي تبلغ فيها التركيزات مستويات أقل حدوث هذه التغيرات على نطاق زمني أسرع [6.3، 7.11].

وتنطوي عادةً سيناريوهات التخفيف التي تبلغ فيها تركيزات الانبعاثات نحو 450 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2100 على تجاوز مؤقت للتركيزات في الغلاف الجوي، مثل سيناريوهات كثيرة تتراوح فيها تركيزات الانبعاثات من نحو 500 جزء من المليون إلى 550 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2100. وتبعاً لمستوى التجاوز، تعتمد سيناريوهات التجاوز عادةً على توافر الطاقة الأحيائية التي تحتجز وتخزن ثاني أكسيد الكربون وعلى نشرها على نطاق واسع وعلى زرع الغابات في النصف الثاني من القرن. ومدى توافر ونطاق تكنولوجيات وطرق إزالة ثاني أكسيد الكربون (CDR) هذه وغيرها غير مؤكدة، وترتبط تلك التكنولوجيات والطرق، بدرجات متفاوتة، بالتحديات والمخاطر (ثقة عالية) (انظر القسم SPM.402).[18] وإزالة ثاني أكسيد الكربون شائعة أيضا في سيناريوهات كثيرة بدون تجاوز للتعويض عن الانبعاثات المتبقية من القطاعات التي يكون فيها التخفيف أكثر تكلفة. وثمة أدلة محدودة فقط بشأن إمكانية حدوث نشر للطاقة الأحيائية التي تحتجز ثاني أكسيد الكربون وتخزنه على نطاق واسع، وزرع الغابات على نطاق واسع، والتكنولوجيات والطرق الأخرى لإزالة ثاني أكسيد الكربون. [2.6، 6.3، 6.9.1، الشكل 6.7، 7.11، 11.13]

والمستويات العالمية المقدّرة لانبعاثات غازات الدفيئة في عام 2020 استناداً إلى تعهدات كانكون لا تتسق مع مسارات التخفيف الطويلة الأجل الفعالة التكاليف التي تقارب على الأقل أرجحية عدم أرجحية قصرها التغير في درجة الحرارة على درجتين مئويتين بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة (تركيزات في عام 2100 تبلغ نحو 450 جزءاً ونحو 500 جزء من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون)، ولكنها لا تستبعد خيار تحقيق ذلك الهدف (ثقة عالية). وتحقيق هذا الهدف يتطلب مزيداً من التخفيضات الكبيرة بعد عام 2020. وتتسق تعهدات كانكون بوجه عام مع السيناريوهات الفعالة التكاليف المرجح أن تُبقي التغيّر في درجة الحرارة عند مستوى أقل من 3 درجات مئوية بالنسبة إلى ما قبل عصر الصناعة [6.4، 13.13، الشكل TS.11]

ويقدَّر أن تأخير جهود التخفيف التي تتجاوز تلك المبذولة حالياً حتى عام 2030 سيؤدي إلى حدوث زيادة كبيرة في صعوبة الانتقال إلى مستويات انبعاثات أقل في الأجل الأطول وإلى تضييق نطاق الخيارات المتسقة مع الحفاظ على التغير في درجة الحرارة أقل من درجتين مئويتين بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة (ثقة عالية). وسيناريوهات التخفيف الفعالة التكاليف التي تجعل بقاء التغير في درجة الحرارة أقل من درجتين مئويتين بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة (تركيزات في عام 2100 تتراوح من نحو 450 جزءاً إلى 500 جزء من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) التي تتساوى على الأقل أرجحية مع عدم أرجحية حدوثها تتسم عادةً بانبعاثات سنوية لغازات الدفيئة في عام 2030 تتراوح تقريباً من 30 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون إلى 50 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (الشكل SPM.5، اللوحة اليسرى). أما السيناريوهات التي تتجاوز فيها الانبعاثات السنوية لغازات الدفيئة 55 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2030 فهي تتسم بمعدلات أعلى كثيراً لتخفيضات الانبعاثات من عام 2030 إلى عام 2050 (الشكل SPM.5، اللوحة الوسطى)؛ وبتوسع أسرع كثيراً في الطاقة المنخفضة الكربون خلال هذه الفترة (الشكل SPM.5، اللوحة اليمنى)؛ واعتماد أكبر على تكنولوجيات إزالة ثاني أكسيد الكربون

---

[17] على المستوى الوطني، يبلغ التغير أقصى درجات الفعالية عندما يعكس رؤى ونُهجاً قطرية ومحلية لتحقيق التنمية المستدامة وفقاً للظروف والأولويات الوطنية [6.4، 11.8.4، الملخص لصانعي السياسات الخاص بالفريق العامل الثاني].

[18] وفقاً للفريق العامل الأول، تنطوي طرق إزالة ثاني أكسيد الكربون على أوجه قصور أحيائية جيوكيميائية وتكنولوجية بالنسبة لإمكاناتها على النطاق العالمي. ولا تتوافر معرفة كافية للتحديد الكمي لمقدار انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي يمكن لطرق إزالة ثاني أكسيد الكربون أن تعاوض عنها جزئيا على نطاق زمني يمتد قروناً. وهذه الطرق تنطوي على آثار جانبية وعواقب طويلة الأجل على نطاق عالمي [E.8 في الملخص لصانعي السياسات الخاص بالفريق العامل الأول].

الجدول SPM.1 | الخصائص الرئيسية للسيناريوهات التي أُعدت وجرى تقييمها من أجل مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس. ويبيَّن، بالنسبة لجميع البارامترات، المئين العاشر إلى المئين التسعين من السيناريو.[1,2] [الجدول 6.3]

وصف فئة تركيزات مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2100 (CO_2eq) (نطاق التركيز)[9]	الفئات الفرعية	الوضع النسبي لمسارات التركيز النموذجية RCP5[5]	الانبعاثات التراكمية من ثاني أكسيد الكربون ($GtCO_2$)[3]		التغيّر في انبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون مقارنةً بعام 2010 بالنسبة المئوية		التغيّر في درجة الحرارة (بالنسبة إلى الفترة 1850-1900)[5,6]			
			2011-2050	2011-2100	2050	2100	التغير في درجة الحرارة في عام 2100	أرجحية البقاء أقل من مستوى درجة الحرارة خلال القرن الحادي والعشرين[7]		
								1.5 درجة مئوية	2.0 درجة مئوية	3.0 درجة مئوية	4.0 درجة مئوية
< 430	لم يستطلع سوى عدد محدود من دراسات أحاد النماذج المستويات التي تقل عن 430 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون										
450 (480-430)	النطاق الكلي[10]	مسار التركيز النموذجي RCP2.6	1300-550	1180-630	72 إلى 41-	118- إلى 78-	1,7-1,5 (2,8-1,0)	يزيد عدم أرجحية الحدوث عن أرجحيته	مرجح	مرجح	مرجح
500 (530-480)	عدم تجاوز 530 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون		1180-860	1430-960	57- إلى 42-	107- إلى 73-	1,9-1,7 (2,9-1,2)	غير مرجح	تزيد أرجحية الحدوث عن عدمه	مرجح	مرجح
	تجاوز 580 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون		1530-1130	1550-990	55- إلى 25-	114- إلى 90-	2,0-1,8 (3,3-1,2)		تقارب أرجحية الحدوث أرجحية عدمه		
550 (580-530)	عدم تجاوز 580 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون		1460-1070	2240-1240	47- إلى 19-	81- إلى 59-	2,2-2,0 (3,6-1,4)		يزيد عدم أرجحية الحدوث عن أرجحيته[12]		
	تجاوز 580 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون		1750-1420	2100-1170	16- إلى 7	183- إلى 86-	2,3-2,1 (3,6-1,4)				
(650-580)	النطاق الكامل	RCP4.5	1640-1260	2440-1870	38- إلى 24	134- إلى 50-	2,6-2,3 (4,2-1,5)				
(720-650)	النطاق الكامل		1750-1310	3340-2570	11- إلى 17	54- إلى 21-	2,9-2,6 (4,5-1,8)		غير مرجح	تزيد أرجحية الحدوث عن عدمه	
(1000-720)	النطاق الكامل	RCP6.0	1940-1570	4990-3620	18 إلى 54	7- إلى 72	3,7-3,1 (5,8-2,1)	غير مرجح[11]		يزيد عدم أرجحية الحدوث عن أرجحيته	
>1000	النطاق الكامل	RCP8.5	2310-1840	7010-5350	52 إلى 95	74 إلى 178	4.8-4.1 (7.8-2.8)		غير مرجح[11]	غير مرجح	يزيد عدم أرجحية الحدوث عن أرجحيته

1 'النطاق الكلي' لسيناريوهات مكافئ ثاني أكسيد الكربون التي تتراوح من 430 إلى 480 جزءاً من المليون تقابل نطاق المئين العاشر إلى المئين التسعين من الفئة الفرعية من هذه السيناريوهات المبينة في الجدول 6.3.

2 تندرج سيناريوهات خط الأساس (انظر SPM.3) ضمن فئات مكافئ ثاني أكسيد الكربون التي تبلغ > 1000 والتي تتراوح من 1000-720 جزء من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. وتشمل الفئة الأخيرة أيضاً سيناريوهات التخفيف. وتبلغ سيناريوهات خط الأساس في الفئة الأخيرة تغيُّرا في درجة الحرارة يتجاوز مستويات درجة الحرارة في عصر ما قبل الصناعة بما يتراوح من 2.5 إلى 5.8 درجة مئوية في عام 2100. وإلى جانب سيناريوهات خط الأساس المندرجة في فئة مكافئ ثاني أكسيد الكربون البالغة > 1000 ، يؤدي هذا إلى نطاق عام لدرجة الحرارة في عام 2100 يتراوح من 2.5 إلى 7.8 درجة مئوية (الدرجة الوسطى: تتراوح من 3.7 إلى 4.8 درجة مئوية) في حالة سيناريوهات خط الأساس على صعيد كلتا الفئتين من التركيزات.

3 لمقارنة تقديرات الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون التي جرى تقييمها بالتقديرات المعروضة في مساهمة الفريق العامل الأول، نجد أن كمية قدرها 515 (ما يتراوح من 455 إلى 585) من الغيغاطن من الكربون 1890 [ما يتراوح من 1630 إلى 2150] غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون، كانت قد انبعثت بالفعل بحلول عام 2011 منذ عام 1870 [القسم 12.5 في مساهمة الفريق العامل الأول]. ويلاحظ أن الانبعاثات التراكمية معروضة هنا في ما يتعلق بفترات زمنية مختلفة (2011-2050 و 2011-2100) في حين كانت الانبعاثات التراكمية الواردة في مساهمة الفريق العامل الأول معروضة كانبعاثات متوافقة كلية في ما يتعلق بمسارات التركيز النموذجية (2012-2100) أو في ما يتعلق بانبعاثات متوافقة كلية لبقائها أقل من هدف معين بشأن درجة الحرارة ذي أرجحية معينة. [الجدول 6.3 في مساهمة الفريق العامل الأول، و SPM.E.8 في مساهمة الفريق العامل الأول].

4 الانبعاثات العالمية في عام 2010 أعلى بنسبة قدرها 31 في المائة عن الانبعاثات في عام 1990 (وهو ما يتسق مع تقديرات الانبعاثات التاريخية لغازات الدفيئة المعروضة في هذا التقرير). وتشمل انبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون مجموعة الغازات المذكورة في بروتوكول كيوتو (ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) وأكسيد النيتروز (N_2O) وكذلك الغازات المشبّعة بالفلور).

5 ينطوي التقييم الوارد في مساهمة الفريق العامل الثالث على عدد كبير من السيناريوهات المنشورة في المؤلفات العلمية ومن ثم فهو لا يقتصر على مسارات التركيز النموذجية. ولتقييم تركيز غازات الدفيئة وآثار هذه السيناريوهات على المناخ، استُخدم نموذج تقييم تغيّر المناخ الناجم عن غازات الدفيئة (MAGICC) بطريقة احتمالية (انظر المرفق الثاني). ولإجراء مقارنة بين نتائج هذا النموذج ونتائج النماذج المستخدمة في مساهمة الفريق العامل الأول، انظر القسمين 12.4.1.2 و 12.4.8 في مساهمة الفريق العامل الأول و 6.3.2.6 وتشمل أسباب الاختلاف عن الجدول 2 في الملخص لصانعي السياسات الخاص بالفريق العامل الأول الاختلاف في السنة المرجعية (2005-1986 مقابل 1900-1850 هنا)، والاختلاف في سنة الإبلاغ (2100-2081 مقابل 2100 هنا)، وتكوين عملية المحاكاة (المدفوع بتركيز المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة CMIP5) مقابل نموذج تقييم تغير المناخ الناجم عن غازات الدفيئة (MAGICC المدفوع بالانبعاثات هنا)، والمجموعة الأوسع نطاقا من السيناريوهات (سيناريوهات التركز النموذجية مقابل المجموعة الكاملة من السيناريوهات المستخدمة في قاعدة بيانات سيناريوهات مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس هنا).

6 يُبلغ عن التغير في درجة الحرارة في ما يتعلق بعام 2100، الذي لا يقارن مباشرة بالاحترار التوازني المبلغ عنه في مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الرابع (الجدول 3.5، الفصل 3). وفي ما يتعلق بتقديرات درجات الحرارة في عام 2100، نجد أن الاستجابة المناخية العابرة (TCR) هي أهم خواص النظام. ويتراوح نطاق عدم اليقين المتعلق بالمئين التسعين المفترض للاستجابة المناخية العابرة في نموذج تقييم تغيّر المناخ الناجم عن غازات الدفيئة (MAGICC) من 1.2 إلى 2.6 درجة مئوية (التقدير الوسيط: 1.8 درجة مئوية). ويقارن هذا بنطاق المئين التسعين للاستجابة المناخية العابرة التي يتراوح من 1.2 إلى 2.4 درجة مئوية في حالة المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CIMP5 (9.7) في مساهمة الفريق العامل الأول) ونطاق مرجح مقدّر يتراوح من 1 إلى 2.5 درجة مئوية من خطوط أدلة متعددة مُبلغ عنها في مساهمة الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (الإطار 12.2 في الفصل 12.5).

7 يُبلغ عن التغير في درجة الحرارة في عام 2100 كتقدير متوسط لتقديرات نموذج تقييم تغير المناخ الناجم عن غازات الدفيئة (MAGICC)، الذي يصوّر الفروق بين مسارات الانبعاثات الخاصة بالسيناريوهات في كل فئة. ويشمل نطاق التغير في درجة الحرارة الوارد بين أقواس إضافة إلى ذلك دورة الكربون وأوجه عدم اليقين في نظام المناخ كما يمثلها نموذج تقييم تغير المناخ الناجم عن غازات الدفيئة (MAGICC) (انظر 6.3.2.6 للاطلاع على مزيد من التفاصيل).وقد قدرت بيانات درجة الحرارة مقارنة بالفترة المرجعية 1850-1900 بأخذ كل الاحترار المسقط بالنسبة إلى الفترة 1986-2005 وإضافة 0.61 درجة مئوية في ما يتعلق بالفترة 1986-2005 مقارنة بالفترة 1850-1900، استنادا إلى مجموعة البيانات HadCRUT4 (انظر الجدول SPM.2 في مساهمة الفريق العامل الأول).

8 يستند التقييم الوارد في هذا الجدول إلى الاحتمالات المحسوبة للمجموعة الكاملة من السيناريوهات المستخدمة في مساهمة الفريق العامل الثالث باستخدام النموذج MAGICC والتقييم الوارد في مساهمة الفريق العامل الأول لعدم اليقين المتعلق بإسقاطات درجة الحرارة التي لا تغطيها النماذج المناخية. ولذا فإن البيانات متسقة مع البيانات الواردة في مساهمة الفريق العامل الأول، المستندة إلى تمديدات لمسارات التركيز النموذجية الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) وأوجه عدم اليقين التي جرى تقييمها. ومن ثم فإن بيانات الأرجحية تعكس خطوط أدلة مختلفة عن خطوط الأدلة الخاصة بكلا الفريقين العاملين. وقد طبقت طريقة الفريق العامل الأول هذه أيضا على سيناريوهات ذات مستويات تركيز وسيطة لا تتاح فيها امتدادات للمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5). وبيانات الأرجحية إشارية فقط (6.3) وتتبع بشكل عام المصطلحات التي استخدمها الملخص لصانعي السياسات الخاص بالفريق العامل الأول في ما يتعلق بإسقاطات درجة الحرارة وهي: مرجح، يتراوح احتمال الحدوث من 66 إلى 100- >% ، وتزيد أرجحية حدوثه عن عدم حدوثه (احتمال الحدوث يتراوح من 50% إلى 100%)، ويقارب احتمال حدوثه احتمال عدم حدوثه (احتمال الحدوث يتراوح من 33% إلى 66%)، وغير مرجح (احتمال الحدوث يتراوح من صفر في المائة إلى 33 >%. وإضافة إلى ذلك يُستعمل مصطلح يزيد عدم أرجحية حدوثه عن أرجحية حدوثه (احتمال الحدوث يتراوح من صفر إلى 50 >% .

9 يشمل تركيز مكافئ ثاني أكسيد الكربون قسر جميع غازات الدفيئة بما في ذلك الغازات المهلجنة وأوزون التروبوسفير والأهباء الجوية وتغير الألبيدو (محسوباً على أساس القسر الكلي الناجم عن دورة كربون بسيطة/نموذج MAGICC المناخي).

10 الغالبية الساحقة من السيناريوهات في هذه الفئة تتجاوز حد الفئة البالغ 480 جزءا من المليون من تركيزات مكافئ ثاني أكسيد الكربون.

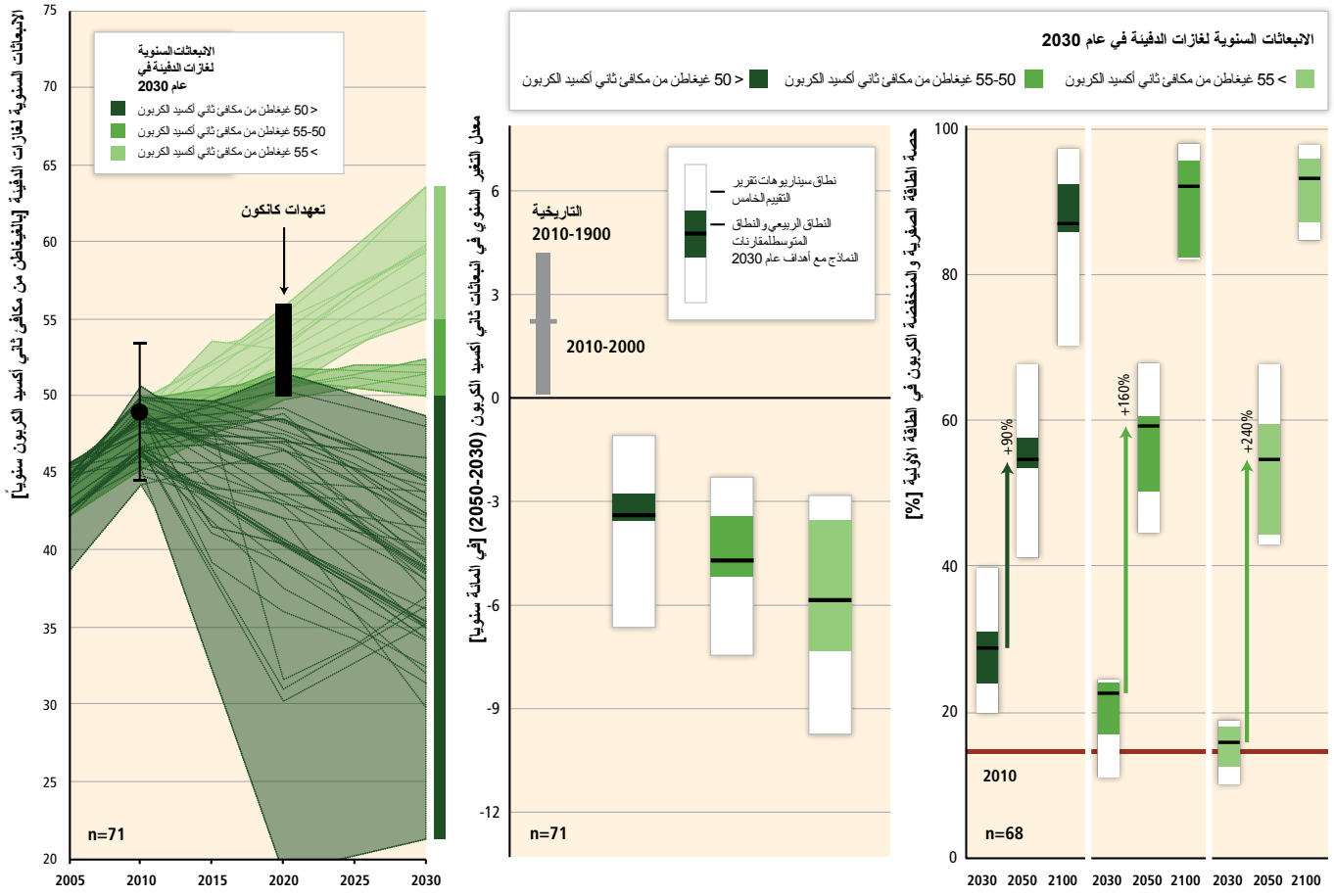
11 في ما يتعلق بالسيناريوهات في هذه الفئة لا يبقى أي امتداد للمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) (الفصل 12، الجدول 12.3، في مساهمة الفريق العامل الأول) وكذلك أي تحقق للنموذج (MAGICC 6.3) أقل من مستوى درجة الحرارة المعنية. ومع ذلك، تُعطى صفة ' غير مرجح' للتعبير عن أوجه عدم اليقين التي قد لا تعبر عنها النماذج المناخية الحالية.

12 تشمل السيناريوهات المندرجة في فئة الانبعاثات التي تتراوح من 580 إلى 650 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون كلا من السيناريوهات التي تتجاوز والسيناريوهات التي لا تتجاوز مستوى التركيز عند الحد الأقصى للفئة (مثل سيناريو مسار التركيز RCP4.5). ودرجة الاحتمال المقدّرة للنوع الأخير من السيناريوهات، بوجه عام، هي يزيد عدم أرجحية تجاوزها مستوى درجة الحرارة البالغ درجتان مئويتان أرجحية تجاوزها ذلك المستوى، بينما من المقدر أن أغلب السيناريوهات السابقة يكون من غير المرجح أن تتجاوز هذا المستوى.

تداعيات المستويات المختلفة لانبعاثات غازات الدفيئة في عام 2030 في ما يتعلق بالتوسع في الطاقة المنخفضة الكربون

تداعيات المستويات المختلفة لانبعاثات غازات الدفيئة في عام 2030 في ما يتعلق بمعدل المتوسط السنوي لتخفيضات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الفترة من عام 2030 إلى عام 2050

مسارات انبعاثات غازات الدفيئة حتى عام 2030



الشكل SPM.5 | تداعيات المستويات المختلفة لانبعاثات غازات الدفيئة في عام 2030 (اللوحة اليسرى) بالنسبة لمعدل تخفيضات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (اللوحة الوسطى) والتوسع في الطاقة المنخفضة الكربون من عام 2030 إلى عام 2050 (اللوحة اليمنى) في سيناريوهات التخفيف التي تصل إلى ما يتراوح من 450 جزءاً إلى 500 جزء من المليون (ما يتراوح من 430 إلى 530 جزءاً) من تركيزات مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100. والسيناريوهات مجمّعة وفقاً للمستويات المختلفة للانبعاثات بحلول عام 2030 (ملونة بظلال مختلفة من اللون الأخضر). وتبيّن اللوحة اليسرى مسارات انبعاثات غازات الدفيئة (بالغيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنويا) التي تفضي إلى مستويات عام 2030 هذه. ويبين العمود الأسود النطاق المقدّر لعدم اليقين بشأن انبعاثات غازات الدفيئة التي تعنيها تعهدات كانكون. أما اللوحة الوسطى فهي تشير إلى المتوسط السنوي لمعدلات خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفترة 2030-2050. وهي تقارن النطاق الوسيط والرُبيعي على صعيد السيناريوهات من مقارنات بين النماذج أجريت مؤخراً ذات أهداف مؤقتة صريحة بشأن عام 2030 بنطاق سيناريوهات في قاعدة بيانات السيناريوهات الخاصة بمساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس. وتبيّن باللون الرمادي المعدلات السنوية لتغير الانبعاثات التاريخية (المستمر على مدى فترة 20 عاماً). وتبيّن الأسهم التي تظهر في اليمين حجم التوسع في إمدادات الطاقة ذات الكربون الصفري والمنخفض من عام 2020 إلى عام 2050 رهناً بمستويات مختلفة لانبعاثات غازات الدفيئة في عام 2030. وتشمل إمدادات الطاقة المتجددة ذات الكربون الصفري والمنخفض، والطاقة النووية، والطاقة الأحفورية التي تحتجز وتخزن ثاني أكسيد الكربون (CCS)، والطاقة الأحيائية التي تحتجز وتخزن ثاني أكسيد الكربون (BECCS). ملاحظة: لا تبيّن إلا السيناريوهات التي تطبق الحافظة الكاملة وغير المقيدة من تكنولوجيات التخفيف الخاصة بالنماذج التي تقوم عليها (افتراض عدم حدوث تغيّر في التكنولوجيات). وتُستبعد السيناريوهات ذات الانبعاثات العالمية السلبية الصافية الكبيرة (<20 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً)، والسيناريوهات ذات افتراضات أسعار الكربون الخارجية، والسيناريوهات ذات الانبعاثات في عام 2010 الخارجة إلى حد كبير عن النطاق التاريخي. ولا تشمل اللوحة الموجودة على الجانب الأيمن إلا 68 سيناريو، لأن ثلاثة من السيناريوهات البالغ عددها 71 المبينة في الشكل لا تُبلغ عن بعض الفئات الفرعية للطاقة الأولية اللازمة لحساب حصة الطاقة ذات الكربون الصفري والمنخفض [الشكل 6.32، 7.16، 13.13.1.3].

الجدول SPM.2 | تكاليف التخفيف العالمية في سيناريوهات فعالة التكاليف[1] والزيادات المقدرة في التكاليف الناجمة عن افتراض محدودية توافر تكنولوجيات محددة وتأخر التخفيف الإضافي. وتقديرات التكاليف الواردة في هذه الجدول لا تأخذ في الاعتبار فوائد الحد من تغير المناخ وكذلك الفوائد المصاحبة والآثار الجانبية السلبية للتخفيف. وتبين الأعمدة الرمادية خسائر الاستهلاك في السنوات 2030 و 2050 و 2100 (الرمادي الخفيف) والتخفيضات السنوية في نمو الاستهلاك (الرمادي) خلال القرن في السيناريوهات الفعالة التكاليف بالنسبة إلى تنمية تمثل خط أساس بدون وجود سياسة مناخية. وتبين الأعمدة البرتقالية الزيادة المئوية في التكاليف المخفّضة[2] على مدى القرن، بالنسبة إلى السيناريوهات الفعالة التكاليف، في السيناريوهات التي تكون فيها التكنولوجيا مقيدة بالنسبة إلى افتراضات عدم حدوث تغيّر في التكنولوجيا.[3] وتبيّن الأعمدة الزرقاء الزيادة في تكاليف التخفيف خلال الفترتين 2030-2050 و 2100-2050، بالنسبة إلى السيناريوهات التي يحدث فيها التخفيف على الفور، نتيجة لتأخر التخفيف الإضافي حتى عام 2030.[4] وهذه السيناريوهات التي يتأخر فيها التخفيف الإضافي تصنّف في مجموعات حسب مستويات الانبعاثات الأقل أو الأكثر من 55 غيغاطن من مكافئ أكسيد الكربون في عام 2030، ونطاقين للتركيزات في عام 2100 (ما يتراوح من 430 جزءاً إلى 530 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون وما يتراوح من 530 جزءاً إلى 650 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون). وفي جميع الأشكال، تبيَّن النسبة الوسيطة للسيناريو بدون وضعها بين أقواس، بينما يبيَّن النطاق الفاصل بين المئين السادس عشر والمئين الرابع والثمانين للسيناريو بين أقواس، ويبيَّن عدد السيناريوهات في المجموعة بين أقواس معقوفة.[5] [الشكلان TS.12 و 6.25، 6.24، 6.21، TS.13، المرفق II.10]

	خسائر الاستهلاك في السيناريوهات الفعالة التكاليف				الزيادة في التكاليف الكلية المخفضة للتخفيف في السيناريوهات التي تتسم بمحدودية توافر التكنولوجيا				الزيادة في تكاليف التخفيف في الأجلين المتوسط والطويل نتيجة لتأخر التخفيف الإضافي حتى عام 2030			
	[النسبة المئوية للانخفاض في الاستهلاك بالنسبة إلى خط الأساس]			[النقاط المئوية للانخفاض في المعدل السنوي لنمو الاستهلاك]	[النسبة المئوية للزيادة في التكاليف المخفضة الكلية للتخفيف (2015-2100) بالنسبة إلى افتراضات عدم حدوث تغيّر في التكنولوجيات]				[النسبة المئوية للزيادة في تكاليف التخفيف بالنسبة إلى التخفيف الفوري]			
التركيزات في عام 2100 (بالجزء من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون)	2030	2050	2100	2100-2010	عدم احتجاز وتخزين الكربون	الإنهاء التدريجي للطاقة النووية	الاستخدام المحدود لطاقة الشمسية وطاقة الرياح	الاستخدام المحدود للطاقة الأحيائية	≥ 55 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون		> 55 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	
									2050-2030	2100-2050	2050-2030	2100-2050
450 (480-430)	1.7 (3.7-1.0) [N: 14]	3.4 (6.2-2.1)	4.8 (11.4-2.9)	0.06 (0.14-0.04)	138 (297-29) [N: 4]	7 (18-4) [N: 8]	6 (29-2) [N: 8]	64 (78-44) [N: 8]	(50-14) 28 [N: 34]	(59-5) 15	(78-2) 44 [N: 29]	(82-16) 37
500 (530-480)	1.7 (2.1-0.6) [N: 32]	2.7 (4.2-2.5)	4.7 (10.6-2.4)	0.06 (0.13-0.03)	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق				
550 (580-530)	0.6 (1.3-0.2) [N: 46]	1.7 (3.3-1.2)	3.8 (7.3-1.2)	0.04 (0.09-0.01)	39 (78-18) [N:11]	13 (23-2) [N: 10]	8 (15-5) [N: 10]	18 (66-4) [N: 12]	(-5-16) 3 [N: 14]	(-4-11) 4	(32-2) 15 [N: 10]	(24-5) 16
650-580	0.3 (0.9-0) [N: 16]	1.3 (2.0-0.5)	2.3 (4.4-1.2)	0.03 (0.05-0.01)	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق				

[1] تفترض السيناريوهات الفعالة التكاليف حدوث تخفيف فوري في جميع البلدان ووجود سعر عالمي وحيد للكربون، ولا تفرض حدوداً إضافية للتكنولوجيا بالنسبة إلى افتراضات عدم حدوث تغيّر في التكنولوجيات في النماذج.

[2] النسبة المئوية للزيادة في صافي القيمة الحالية لخسائر الاستهلاك كنسبة مئوية من الاستهلاك الذي يمثل خط الأساس (في حالة السيناريوهات المستمدة من نماذج التوازن العام) وتكاليف التخفيض كنسبة مئوية من الناتج المحلي الإجمالي الذي يمثل خط الأساس (في حالة السيناريوهات المستمدة من نماذج التوازن الجزئي) للفترة 2015-2100، مخفّضة بمعدل 5% سنوياً.

[3] عدم وجود احتجاز وتخزين للكربون: عدم وجود احتجاز وتخزين للكربون لا تشمله هذه السيناريوهات. الإنهاء التدريجي للطاقة النووية: لا تُضاف محطات طاقة نووية جديدة عدا عن تلك التي هي قيد الإنشاء، مع تشغيل المحطات القائمة حتى نهاية عمرها. الاستخدام المحدود للطاقة الشمسية وطاقة الرياح: توليد 20 في المائة كحد أقصى من الكهرباء على صعيد العالم من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في أي سنة من سنوات هذه السيناريوهات. الاستخدام المحدود للطاقة الأحيائية: الإمداد بـ 100 إكساجول من الطاقة الأحيائية الحديثة كحد أقصى على صعيد العالم (الطاقة الأحيائية الحديثة المستخدمة في التدفئة، والكهرباء، والتجميعات، والصناعة كانت تبلغ نحو 18 إكساجول سنوياً في عام 2008 [11.13.5]).

[4] النسبة المئوية للزيادة في التكاليف الكلية المخفضة للتخفيف للفترتين 2030-2050 و 2100-2050.

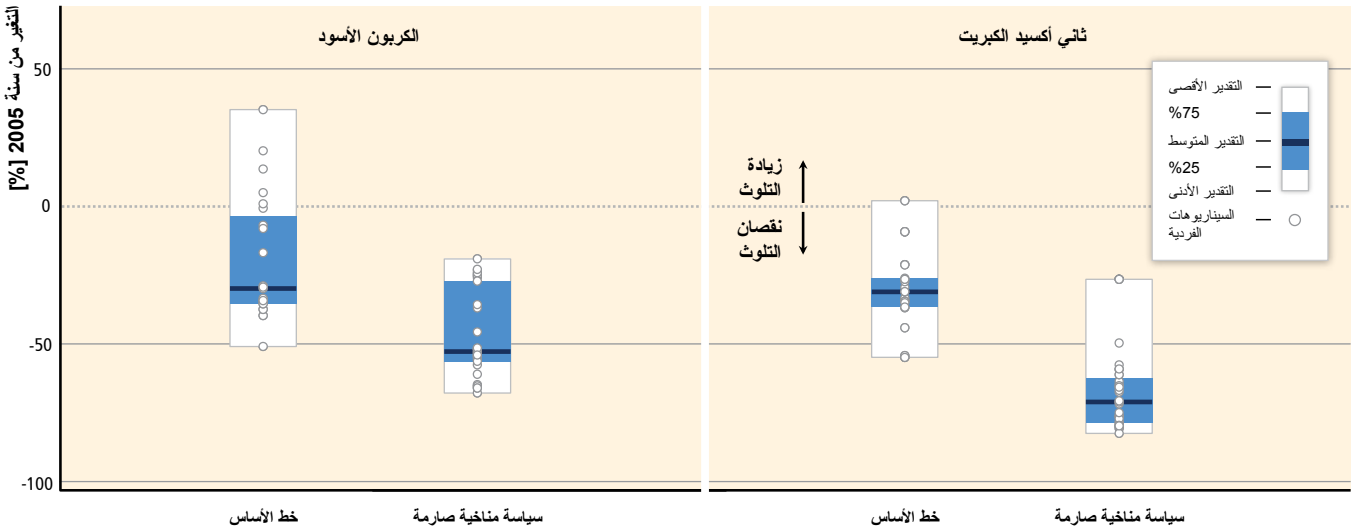
[5] النطاق تحدده السيناريوهات المركزية التي تضم المئين السادس عشر والمئين الرابع والثمانين لمجموعة السيناريوهات. ولا تُدرج سوى السيناريوهات ذات الأفق الزمني الممتد حتى عام 2100. وبعض النماذج المدرجة في نطاقات تكاليف مستويات التركيزات التي تتجاوز 530 جزءا من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2100 لا يمكن أن تنتج عنها سيناريوهات مرتبطة بها لمستويات للتركيزات تقل عن 530 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2100 مع وجود افتراضات بشأن محدودية توافر التكنولوجيات و/أو تأخر التخفيف الإضافي.

في الأجل الطويل (الشكل SPM.4، اللوحة العلوية)؛ وآثار اقتصادية عابرة وطويلة الأجل أكبر (الجدول SPM.2). وبسبب تحديات التخفيف المتزايدة هذه، لا يمكن أن تسفر نماذج كثيرة تزيد فيها الانبعاثات السنوية لغازات الدفيئة في عام 2030 عن 55 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون عن سيناريوهات تصل فيها التركيزات في الغلاف الجوي مستويات تجعل هناك تساويا في أرجحية وعدم أرجحية إبقائها للتغير في درجة الحرارة أقل من درجتين مئويتين بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة. [6.4، 7.11، الشكلان TS.11 و TS.13]

وتقديرات التكاليف الاقتصادية الإجمالية للتخفيف تتباين تبايناً واسعاً وتتأثر تأثراً شديدا بتصميم النماذج والافتراضات وكذلك بمدى تحديد السيناريوهات، بما في ذلك توصيف تكنولوجيات التخفيف وتوقيته (ثقة عالية). فقد استُخدمت سيناريوهات تبدأ فيها جميع بلدان العالم عملية التخفيف على الفور، ويوجد فيها سعر عالمي واحد للكربون، وتتاح فيها جميع التكنولوجيات الرئيسية، كمقياس لفعالية التكاليف من أجل تقدير تكاليف التخفيف بالنسبة للاقتصاد الكلي (الجدول SPM.2، الأقسام الرمادية). وفي ظل هذه الافتراضات تستتبع سيناريوهات التخفيف التي تصل فيها التركيزات في الغلاف الجوي إلى نحو 450 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100 خسائر في الاستهلاك العالمي - بما لا يشمل فوائد انخفاض تغيّر المناخ وكذلك الفوائد المصاحبة والآثار الجانبية السلبية للتخفيف[19]) تتراوح من 1% إلى 4% (النسبة الوسيطة 1.7%) في عام 2030، وتتراوح من 2% إلى 6% (النسبة الوسيطة 3.4%) في عام 2050، وتتراوح من 3%

[19] التأثيرات الاقتصادية الكلية لمختلف مستويات درجة الحرارة من شأنها أن تشمل تكاليف التخفيف، والفوائد المصاحبة للتخفيف، والآثار الجانبية السلبية للتخفيف، وتكاليف التكيف، والأضرار المناخية. ولا يمكن إجراء مقارنة بين تقديرات تكاليف التخفيف وتقديرات الأضرار المناخية عند أي مستوى معين لدرجة الحرارة لتقييم تكاليف التخفيف وفوائده. وينبغي، بالأحرى، أن يشمل النظر في التكاليف والفوائد الاقتصادية للتخفيف الحد من الأضرار المناخية بالنسبة إلى حالة ترك تغيّر المناخ بلا كابح.

الفوائد المصاحبة للتخفيف من تغير المناخ بالنسبة لنوعية الهواء
أثر وجود سياسة مناخية صارمة بشأن الانبعاثات الملوِّثة للهواء (على صعيد العالم، 2005-2050)



الشكل SPM.6 | مستويات انبعاثات ملوثات الهواء المتعلقة بالكربون الأسود (BC) وثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في عام 2050 بالنسبة إلى عام 2005 (مستويات 0=2005). وسيناريوهات خط الأساس بدون بذل جهود إضافية للحد من انبعاثات غازات الدفيئة بما يتجاوز الجهود المبذولة حالياً تُقارَنْ بالسيناريوهات التي تُتَّبع فيها سياسات تخفيف صارمة، تتسق مع التوصل إلى ما يتراوح تقريباً من 450 جزءاً إلى 500 جزء (ما يتراوح من 430 إلى 530 جزءاً) من المليون من تركيزات مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100. [الشكل 6.33]

إلى 11% (النسبة الوسيطة 4.8%) في عام 2100 بالنسبة إلى الاستهلاك في سيناريوهات خط الأساس التي تزيد بأي نسبة تتراوح من 300% إلى أكثر من 900% على مدى القرن. وهذه الأرقام تقابل انخفاضاً سنوياً في نمو الاستهلاك بما يتراوح من 0.04 إلى 0.14 نقطة مئوية (النقطة المئوية الوسيطة: 0.06) على مدى القرن بالنسبة إلى النمو السنوي في الاستهلاك في خط الأساس الذي يتراوح من 1.6% إلى 3% سنوياً. وتقديرات الحد الأقصى لنطاقات التكاليف هذه مستمدة من نماذج ليست مرنة نسبياً لتحقق الانخفاضات الشديدة في الانبعاثات اللازمة في المدى الطويل لتحقيق هذه الأهداف و/أو وتشمل افتراضات بشأن عيوب السوق التي من شأنها أن ترفع التكاليف. وفي ظل انعدام أو محدودية توافر التكنولوجيات قد تزيد تكاليف التكنولوجيات زيادة كبيرة تبعاً للتكنولوجيا التي يُنظر في أمرها (الجدول SPM.2، القسم البرتقالي). وتأخير التخفيف الإضافي يؤدي إلى زيادة إضافية في تكاليف التخفيف في الأجلين المتوسط والطويل (الجدول SPM.2، القسم الأزرق). ولا يمكن لنماذج كثيرة أن تحقق مستويات التركيزات في الغلاف الجوي التي تبلغ نحو 450 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100 إذا تأخر التخفيف الإضافي تأخراً كبيراً أو في ظل محدودية توافر التكنولوجيات الأساسية، من قبيل الطاقة الأحيائية، واحتجاز وتخزين الكربون، والمزج بين الاثنين (BECCS)، [6.3].

وقد استطلع عدد محدود فقط من الدراسات السيناريوهات التي تزيد أرجحية عن عدم أرجحية إعادتها التغير في درجة الحرارة إلى أقل من 1.5 درجة مئوية بحلول عام 2100 بالنسبة إلى مستويات ما قبل عصر الصناعة؛ وهذه السيناريوهات تجعل التركيزات في الغلاف الجوي أقل من 430 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100 (ثقة عالية). ومن الصعب تقييم هذا الهدف حالياً لعدم استطلاع دراسات متعددة النماذج هذه السيناريوهات. والعدد المحدود من الدراسات المنشورة المتسقة مع هذا الهدف تنتج عنه سيناريوهات تتسم بما يلي (1) اتخاذ تدابير تخفيف فورية؛ و (2) التوسع بسرعة في الحافظة الكاملة من تكنولوجيات التخفيف؛ و (3) تحقيق التنمية وفقاً لمسار طلب منخفض على الطاقة.[20] [6.3، 7.11]

وتبيِّن سيناريوهات التخفيف التي تصل إلى نحو 450 جزءاً أو 500 جزء من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100 انخفاض تكاليف تحقيق الأهداف المتعلقة بنوعية الهواء وأمن الطاقة، مع تحقيق فوائد مصاحبة كبيرة لصحة الإنسان، والآثار على النظم الإيكولوجية، وكفاية موارد نظام الطاقة وقدرته على الصمود؛ وهذه السيناريوهات لم تحدد تحديداً كمياً فوائد مصاحبة أخرى أو آثاراً جانبية سلبية (ثقة متوسطة). وتبيّن سيناريوهات التخفيف هذه حدوث

[20] في هذه السيناريوهات، تتراوح الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون من 655 إلى 815 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون، للفترة 2011-2050 وتتراوح من 90 إلى 350 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون للفترة 2011-2100. أما الانبعاثات العالمية من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2050 فهي تقل عن انبعاثات عام 2010 بما يتراوح من 70% إلى 95% وتقل في عام 2100 عن انبعاثات 2010 بما يتراوح من 110% إلى 120%.

تحسنات من حيث كفاية الموارد لتلبية الطلب الوطني على الطاقة وكذلك قدرة إمدادات الطاقة على الصمود، مما ينتج عنه كون نظم الطاقة أقل تأثراً بتقلب الأسعار وباختلالات العرض. والفوائد التي تتحقق من انخفاض الآثار بالنسبة للصحة والنظم الإيكولوجية والفوائد المرتبطة بحدوث تخفيضات كبيرة في الانبعاثات الملوِّثة للهواء (الشكل SPM.6) مرتفعة على وجه الخصوص حيثما كانت الضوابط التشريعية والمخططة بشأن تلوث الهواء ضعيفة. ويوجد نطاق واسع من الفوائد المصاحبة والآثار الجانبية السلبية للأهداف الإضافية غير نوعية الهواء وأمن الطاقة. وعلى وجه الإجمال، تفوق إمكانية الفوائد المصاحبة لتدابير الاستخدام النهائي للطاقة إمكانية الآثار الجانبية السلبية، بينما تشير الأدلة إلى أن الوضع قد لا يكون كذلك في ما يتعلق بجميع تدابير الإمداد بالطاقة والزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (AFOLU). [4.8 ، 5.7 ، 6.3.6 ، 12.8 ، 11.13.6 ، 11.7 ، 10.8 ، 9.7 ، 8.7 ، 7.9 ، 6.6 ،، الشكل TS.14 ، الجدول 6.7، الجداول TS.3-TS.7 في مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس)؛ و 11.9في مساهمة الفريق العامل الثاني في تقرير التقييم الخامس]

وثمة نطاق واسع من الآثار الجانبية السلبية المحتملة وكذلك الفوائد المصاحبة والتداعيات من السياسة المناخية التي لم تُحدد تحديداً كمياً جيداً (ثقة عالية). وسواء تحققت الآثار الجانبية أو لم تتحقق، ومدى تحقق تلك الآثار الجانبية، سيعتمد على كل حالة وعلى كل موقع، وسيتوقف على الظروف المحلية ونطاق التنفيذ ومجاله ووتيرته. ومن بين الأمثلة الهامة حفظ التنوع البيولوجي، وتوافر المياه، والأمن الغذائي، وتوزيع الدخل، وكفاءة نظام فرض الضرائب، وعرض اليد العاملة والعمالة، والامتداد الحضري، واستدامة نمو البلدان النامية. [الإطار TS.11]

وتتباين جهود التخفيف وما يرتبط بها من تكاليف بين البلدان في سيناريوهات التخفيف. وتوزيع التكاليف بين البلدان قد يختلف عن توزيع الإجراءات نفسها (ثقة عالية). وفي السيناريوهات الفعالة التكاليف عالمياً، تجري غالبيةٍ جهود التخفيف في بلدان توجد فيها أعلى انبعاثات مستقبلية في سيناريوهات خط الأساس. وبعض الدراسات التي تستكشف أطراً معينة لتقاسم الجهود، في ظل افتراض وجود سوق عالمية للكربون، قدّرت تدفقات مالية عالمية كبيرة مرتبطة بالتخفيف في حالة السيناريوهات التي تفضي إلى تركيزات في الغلاف الجوي في عام 2100 تتراوح من نحو 450 جزءاً إلى 550 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون [الإطار 3.5، 4.6، 6.3.6، الجدول 6.4، الشكل 6.9، الشكل 6.27، الشكل 6.28، الشكل 6.29، 13.4.2.4]

ويمكن أن تؤدي سياسة التخفيف إلى إبخاس قيمة أصول الوقود الأحفوري وتقلل من إيرادات البلدان المصدّرة للوقود الأحفوري، ولكن توجد فروق بين المناطق وأنواع الوقود (ثقة عالية). ومعظم سيناريوهات التخفيف ترتبط بانخفاض الإيرادات من تجارة الفحم والنفط بالنسبة للبلدان المصدرة الرئيسية (ثقة عالية). وتأثير التخفيف على إيرادات صادرات الغاز الطبيعي غير مؤكد بدرجة أكبر، بحيث تشير بعض الدراسات إلى احتمال حدوث فوائد بالنسبة لإيرادات تلك الصادرات في الأجل المتوسط حتى عام 2050 تقريباً (ثقة متوسطة). وتوافر تكنولوجيا احتجاز وتخزين الكربون سيقلل من الأثر السلبي للتخفيف على قيمة أصول الوقود الأحفوري (ثقة متوسطة). [6.3.6، 6.6، 14.4.2]

SPM.4.2 مسارات وتدابير التخفيف القطاعية والمشتركة بين القطاعات

SPM.4.2.1 مسارات وتدابير التخفيف المشتركة بين القطاعات

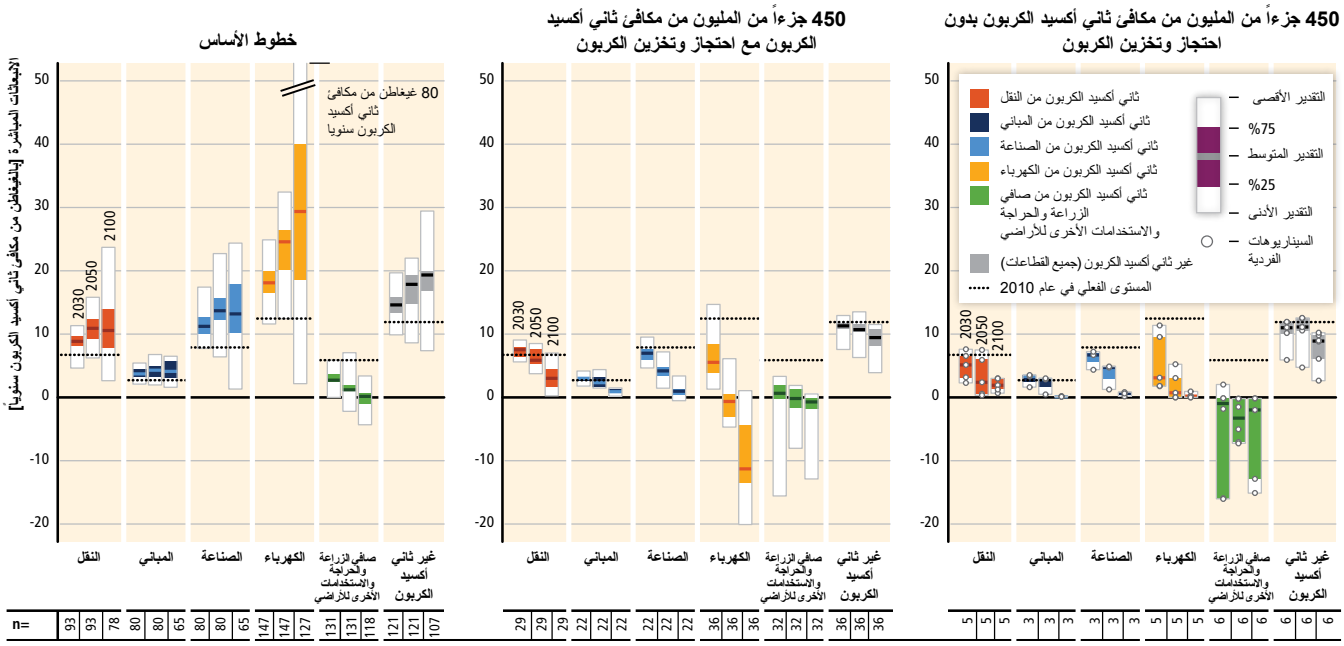
في سيناريوهات خط الأساس، من المسقط أن تزيد انبعاثات غازات الدفيئة في جميع القطاعات، باستثناء الانبعاثات الصافية لثاني أكسيد الكربون في قطاع الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (AFOLU)[21] (أدلة قوية، توافق متوسط). ومن المتوقع أن تظل الانبعاثات من قطاع الإمداد بالطاقة هي المصدر الرئيسي لانبعاثات غازات الدفيئة، بحيث تكون هي المسؤولة في نهاية المطاف عن الزيادات الكبيرة التي تحدث في الانبعاثات غير المباشرة من استخدام الكهرباء في قطاعي المباني والصناعة. وفي سيناريوهات خط الأساس، بينما من المسقط أن تزيد الانبعاثات الزراعية لغازات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون، تنخفض الانبعاثات الصافية لثاني أكسيد الكربون من قطاع الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (AFOLU) بمرور الوقت، بحيث تتوقع بعض النماذج أن تكون المحصلة هي وجود مصرف (بالوعة) قرب نهاية القرن (الشكل SPM.7)[22]. [4.1.3.6، 8.6، الشكل TS.15]

---

21 الانبعاثات الصافية لثاني أكسيد الكربون من الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (AFOLU) تشمل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وعمليات إزالته من ذلك القطاع، بما يتضمن الأراضي الخاضعة للتحريج، ويتضمن في بعض التقييمات مصارف

22 تتوقع غالبية نماذج نظام الأرض التي جرى تقييمها في مشروع الفريق العامل الأول استمرار استيعاب الأرض للكربون في جميع مسارات التركيز النموذجية (RCPs) حتى عام 2100، ولكن بعض النماذج تحاكي حدوث خسارة في كربون الأرض نتيجة لتأثير تغير المناخ مع تأثير التغير في استخدام الأراضي. [الشكل SPM.E.7 و 6.4 في مساهمة الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الخامس].

انبعاثات الدفيئة القطاعية المباشرة من ثاني أكسيد الكربون وغير ثاني أكسيد الكربون في سيناريوهات خط الأساس وسيناريوهات التخفيف مع وبدون احتجاز تخزين الكربون (CCS)



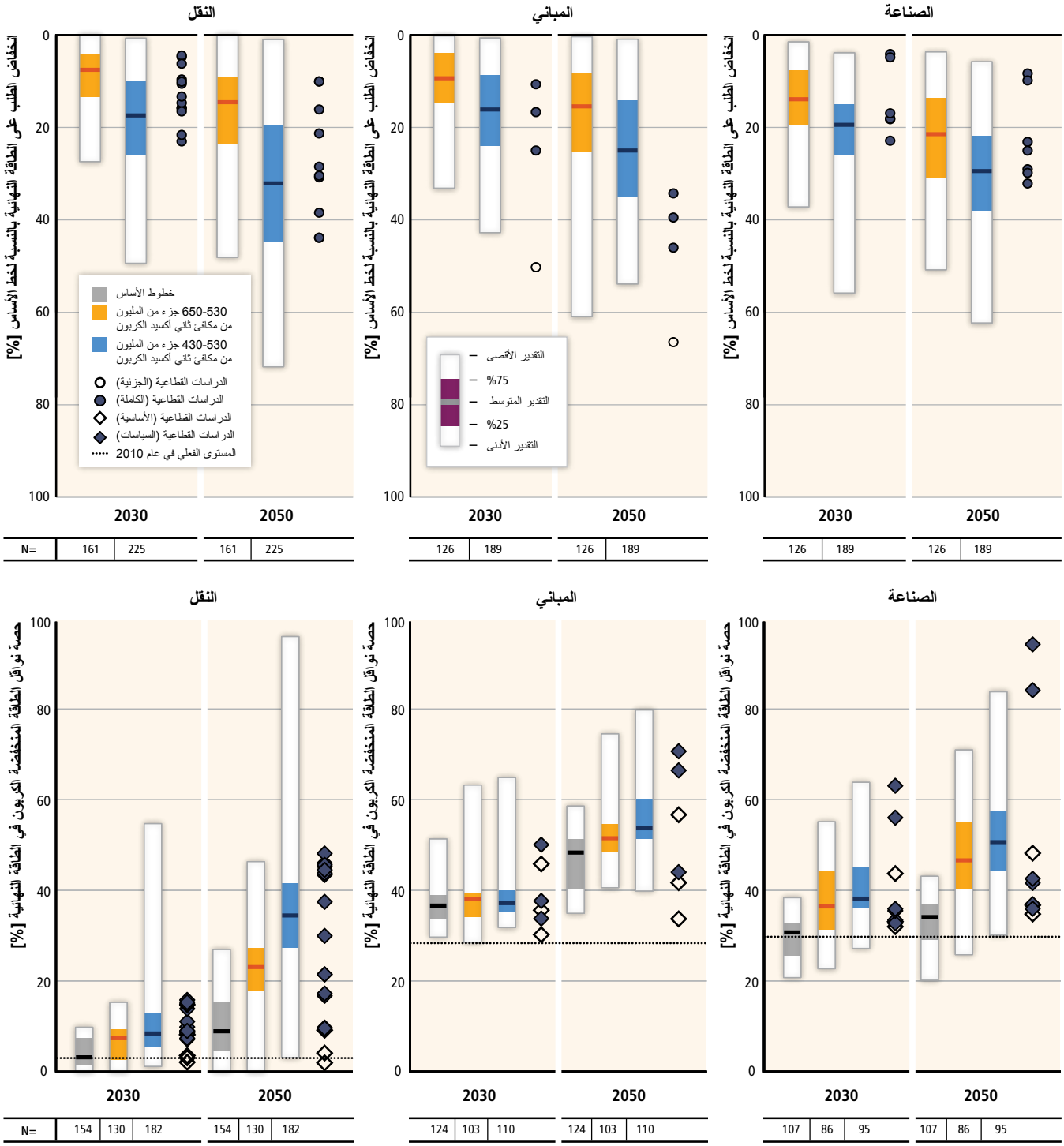
الشكل SPM.7 | الانبعاثات المباشرة لثاني أكسيد الكربون حسب القطاع ومجموع انبعاثات الدفيئة غير ثاني أكسيد الكربون (الغازات المدرجة في بروتوكول كيوتو) عبر القطاعات في سيناريوهات خط الأساس (اللوحة اليسرى) وسيناريوهات التخفيف التي تصل إلى نحو 450 (ما يتراوح من 430 إلى 480) جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون مع احتجاز وتخزين الكربون (اللوحة الوسطى) وبدون احتجاز وتخزين الكربون (اللوحة اليمنى). وتشير الأرقام الواردة في نهاية الأشكال إلى عدد السيناريوهات المدرجة في النطاق الذي يختلف بين القطاعات وزمنيا نتيجة لاختلاف الاستبانة القطاعية والأفق الزمني للنماذج. ويلاحظ أن نماذج كثيرة لا يمكن أن تصل إلى تركيز قدره 450 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100 في حالة عدم وجود احتجاز وتخزين للكربون، مما ينتج عنه انخفاض عدد السيناريوهات في اللوحة اليمنى [الشكلان 6.34 و 6.35].

والتطورات في الهياكل الأساسية والمنتجات المعمّرة التي تحبس المجتمعات في مسارات انبعاثات كثيفة غازات الدفيئة قد يكون من الصعب تغييرها أو قد يكون تغييرها باهظ التكلفة إلى حد كبير، مما يعزز أهمية اتخاذ إجراءات مبكرة من أجل التخفيف الطموح (أدلة قوية، توافق مرتفع). وخطر الانحباس هذا يضاعفه عمر الهياكل الأساسية، والاختلاف في الانبعاثات المرتبطة بالبدائل، وضخامة تكلفة الاستثمار. ونتيجة لذلك، فإن الحد من الانحباس المرتبط بالهياكل الأساسية وبالتخطيط المكاني هو الأصعب. ومع ذلك، يمكن للمواد والمنتجات والهياكل الأساسية ذات الأعمار الطويلة وذات الانبعاثات المنخفضة على مدى دورة عمرها أن تيسر التحول إلى مسارات منخفضة الانبعاثات مع الحد أيضاً من الانبعاثات من خلال مستويات أقل من استخدام المواد. [5.6.3، 6.3.6.4، 9.4، 10.4، 12.3، 12.4]

توجد أوجه ترابط قوية في سيناريوهات التخفيف بين وتيرة إدخال تدابير للتخفيف في الإمداد بالطاقة والاستخدام النهائي للطاقة والتطورات في قطاع الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (AFOLU) (ثقة عالية). وتوزيع جهد التخفيف بين القطاعات يتأثر تأثراً شديداً بتوافر وأداء الطاقة الأحيائية التي يُحتجز ويُخزن فيها ثاني أكسيد الكربون (BECCS) وزرع الغابات على نطاق كبير (الشكل SPM.7). ويصدُق هذا بالذات في السيناريوهات التي تصل فيها تركيزات مكافئ ثاني أكسيد الكربون إلى نحو 450 جزءاً من المليون بحلول عام 2100. وتكون استراتيجيات التخفيف المنظمة جيدا العامة والمشتركة بين القطاعات أكثر فعالية من حيث التكاليف في خفض الانبعاثات مقارنةً بالتركيز على آحاد التكنولوجيات والقطاعات. وعلى صعيد نظام الطاقة تشمل هذه الاستراتيجيات تخفيضات في كثافة انبعاثات غازات الدفيئة النابعة من قطاع الإمداد بالطاقة، وتحولاً إلى نواقل للطاقة المنخفضة الكربون (بما في ذلك الكهرباء المنخفضة الكربون) وتخفيضات في الطلب على الطاقة في قطاعات الاستخدام النهائي بدون تعريض التنمية للخطر (الشكل 6.8، 7.11، 6.4، 6.3.5]. (SPM.8، الجدول TS.2]

وتبيِّن سيناريوهات التخفيف التي تصل إلى تركيزات لمكافئ ثاني أكسيد الكربون تبلغ نحو 450 جزءاً من المليون بحلول عام 2100 حدوث تغيرات عالمية واسعة النطاق في قطاع الإمداد بالطاقة (أدلة قوية، توافق مرتفع). وفي هذه السيناريوهات المختارة، من المسقط أن تنخفض الانبعاثات العالمية لثاني أكسيد الكربون من قطاع الإمداد بالطاقة خلال العقود المقبلة وأن تتسم بانخفاضات تبلغ 90% أو أكثر من ذلك دون مستويات عام 2010 خلال الفترة ما بين عامي 2040 و 2070. ولم يُسقط أن تنخفض الانبعاثات في كثير من هذه السيناريوهات إلى أقل من صفر بعد ذلك. [6.3.4، 6.8، 7.1، 7.11]

انخفاض الطلب على الطاقة النهائية وحصص الطاقة المنخفضة الكربون في قطاعات الاستخدام النهائي للطاقة



الشكل SPM.8 | انخفاض الطلب على الطاقة النهائية بالنسبة إلى خط الأساس (الصف العلوي) وحصص نواقل الطاقة المنخفضة الكربون في الطاقة النهائية (الصف السفلي) في قطاعات النقل والمباني والصناعة بحلول عامي 2030 و 2050 في سيناريوهات من فئتين مختلفتين من فئات تركيزات مكافئ ثاني أكسيد الكربون مقارنةً بالدراسات القطاعية التي يرد تقييم لها في الفصول 8 إلى 10. وتخفيضات الطلب التي تبيّنها هذه السيناريوهات لا تعرّض التنمية للخطر. وتشمل نواقل الطاقة المنخفضة الكربون الكهرباء والهيدروجين وأنواع الوقود الأحيائي السائلة التي تُستخدم في النقل، والكهرباء المستخدمة في المباني، والكهرباء والحرارة والهيدروجين والطاقة الأحيائية التي تُستخدم في الصناعة. وتشير الأرقام الواردة في نهاية الأشكال إلى عدد السيناريوهات المدرجة في النطاقات التي تختلف عبر القطاعات وزمنياً نتيجة لاختلاف الاستبانة القطاعية والأفق الزمني للنماذج. [الشكلان 6.37 و 6.38].

وتعزيزات الكفاءة والتغييرات السلوكية، من أجل الحد من الطلب على الطاقة مقارنةً بسيناريوهات خط الأساس بدون تعريض التنمية للخطر، تمثل استراتيجية رئيسية للتخفيف في السيناريوهات التي تصل إلى تركيزات لمكافئ ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي تبلغ نحو 450 جزءاً أو 500 جزء من المليون بحلول عام 2100 (أدلة قوية، توافق مرتفع). ويشكل تحقيق تخفيضات في الطلب على الطاقة في الأجل القريب عنصراً مهما من عناصر استراتيجيات التخفيف الفعالة التكاليف، ويوفر مزيداً من المرونة لخفض كثافة الكربون في قطاع الإمداد بالطاقة، ويحمي من المخاطر المتعلقة بجانب الإمداد المتصلة بذلك، ويتفادى عدم القدرة على الفكاك من الهياكل الأساسية الكثيفة الكربون، وترتبط به فوائد مصاحبة هامة. ويوفر كل من الدراسات المتكاملة والدراسات القطاعية تقديرات مماثلة لتخفيضات الطلب على الطاقة في قطاعات النقل والمباني والصناعة في ما يتعلق بعامي 2030 و 2050 (الشكل 10.10، 9.8، 8.9، 7.11، 6.8، 6.6، 6.3.4] .[SPM.8).

وللسلوك وأسلوب الحياة والثقافة تأثير كبير على استخدام الطاقة وما يرتبط به من انبعاثات، وتنطوي جميعها على إمكانية تخفيف كبيرة في بعض القطاعات، لا سيما عندما تكون مكمّلة لتغيير تكنولوجي وهيكلي[23] (أدلة متوسطة، توافق متوسط). ومن الممكن خفض الانبعاثات خفضاً كبيراً من خلال تغييرات في أنماط الاستهلاك (مثلاً، الطلب على التنقل وطريقته، واستخدام الطاقة في الأسر المعيشية، واختيار منتجات تدوم مدة أطول) وتغيير الغذاء المتناول، والحد من نفايات الأغذية. ويمكن لعدد من الخيارات من بينها الحوافز النقدية وغير النقدية، وكذلك تدابير الإعلام، تيسير التغييرات السلوكية. [6.8، 7.9، 8.3.5، 8.9، 9.2، 9.3، 9.10، الإطار 10.2، 10.4، 11.4، 12.4، 12.6، 12.7، 15.3، 15.5، الجدول TS.2]

SPM.4.2.2 **الإمداد بالطاقة**

في سيناريوهات خط الأساس الوارد تقييمها في تقرير التقييم الخامس، من المسقط أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة من قطاع الإمداد بالطاقة ستتضاعف تقريباً بل وستزيد بمقدار ثلاثة أمثال بحلول عام 2050 مقارنة بمستواها في عام 2010 الذي كان يبلغ 14.4 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً، إلا إذا تسنى تحقيق تسارع كبير في التحسينات في كثافة الطاقة يتجاوز تطورها التاريخي (أدلة متوسطة، توافق متوسط). وفي العقد المنصرم، كانت العوامل الرئيسية التي ساهمت في تزايد الانبعاثات هي تزايد الطلب على الطاقة وحدوث زيادة في حصة الفحم في المزيج العالمي من أنواع الوقود. ولن يكون توافر الوقود الأحفوري وحده كافياً لقَصْر تركيز مكافئ ثاني أكسيد الكربون على مستويات من قبيل 450 جزءاً أو 550 جزءاً أو 650 جزءاً من المليون. [6.3.4، 7.2، 7.3، الأشكال 6.15، SPM.7، TS.15]

وإزالة الكربون (أي خفض كثافة الكربون) في توليد الكهرباء عنصر رئيسي من عناصر استراتيجيات التخفيف الفعال التكاليف في تحقيق تثبيت عند مستويات منخفضة (ما يتراوح من 430 جزءاً إلى 530 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون)؛ وفي معظم سيناريوهات النمذجة المتكاملة، تحدث إزالة الكربون في توليد الكهرباء أسرع مما تحدث في قطاعات الصناعة والمباني والنقل (أدلة متوسطة، توافق مرتفع) (الشكل SPM.7). وفي غالبية سيناريوهات التثبيت عند مستويات منخفضة، تزيد حصة الإمداد بالكهرباء المنخفضة الكربون (التي تضم الطاقة المتجددة (RE) والطاقة النووية واحتجاز وتخزين الكربون (CCS) من الحصة الحالية التي تبلغ زهاء 30 في المائة إلى أكثر من 80 في المائة بحلول عام 2050، وينتهي تدريجيا توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري كلية تقريباً بحلول عام 2100 (الشكل 7.11، 6.8] .(SPM.7، الشكلان 7.14 و TS.18]

ومنذ تقرير التقييم الرابع، أظهرت تكنولوجيات كثيرة من تكنولوجيات الطاقة المتجددة (RE) تحسنات كبيرة في الأداء وتخفيضات في التكاليف، وحقق عدد متزايد من تلك التكنولوجيات مستوى من النضج يمكّن من نشره على نطاق كبير (أدلة قوية، توافق مرتفع). وفي ما يتعلق بتوليد الكهرباء وحده، كانت الطاقة المتجددة مسؤولة عما يزيد قليلاً على نصف القدرة الجديدة لتوليد الكهرباء التي أضيفت عالمياً في سنة 2012، وكان ما يقف وراء ذلك هو النمو في طاقة الرياح والطاقة المائية والطاقة الشمسية. ومع ذلك، ما زال الكثير من تكنولوجيات الطاقة المتجددة بحاجة إلى دعم مباشر و/أو غير مباشر، إذا كان المراد للشفافية في السوق أن تزيد زيادة كبيرة؛ وقد كانت السياسات المتعلقة بتكنولوجيات الطاقة المتجددة ناجحة في دفع النمو الذي حدث مؤخراً في تلك الطاقة. والتحديات الماثلة أمام إدماج الطاقة المتجددة في نظم الطاقة وما يرتبط به تكاليف تتباين حسب تكنولوجيا الطاقة المتجددة، والظروف الإقليمية، وخصائص نظام الطاقة الخلفي القائم (ثقة متوسطة، توافق متوسط). [7.5.3، 7.6.1، 7.8.2، 7.12، الجدول 7.1]

---

[23] تشير التغيرات الهيكلية إلى تحولات النظم التي إما يُستعاض فيها عن بعض المكونات بمكونات أخرى أو يكون من الممكن فيها استبدال مكونات بمكونات أخرى (انظر مسرد مصطلحات مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس).

والطاقة النووية هي مصدر ناضج لكهرباء حِمْل أساسي تصدر عنه انبعاثات منخفضة من غازات الدفيئة، ولكن حصتها في توليد الكهرباء على نطاق العالم أخذت تتدنى (منذ عام 1993). وبإمكان الطاقة النووية أن تقدم إسهاماً متزايداً في إمدادات الطاقة المنخفضة الكربون، ولكن توجد طائفة متنوعة من العقبات والمخاطر (أدلة قوية، توافق مرتفع). وتشمل تلك العقبات والمخاطر: المخاطر التشغيلية، والشواغل المرتبطة بها، ومخاطر استخراج اليورانيوم، والمخاطر المالية والتنظيمية، والمسائل المتعلقة بإدارة النفايات والتي لم يوجد لها حل حتى الآن، والشواغل المتعلقة بانتشار الأسلحة النووية، والرأي العام المناوئ (أدلة قوية، توافق مرتفع). وتجري دراسة دورات وقود جديدة وتكنولوجيات جديدة للمفاعلات تعالج بعض هذه المسائل، كما تحقق تقدم في أعمال البحث والتطوير بشأن السلامة والتصرف في النفايات. [7.5.4، 7.8، 7.9، 7.12، الشكل TS.19]

ومن الممكن خفض انبعاثات غازات الدفيئة من إمدادات الطاقة خفضاً كبيراً بالاستعاضة عن محطات الكهرباء العادية الموجودة حالياً في العالم وتعمل بالفحم بمحطات حديثة عالية الكفاءة ومختلطة الدورات تعمل بالغاز الطبيعي، أو بمحطات تجمع بين الحرارة والكهرباء، بشرط أن يكون الغاز الطبيعي متوافراً وأن تكون الانبعاثات الهاربة المرتبطة بالاستخراج والإمداد منخفضة أو مخفضة (أدلة قوية، توافق مرتفع). وفي سيناريوهات التخفيف التي تصل إلى تركيزات تبلغ نحو 450 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100، يكون توليد الكهرباء بالغاز الطبيعي بدون احتجاز وتخزين الكربون بمثابة تكنولوجيا وسيطة، يتزايد انتشارها قبل أن يبلغ ذروة ثم ينخفض إلى ما دون المستويات الحالية بحلول عام 2050 ويزداد انخفاضاً بعد ذلك في النصف الثاني من القرن (أدلة قوية، توافق مرتفع). [7.5.1، 7.8، 7.9، 7.11، 7.12]

وبإمكان تكنولوجيات احتجاز وتحليل الكربون (CCS) أن تقلل من انبعاثات غازات الدفيئة من محطات الوقود الأحفوري على امتداد دورة عمرها (أدلة متوسطة، توافق متوسط). وعلى الرغم من وجود جميع مكونات النظم المتكاملة لاحتجاز وتخزين الكربون واستخدامها حالياً من جانب صناعة استخراج الوقود الأحفوري وتكريره، لم تطبّق حتى الآن تكنولوجيا احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون على نطاق كبير في محطة كهرباء تجارية تشغيلية تستخدم الوقود الأحفوري. ومن الممكن أن تشاهَد في السوق محطات كهرباء تستخدم تكنولوجيا احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون إذا وُجد حافز يدفع إلى ذلك بواسطة لوائح تنظيمية و/أو إذا أصبحت هذه التكنولوجيات قادرة على التنافس مع التكنولوجيات المناظرة لها التي لا كابح لها، مثلاً إذا جرى التعويض عن التكاليف الإضافية الخاصة بالاستثمار والتشغيل، الناجمة جزئياً عن انخفاضات الكفاءة، بأسعار للكربون عالية بدرجة كافية (بدعم مالي مباشر). وفي ما يتعلق بنشر تكنولوجيا احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون في المستقبل على نطاق كبير، تلزم لوائح تنظيمية محددة جيداً بشأن المسؤوليات في الأجلين القصير والطويل عن التخزين، وتلزم كذلك حوافز اقتصادية. وتشمل العقبات التي تحول دون نشر تلك التكنولوجيات على نطاق كبير الشواغل المتعلقة بالسلامة التشغيلية لتخزين ثاني أكسيد الكربون وسلامته هو نفسه في الأجل الطويل، وكذلك مخاطر نقله. ولكن ثمة مجموعة متزايدة من المؤلفات التي تتناول كيفية ضمان سلامة آبار ثاني أكسيد الكربون، والعواقب المحتملة لحدوث تصاعد في مستوى الضغط داخل تكوين جيولوجي نتيجة لتسخين ثاني أكسيد الكربون (من قبيل حفزه على النشاط الاهتزازي)، والآثار المحتملة على صحة الإنسان وعلى البيئة التي تنجم عن خروج ثاني أكسيد الكربون من منطقة الحقن الأولي (أدلة محدودة، توافق متوسط). [7.5.5، 7.8، 7.9، 7.11، 7.12، 11.13]

ويتيح الجمع ما بين الطاقة الأحيائية واحتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون (BECCS) إمكانية توافر إمدادات طاقة ذات انبعاثات سلبية صافية كبيرة النطاق تؤدي دوراً هاماً في كثير من سيناريوهات التثبيت عند مستوى منخفض، بينما تستتبع تحديات ومخاطر (أدلة محدودة، توافق متوسط). وتشمل هذه التحديات والمخاطر تلك المرتبطة بالتوفير، الواسع النطاق في مرحلة الإنتاج، للكتلة الأحيائية التي تُستخدم في مرفق احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون، وكذلك تلك المرتبطة بتكنولوجيات احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون نفسها [7.5.5، 7.9، 11.13]

SPM.4.2.3 قطاعات الاستخدام النهائي للطاقة

النقل

كان قطاع النقل مسؤولاً عن 27 في المائة من استخدام الطاقة النهائية وعن 6.7 غيغاطن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة في عام 2010، مع توقع أن تتضاعف تقريباً انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تمثل خط الأساس بحلول عام 2050 (أدلة متوسطة، توافق متوسط). وهذه الزيادة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ناجمة عن تزايد نشاط الركاب والشحن على صعيد العالم ويمكن أن تقابل جزئياً تدابير التخفيف المستقبلية التي تشمل إدخال تحسينات بشأن كربون الوقود وكثافة الطاقة، وتطوير الهياكل الأساسية، وتغيير السلوك، وتنفيذ سياسات شاملة (ثقة عالية). وعلى وجه الإجمال، يمكن أن تتحقق في عام 2050 تخفيضات في الانبعاثات الكلية لثاني أكسيد الكربون من النقل تتراوح من 15 إلى 40 في المائة مقارنة بتزايد خط الأساس (أدلة متوسطة، توافق متوسط). (الشكل 8.10، 8.9، 8.2، 8.1، 6.8) [SPM.7]

ويمكن لتدابير التخفيف الفنية والسلوكية المتعلقة بجميع طرق النقل، إلى جانب هياكل أساسية جديدة واستثمارات لإعادة التنمية في المناطق الحضرية، أن تقللا من الطلب على الطاقة النهائية في عام 2050 بما يقل عن خط الأساس بنسبة 40 في المائة تقريباً، مع تقدير إمكانية التخفيف بأنها أعلى مما هو مذكور في تقرير التقييم الرابع (أدلة قوية، توافق متوسط). وتتراوح التحسينات المسقطة في كفاءة الطاقة وأداء المركبات من 30 إلى 50 في المائة في عام 2030 بالنسبة إلى عام 2010 تبعاً لطريقة النقل ونوع المركبة (أدلة متوسطة، توافق متوسط). والتخطيط الحضري المتكامل، والتنمية التي تهدف إلى زيادة استخدام وسائل النقل العام، والشكل الحضري الأكثر تركيزاً الذي يدعم ركوب الدراجات والمشي، هي أمور يمكن أن تؤدي كلها إلى تحولات في الطرق، مثلما يمكن أن تؤدي إلى ذلك في الأجل الأطول إعادة التنمية في المناطق الحضرية والاستثمارات في هياكل أساسية جديدة من قبيل نُظم السكك الحديدية الفائقة السرعة التي تقلل من الطلب على السفر الجوي لمسافات قصيرة (أدلة متوسطة، توافق متوسط). وتدابير التخفيف هذه صعبة، وذات نتائج غير مؤكدة، ويمكن أن تقلل من انبعاثات غازات الدفيئة الناجمة عن النقل بنسبة تتراوح من 20 إلى 25 في المائة في عام 2050 مقارنة بخط الأساس (أدلة محدودة، توافق منخفض). (الشكل SPM.8، اللوحة العلوية) [8.2، 8.3، 8.4، 8.5، 8.6، 8.7، 8.8، 8.9، 12.4، 12.5]

واستراتيجيات الحد من كثافة الكربون في الوقود ومعدل خفض كثافة الكربون تقيّدها التحديات المرتبطة بتشغيل الطاقة والانخفاض النسبي لكثافة الطاقة التي تتسم بها أنواع وقود النقل المنخفضة الكربون (ثقة متوسطة). والدراسات المتكاملة والقطاعية تُجمع بوجه عام على وجود فرص للتحول إلى وقود منخفض الكربون في الأجل القريب، وعلى أن تلك الفرص ستزيد بمرور الوقت. والوقود الذي يمثل الميثان أساسه تتزايد بالفعل حصته في ما يتعلق بمركبات الطرق والمركبات المائية. وتنطوي الكهرباء التي تُنتج من مصادر منخفضة الكربون على إمكانات في الأجل القريب في ما يتعلق بالسكك الحديدية الكهربائية وتنطوي على إمكانات في الأجلين القصير والمتوسط عند استخدام الحافلات الكهربائية ومركبات الطرق الخفيفة وذات الدفع بعجلتين. وتشكّل أنواع الوقود الهيدروجيني المستمدة من مصادر منخفضة الكربون خيارات أطول أجلا. وأنواع الوقود الأحيائي السائلة والغازية المتاحة تجارياً توفر بالفعل فوائد مصاحبة إلى جانب خيارات التخفيف التي يمكن زيادتها بواسطة أوجه التقدم التكنولوجي. والحد من انبعاثات الجسيمات من النقل (بما في ذلك الكربون الأسود) وأوزون التروبوسفير وسلائف الأهباء الجوية (بما في ذلك أكاسيد النيتروجين) يمكن أن تكون له فوائد مصاحبة على صحة الإنسان وعلى التخفيف في الأجل القصير (ثقة متوسطة، توافق متوسط). [8.2، 8.3، 11.13، الشكل TS.20، اللوحة اليمنى]

وتتباين فعالية تكاليف تدابير الحد من الكربون المختلفة في قطاع النقل تبايناً كبيراً حسب نوع المركبات وطريقة النقل (ثقة عالية). فالتكاليف الإجمالية للكربون المحفوظ يمكن أن تكون منخفضة جداً أو سلبية في حالة الكثير من التدابير السلوكية القصيرة الأجل وتحسينات الكفاءة المتعلقة بمركبات الطرق الخفيفة والثقيلة والمركبات المائية. وفي عام 2030، قد تتجاوز التكاليف الإجمالية لبعض المركبات الكهربائية والطائرات والسكك الحديدية التي يمكن أن تكون فائقة السرعة 100 دولار أمريكي لكل طن من ثاني أكسيد الكربون الذي يجري تفاديه (أدلة محدودة، توافق متوسط). [8.6، 8.8، 8.9، الشكلان TS.21 و TS.22]

وتؤثر الفروق الإقليمية على اختيار خيارات التخفيف في قطاع النقل (ثقة عالية). فالعقبات المؤسسية والقانونية والمالية والثقافية تقيّد الأخذ بالتكنولوجيا المنخفضة الكربون وتقيّد تغيير السلوك. وقد تحد الهياكل الأساسية الراسخة من خيارات التحول في وسائل النقل وتفضي إلى زيادة الاعتماد على تكنولوجيات المركبات المتقدمة؛ ويتبدى بالفعل في بعض بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي تباطؤ النمو في الطلب على المركبات الخفيفة. وفي ما يتعلق بجميع الاقتصادات، ولا سيما تلك ذات معدلات النمو الحضري المرتفعة، يمكن أن يؤدي الاستثمار في نظم النقل العام والهياكل الأساسية المنخفضة الكربون إلى تفادي عدم القدرة على الفكاك من وسائل النقل الكثيفة الكربون. ويمكن أن يؤدي إعطاء الأولوية للهياكل الأساسية الخاصة بالمشاة وإدماج الخدمات غير الآلية وخدمات النقل إلى تحقيق فوائد مصاحبة اقتصادية واجتماعية في جميع المناطق (أدلة متوسطة، توافق متوسط). [8.4، 8.8، 8.5، 14.3، الجدول 8.3]

ويمكن أن تساعد استراتيجيات التخفيف، عند ارتباطها بسياسات غير مناخية على جميع المستويات الحكومية، على فصل انبعاثات غازات الدفيئة من قطاع النقل عن النمو الاقتصادي في جميع المناطق. (ثقة متوسطة). فهذه الاستراتيجيات يمكن أن تساعد على الحد من الطلب على السفر، وتوفر حافزاً لمؤسسات الشحن يدفعها إلى خفض الكثافة الكربونية لنظمها اللوجستية والحث على إحداث تحولات في وسائل النقل، فضلاً عن تحقيقها فوائد مصاحبة من بينها تحسين إمكانية الوصول والتنقل، وتحسين الصحة والسلامة، وزيادة أمن الطاقة، وتحقيق وفورات في التكلفة والوقت (ثقة متوسطة، توافق مرتفع). [8.7، 8.10]

المباني

في عام 2010، كان قطاع المباني[24] مسؤولاً عن نحو 32 في المائة من استخدام الطاقة النهائية وعن انبعاثات لثاني أكسيد الكربون بلغت 8.8 غيغاطن، بما يشمل الانبعاثات المباشرة والانبعاثات غير المباشرة، ومن المسقط أن يتضاعف

[24] يغطي قطاع المباني القطاعات السكنية والتجارية والعامة والخدمية؛ والانبعاثات من التشييد محسوبة في قطاع الصناعة.

تقريباً الطلب على الطاقة وأن تزيد الانبعاثات بنسبة تتراوح من 50 إلى 150 في المائة بحلول منتصف القرن في سيناريوهات خط الأساس (أدلة متوسطة، توافق متوسط). وهذه الزيادة في الطلب على الطاقة تنتج عن حدوث تحسنات في الثروة، وتغيير في أسلوب الحياة، والحصول على خدمات الطاقة الحديثة وعلى إسكان ملائم، والتحضّر. وثمة مخاطر انحباس كبيرة مرتبطة بطول مُدد أعمار المباني وما يتصل بها من هياكل أساسية، وهذه المخاطر هامة على وجه الخصوص في المناطق التي توجد فيها معدلات تشييد مرتفعة (أدلة قوية، توافق مرتفع). [9.4، والشكل SPM.7]

وتتيح أوجه التقدم التي تحققت مؤخراً في التكنولوجيات والدراية الفنية والسياسات فرصاً لتثبيت أو خفض استخدام الطاقة في قطاع المباني على نطاق العالم بحلول منتصف القرن (أدلة قوية، توافق مرتفع). فبالنسبة للمباني الجديدة، من المهم أن تُعتمد بشأنها قوانين بناء منخفض الطاقة جداً، وقد حدث تقدم كبير في هذا الصدد منذ تقرير التقييم الرابع. وتشكّل عمليات إعادة التجهيز جانباً رئيسياً من جوانب استراتيجية التخفيف في البلدان التي توجد فيها أرصدة راسخة من المباني، كما تحققت تخفيضات في استخدام طاقة التدفئة والتبريد بنسبة تتراوح من 50 إلى 90 في المائة في مبانٍ فردية. والتحسينات الكبيرة التي تحققت مؤخراً في الأداء والتكاليف تجعل الإنشاءات التي تتسم بانخفاض استخدامها للطاقة وكذلك عمليات إعادة التجهيز جذابة اقتصادياً، لذلك فإنها تتحقق في بعض الأحيان بتكاليف سلبية صافية. [9.3]

وتؤثر أساليب الحياة والثقافة والسلوك تأثيراً كبيراً على استهلاك الطاقة في المباني (أدلة محدودة، توافق مرتفع). فقد اتضح وجود فرق في استخدام الطاقة يتراوح من ثلاثة أمثال إلى خمسة أمثال عند توفير مستويات متماثلة من خدمات الطاقة ذات الصلة بالمباني في المباني. وفي حالة البلدان المتقدمة النمو، تشير السيناريوهات إلى أن تغييرات أسلوب الحياة والسلوك يمكن أن تخفّض الطلب على الطاقة بما يصل إلى 20 في المائة في الأجل القصير وبما يصل إلى 50 في المائة من المستويات الحالية بحلول منتصف القرن. أما في البلدان النامية، فإن إدماج عناصر أساليب الحياة التقليدية في الممارسات والهندسة المعمارية المتعلقة بالمباني يمكن أن ييسر توفير مستويات مرتفعة من خدمات الطاقة بمدخلات من الطاقة أقل كثيراً من خط الأساس. [9.3]

ولمعظم خيارات التخفيف المتعلقة بالمباني فوائد مصاحبة كبيرة ومتنوعة إضافة إلى وفورات تكلفة الطاقة (أدلة قوية، توافق مرتفع). وتشمل هذه الفوائد التحسينات في أمن الطاقة، والصحة (مثلاً من وجود مواقد طهي أنظف تستخدم حرق الوقود)، والنتائج البيئية، وإنتاجية مكان العمل، وتخفيضات فقر الوقود، والمكاسب الصافية من حيث العمالة. وكثيراً ما يتبيّن من الدراسات التي حددت قيَماً نقدية للفوائد المصاحبة أن هذه الفوائد تتجاوز وفورات تكاليف الطاقة وربما تتجاوز الفوائد المناخية (أدلة متوسطة، توافق متوسط). [9.6، 9.7، 3.6.3]

وثمة عقبات قوية، من قبيل انقسام الحوافز (مثلاً بين السكان والبنّائين) وتجزؤ الأسواق وقصور إمكانية الحصول على المعلومات والتمويل، تعوق استغلال الفرص الفعالة التكاليف القائمة على السوق. ومن الممكن التغلب على العقبات بواسطة تدخلات على صعيد السياسات تتناول جميع مراحل دورات عُمر المباني والأجهزة (أدلة قوية، توافق مرتفع). [9.8، 9.10، 16، الإطار 3.10]

ولقد تحقق قدر كبير من التقدم منذ تقرير التقييم الرابع في وضع حوافظ لسياسات كفاءة الطاقة وتنفيذها. فقوانين البناء ومعايير الأجهزة، إذا كانت مصممة ومنفذة بشكل جيد، من بين أكثر أدوات تخفيضات الانبعاثات فعالية من ناحية البيئة ومن ناحية التكاليف (أدلة قوية، توافق مرتفع). وقد أسهمت في بعض البلدان المتقدمة النمو في تثبيت، أو خفض، الطلب الكلي على الطاقة من أجل المباني. وتعزيز هذه القوانين تعزيزاً كبيراً، واعتمادها في مزيد من النظم القضائية، وتوسيع نطاقها بحيث تمتد إلى مزيد من أنواع المباني والأجهزة، هي أمور ستمثل عاملاً رئيسياً في بلوغ الأهداف المناخية الطموحة. [9.10، 2.6.5.3]

الصناعة

في عام 2010، كان قطاع الصناعة مسؤولاً عن نحو 28 في المائة من استخدام الطاقة النهائي، وعن انبعاثات من ثاني أكسيد الكربون بلغت 13 غيغاطن، بما في ذلك الانبعاثات المباشرة وغير المباشرة وكذلك انبعاثات العمليات الصناعية، ومن المسقط أن تزيد الانبعاثات بنسبة تتراوح من 50 إلى 150 في المائة بحلول عام 2050 في سيناريوهات خط الأساس التي جرى تقييمها في تقرير التقييم الخامس، إلا إذا تسارعت وتيرة إدخال تحسينات في كفاءة الطاقة تسارعاً كبيرا (أدلة متوسطة، توافق متوسط). وكانت الانبعاثات من الصناعة مسؤولة عن ما يتجاوز قليلاً 30 في المائة من انبعاثات غازات الدفيئة على صعيد العالم في عام 2010 وهي الآن أكبر من الانبعاثات من قطاع المباني أو من قطاع الاستخدام النهائي لوسائل النقل. (الشكلان SPM.2 و 10.3] (SPdM.7]

وكثافة الطاقة في قطاع الصناعة من الممكن خفضها مباشرةً بنسبة تبلغ نحو 25 في المائة مقارنةً بالمستوى الحالي من خلال تحسين المستوى على نطاق واسع، وعمليات الاستبدال، ونشر أفضل التكنولوجيات المتاحة،

لا سيما في البلدان التي لا تُستخدم فيها تلك التكنولوجيات وفي الصناعات التي لا تستخدم الطاقة بكثافة (توافق مرتفع، أدلة قوية). وقد يكون من الممكن تحقيق تخفيضات إضافية في كثافة الطاقة تبلغ نحو 20 في المائة من خلال الابتكار (أدلة محدودة، توافق متوسط). والعقبات التي تحول دون تحقيق كفاءة الطاقة تتعلق إلى حد كبير بتكاليف الاستثمار الأولي وعدم توافر المعلومات. وتمثل برامج الإعلام نهجاً شائعاً للترويج لكفاءة الطاقة، تليها الأدوات الاقتصادية، والنهج التنظيمية، والإجراءات الطوعية. [10.7، 10.9، 10.11]

التحسينات في كفاءة انبعاثات غازات الدفيئة وفي كفاءة استخدام المواد وإعادة تدوير المواد والمنتجات وإعادة استخدامها، والتخفيضات العامة في الطلب على المنتجات (مثلاً، من خلال استخدام المنتجات بكثافة أكبر) وفي الطلب على الخدمات يمكن أن تساعد، إضافة إلى كفاءة الطاقة، على خفض انبعاثات غازات الدفيئة إلى ما دون مستوى خط الأساس في قطاع الصناعة (أدلة متوسطة، توافق مرتفع). والكثير من خيارات خفض الانبعاثات يتسم بفعالية تكاليفه وبربحيته وارتباطه بفوائد مصاحبة متعددة (تحسين الامتثال البيئي، والفوائد الصحية، إلخ). وفي الأجل الطويل، يمكن لحدوث تحوّل إلى الكهرباء المنخفضة الكربون، وإلى عمليات صناعية جديدة، وإلى ابتكارات جذرية في المنتجات (مثلاً، بدائل للإسمنت)، أو احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون (مثلاً، للتخفيف من انبعاثات العمليات الصناعية) أن يسهم في إحداث تخفيضات كبيرة في انبعاثات غازات الدفيئة. ويمثل الافتقار إلى سياسة وتجارب في مجال كفاءة خدمة المواد والمنتجات عقبات رئيسية. [10.4، 10.7، 10.8، 10.11]

وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون هي المهيمنة على انبعاثات غازات الدفيئة من الصناعة، ولكن توجد أيضاً فرص كبيرة للتخفيف في ما يتعلق بالغازات غير ثاني أكسيد الكربون (أدلة قوية، توافق مرتفع). فالميثان وأكسيد النيتروز والغازات المشبّعة بالفلور التي تنبعث من الصناعة كانت مسؤولة عن انبعاثات بلغت 0.9 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2010. وتشمل فرص التخفيف الرئيسية، مثلاً، الحد من انبعاثات المواد الهيدروفلوروكربونية بواسطة تحسين العمليات الصناعية إلى الحد الأمثل واسترجاع مواد التبريد، وإعادة التدوير والاستبدال، وإن كانت توجد عقبات. [الجدولان 10.2 و 10.7]

ويمكن لاتباع نُهج عامة والقيام بأنشطة تعاونية على نطاق الشركات والقطاعات أن يقللا من استهلاك الطاقة والمواد ومن ثم أن يقللا من انبعاثات غازات الدفيئة (أدلة قوية، توافق مرتفع). وتطبيق تكنولوجيات (مثلاً، المحركات ذات الكفاءة) وتدابير (مثلاً، الحد من تسرّب الهواء أو البخار) على نحو شامل في كل من الصناعات الكبيرة التي تستخدم الطاقة بكثافة والمشاريع الصغيرة والمتوسطة الحجم أن يحسّن من أداء العمليات ومن كفاءة المنشآت بطريقة فعالة التكاليف. ويمكن أن يشمل التعاون في ما بين الشركات (مثلاً، في المجمعات الصناعية) والقطاعات تقاسم الهياكل الأساسية والمعلومات واستخدام الحرارة العادمة. [10.4، 10.5]

والخيارات الهامة في ما يتعلق بالتخفيف في سياق إدارة النفايات هي الحد من النفايات، الذي يعقبه إعادة استعمالها، وإعادة تدويرها، واسترجاع الطاقة (أدلة قوية، توافق مرتفع). وقد كانت النفايات والمياه العادمة مسؤولة عن انبعاثات بلغت 1.5 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2010. وبالنظر إلى أن حصة المواد المعاد تدويرها أو المعاد استعمالها ما زالت منخفضة (مثلاً، يُعاد تدوير نحو 20 في المائة من النفايات الصلبة الخاصة بالبلديات)، من الممكن أن تسفر تكنولوجيات معالجة النفايات واسترجاع الطاقة للحد من الطلب على الوقود الأحفوري عن تحقيق انخفاضات مباشرة كبيرة في الانبعاثات من التخلص من النفايات. [10.4، 10.14]

SPM.4.2.4 الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (AFOLU)

إن قطاع الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي مسؤول عن نحو ربع (~ 10 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً) الانبعاثات الصافية لغازات الدفيئة البشرية المنشأ أساساً من إزالة الغابات، والانبعاثات الزراعية من التربة، وإدارة المغذيات والثروة الحيوانية (أدلة متوسطة، توافق مرتفع). وتشير أحدث التقديرات إلى حدوث انخفاض في تدفقات ثاني أكسيد الكربون من الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي، نتيجة إلى حد كبير لانخفاض معدلات إزالة الغابات وزيادة زرع الغابات. ولكن عدم اليقين بشأن الانبعاثات الصافية التاريخية من الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي أكبر مما هو في ما يتعلق بالقطاعات الأخرى، وتوجد أوجه عدم يقين إضافية بشأن الانبعاثات الصافية التي تمثل خط الأساس من الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي. ومع ذلك، في المستقبل، من المسقط أن تنخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون السنوية الصافية التي تمثل خط الأساس من قطاعات الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي، مع احتمال أن تصبح تلك الانبعاثات الصافية أقل من نصف المستوى الذي كانت عليه في عام 2010 بحلول عام 2050 ومع احتمال أن تصبح هذه القطاعات مصرفاً صافياً (بالوعة صافية) لثاني أكسيد الكربون قبل نهاية القرن (أدلة متوسطة، توافق مرتفع). (الشكل 11.2، 6.3.1.4] (SPM.7، الشكل 6.5]

وتؤدي الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي دوراً مركزياً في الأمن الغذائي والتنمية المستدامة. وأكثر خيارات التخفيف فعالية من حيث التكلفة في مجال الحراجة هي زرع الغابات، والإدارة المستدامة للغابات، والحد من إزالة الغابات، مع وجود فروق كبيرة في أهميتها النسبية بين المناطق. ففي الزراعة، نجد أن أكثر خيارات التخفيف فعالية من حيث التكاليف هي إدارة الأراضي الزراعية، وإدارة أراضي الرعي، وترميم التربة العضوية (أدلة متوسطة، توافق مرتفع). ويقدّر أن إمكانية التخفيف الاقتصادية للتدابير على جانب الإمداد تتراوح من 7.2 إلى 11 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً[25] في عام 2030 في حالة بذل جهود للتخفيف تتسق مع ارتفاع أسعار الكربون[26] إلى ما يصل إلى 100 دولار أمريكي للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، يمكن أن يتحقق نحو ثلثه بسعر يبلغ <20 دولار أمريكي للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (أدلة متوسطة، توافق متوسط). وتوجد عقبات محتملة تحول دون تنفيذ خيارات التخفيف المتاحة [11.7، 11.8]. وتنطوي التدابير على جانب الطلب، من قبيل إحداث تغييرات في الغذاء المتناول وتخفيضات في الفواقد في سلسلة الإمدادات الغذائية، على إمكانات كبيرة، ولكنها غير مؤكدة، للحد من انبعاثات غازات الدفيئة من إنتاج الأغذية (دليل متوسط، توافق متوسط). وتتباين التقديرات مما يتراوح من 0.7 إلى 8.6 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً بحلول عام 2050 (أدلة محدودة، توافق متوسط). [11.4، 11.6، الشكل 11.14]

وتبلغ السياسات التي تحكم الممارسات الزراعية وحفظ الغابات وإدارتها أقصى درجات فعاليتها عندما تشمل التخفيف والتكيف على السواء. فقد تكون بعض خيارات التخفيف في قطاعات الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (من قبيل أرصدة الكربون في التربة والغابات) عُرضة للتأثر بتغيّر المناخ (أدلة متوسطة، توافق مرتفع)، وأنشطة تخفيف الانبعاثات من إزالة الغابات وتردي الغابات (REDD+[27] هي مثال يُقصد به أن يكون مستداماً) تكون، عند تنفيذها على نحو مستدام، خيارات لسياسات فعالة التكاليف للتخفيف من تغير المناخ، تنطوي على فوائد اقتصادية واجتماعية وبيئية وتكيفية مصاحبة أخرى (مثلاً، حفز التنوع البيولوجي وموارد المياه، والحد من تآكل التربة) (أدلة محدودة، توافق متوسط). [11.3.2، 11.10]

ومن الممكن أن تؤدي الطاقة الأحيائية دوراً بالغ الأهمية في التخفيف، ولكن ثمة مسائل يجب النظر فيها، من قبيل استدامة الممارسات وكفاءة نظم الطاقة الأحيائية. (أدلة قوية، توافق متوسط) [11.4.4، الإطار 11.5، 11.13.6، 11.13.7]. والعقبات التي تحول دون نشر الطاقة الأحيائية على نطاق واسع تشمل الشواغل بشأن انبعاثات غازات الدفيئة من الأرض، والأمن الغذائي، وموارد المياه، وحفظ التنوع البيولوجي، وسُبل العيش. ولم يُحسم حتى الآن الجدل العلمي بشأن ما يتصل بتغير المناخ من تأثيرات بوجه عام لمسارات محددة للطاقة الأحيائية من حيث التنافس على الأراضي (أدلة قوية، توافق مرتفع). [11.4.4، 11.13]. فتكنولوجيات الطاقة الأحيائية متنوعة وتشمل نطاقاً واسعاً من الخيارات ومسارات التكنولوجيا. وتشير الأدلة إلى أن الخيارات التي تنطوي على وجود انبعاثات منخفضة على امتداد دورة العمر (مثلاً، قصب السكر، وعشبة الميكانثوس وأنواع الأشجار التي تنمو بسرعة، والاستخدام المستدام لمخلفات الكتلة الأحيائية)، وبعضها متاح بالفعل، يمكن أن تخفض انبعاثات غازات الدفيئة؛ وتقتصر النتائج على كل موقع على حدة وتعتمد على وجود 'نُظم لتحويل الكتلة الأحيائية إلى طاقة أحيائية' متكاملة وتتسم بالكفاءة، وعلى الإدارة والحوكمة المستدامتين لاستخدام الأراضي. وفي بعض المناطق، من الممكن أن تقلل خيارات محددة بشأن الطاقة الأحيائية، مثل مواقد الطهي المحسّنة وإنتاج الغاز الأحيائي والطاقة الأحيائية على نطاق صغير، من انبعاثات غازات الدفيئة وأن تحسّن سُبل العيش والصحة في سياق التنمية المستدامة (أدلة متوسطة، توافق متوسط). [11.13]

SPM.4.2.5 المستوطنات البشرية، والهياكل الأساسية، والتخطيط المكاني

إن التحضّر يمثل اتجاهاً عالمياً ويرتبط بحدوث زيادات في الدخل، وارتفاع الدخل في الحضر يرتبط به ارتفاع استهلاك الطاقة وارتفاع انبعاثات غازات الدفيئة (أدلة متوسطة، توافق مرتفع). ففي عام 2011 كان أكثر من 52 في المائة من سكان العالم يعيشون في مناطق حضرية. وفي عام 2006 كانت المناطق الحضرية مسؤولة عن نسبة من استهلاك الطاقة تتراوح من 67 إلى 76 في المائة وكانت مسؤولة عن نسبة تتراوح من 71 إلى 76 في المائة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ذات الصلة بالطاقة. وبحلول عام 2050، من المتوقع أن يزيد عدد سكان الحضر بحيث يبلغ ما يتراوح من 5.6 إلى 7.1 مليارات، أي ما يمثل نسبة تتراوح من 64 إلى 69 من مجموع سكان العالم. والمدن الموجودة في البلدان غير المدرجة في المرفق الأول تكون لديها بوجه عام مستويات أعلى لاستخدام الطاقة مقارنة بالمتوسط الوطني، بينما يكون نصيب الفرد من استخدام الطاقة في البلدان المدرجة في المرفق الأول أقل بوجه عام من المتوسط الوطني (أدلة قوية، توافق متوسط). [12.2، 12.3]

---

25 النطاق الكامل لجميع الدراسات هو: 0.49 إلى 11 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً.

26 في كثير من النماذج المستخدمة لتقييم التكاليف الاقتصادية للتخفيف، كثيراً ما يُستخدم سعر الكربون كبديل يمثل مستوى الجُهد في سياسات التخفيف (انظر مسرد مصطلحات مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس).

27 انظر مسرد مصطلحات مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس.

ويتيح العقدان القادمان فرصة للتخفيف في المناطق الحضرية، لأن نسبة كبيرة من مناطق العالم الحضرية ستصبح متقدمة النمو في أثناء هذه الفترة (أدلة محدودة، توافق مرتفع). ووفقاً لاتجاهات تدني كثافة السكان، واستمرار النمو الاقتصادي والسكاني، من المسقط أن يزيد غطاء الأراضي في المناطق الحضرية بنسبة تتراوح من 56 إلى 310 في المائة خلال الفترة ما بين عامي 2000 و 2030. [12.2، 12.3، 12.4، 12.8]

وتتباين خيارات التخفيف في المناطق الحضرية حسب مسارات التحضر ومن المتوقع أن تبلغ أكثر درجات فعاليتها عند تجميع أدوات السياسات (أدلة قوية، توافق مرتفع). ويوجد ارتباط شديد بين الهياكل الأساسية والشكل الحضري، وهذا الارتباط يؤدي إلى تقييد أنماط استخدام الأراضي، وخيارات وسائل النقل، والسلوك. وتنطوي استراتيجيات التخفيف الفعالة على مجموعات من السياسات التي تعزز كل منها الأخرى، ومن بينها جعل الأماكن التي توجد فيها كثافة سكنية عالية هي أيضاً الأماكن التي توجد فيها كثافة عمالة عالية، وتحقيق درجة تنوع وتكامل عالية في استخدامات الأراضي، وزيادة سُبل الوصول والاستثمار في وسائل النقل العام، وغير ذلك من التدابير المتعلقة بإدارة الطلب [8.4، 12.3، 12.4، 12.5، 13.6]

وأكثر فرص التخفيف في ما يتعلق بالمستوطنات البشرية موجودة في المناطق الآخذة في التحضر بسرعة حيث لا يوجد انحباس للشكل الحضري وللهياكل الأساسية، ولكن حيث كثيراً ما توجد قدرات محدودة من حيث الحوكمة وقدرات فنية ومالية ومؤسسية محدودة (أدلة قوية، توافق مرتفع). ومن المتوقع حدوث معظم النمو الحضري في المدن الصغيرة والمتوسطة الحجم في البلدان النامية. وإمكانية استخدام أدوات التخطيط المكاني للتخفيف من تغيّر المناخ تتوقف بشدة على قدرة أي مدينة من الناحية المالية ومن ناحية الحوكمة. [12.6، 12.7]

وتضطلع آلاف من المدن بتنفيذ خطط عمل مناخية، ولكن آثارها الإجمالية على الانبعاثات الحضرية غير مؤكدة (أدلة قوية، توافق مرتفع). ولكن لم يكن هناك سوى قدر ضئيل من التقييم المنهجي لتنفيذ الخطط ولمدى تحقيقها أهداف خفض الانبعاثات أو مدى خفضها للانبعاثات بالفعل. وتركز خطط العمل المناخية الحالية إلى حد كبير على كفاءة الطاقة. وتتناول خطط عمل مناخية أقل عدداً استراتيجيات التخطيط لاستخدام الأراضي والتدابير المشتركة بين القطاعات للحد من الامتداد العمراني وتعزيز التنمية الموجهة نحو زيادة استخدام وسائل النقل العام.[28] [12.6، 12.7، 12.9]

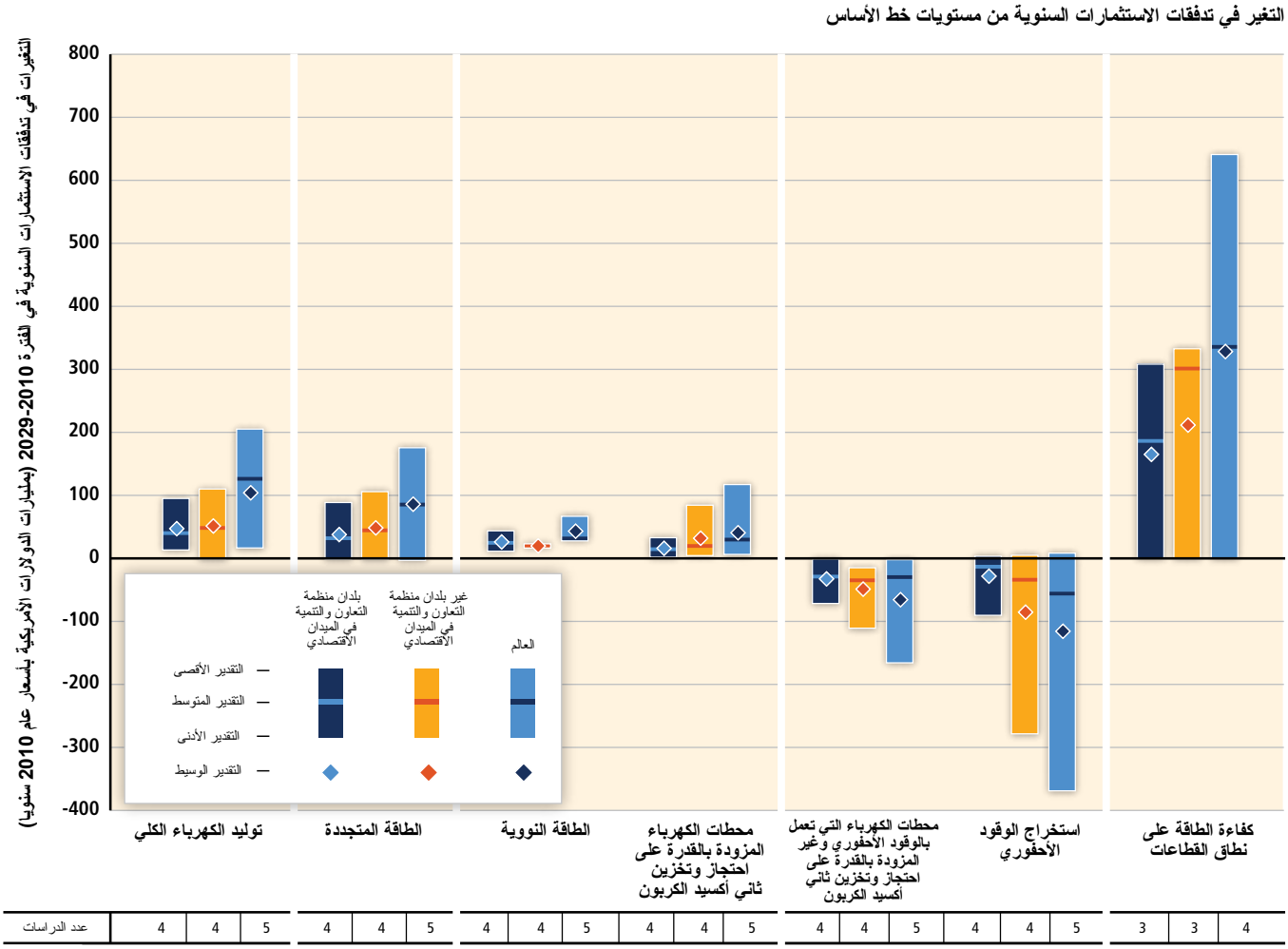
ويمكن للنجاح في تنفيذ استراتيجيات للتخفيف من تغيّر المناخ على نطاق حضري أن يوفر فوائد مصاحبة (أدلة قوية، توافق مرتفع). فما زالت المناطق الحضرية في مختلف أنحاء العالم تجاهد في مواجهة تحديات من بينها ضمان الحصول على الطاقة، والحد من تلوث الهواء والماء، والحفاظ على فرص العمالة وعلى القدرة التنافسية. وكثيراً ما يتوقف اتخاذ إجراءات بشأن التخفيف على النطاق الحضري على القدرة على ربط جهود التخفيف من تغير المناخ بالفوائد المصاحبة المحلية (أدلة قوية، توافق مرتفع). [12.5، 12.6، 12.7، 12.8]

SPM.5 سياسات ومؤسسات التخفيف

SPM.5.1 السياسات القطاعية والوطنية

إن إحداث تخفيضات كبيرة في الانبعاثات أمر من شأنه أن يقتضي تغيرات كبيرة في أنماط الاستثمار. فسيناريوهات التخفيف التي تحقق فيها السياسات ثبات التركيزات في الغلاف الجوي (بدون تجاوز) في حدود ما يتراوح من 430 إلى 530 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100 تفضي إلى تحولات كبيرة في تدفقات الاستثمارات السنوية أثناء الفترة 2010-2029 مقارنة بسيناريوهات خط الأساس (الشكل SPM.9). ففي خلال العقدين القادمين (2010 إلى 2029)، من المسقط انخفاض الاستثمارات السنوية في تكنولوجيا الوقود الأحفوري التقليدية المرتبطة بقطاع الإمداد بالكهرباء بنحو 30 مليار دولار أمريكي (ما يتراوح من مليارين إلى 166 مليار دولار أمريكي) (النسبة الوسيطة: 20 في المائة مقارنة بعام 2010) بينما من المسقط أن تزيد الاستثمارات السنوية في الإمداد بالكهرباء المنخفضة الكربون (أي توليد الطاقة المتجددة والنووية والكهربائية مع احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون) بنحو 147 مليار دولار أمريكي (ما يتراوح من 31 إلى 360 مليار دولار أمريكي) (النسبة الوسيطة: 100+ في المائة مقارنة بعام 2010) (أدلة محدودة، توافق متوسط). ولأغراض المقارنة، تبلغ حالياً الاستثمارات السنوية الكلية العالمية في نظام الطاقة 1,200 مليار

[28] انظر مسرد مصطلحات مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس.



الشكل SPM.9 | التغير في تدفقات الاستثمارات السنوية من متوسط مستوى خط الأساس خلال العقدين القادمين (2010-2029) في ما يتعلق بسيناريوهات التخفيف التي تحقق ثبات التركيزات في حدود ما يتراوح تقريباً من 430 إلى 530 جزءاً من المليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2100. وتستند التغييرات في الاستثمارات إلى عدد محدود من دراسات النماذج ومقارنات النماذج. وتوليد الكهرباء الكلي (العمود الموجود على أقصى اليسار) هو مجموع محطات الطاقة المتجددة والنووية ومحطات الطاقة المزودة بالقدرة على احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون ومحطات الطاقة التي تستخدم الوقود الأحفوري وغير المزودة بالقدرة على احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون. وتشير الأعمدة الرأسية إلى النطاق الذي يتراوح من التقدير الأدنى والتقدير الأقصى؛ ويشير العمود الأفقي إلى التقدير الوسيط. ولا يعني القرب من هذه القيمة الوسيطة ارتفاع الأرجحية وذلك بسبب اختلاف درجة تجميع نتائج النماذج، وقلة عدد الدراسات المتاحة، واختلاف الافتراضات في الدراسات المختلفة التي بُحثت. وتبيّن الأرقام الواردة في الصف السفلي العدد الكلي للدراسات في المؤلفات التي استُخدمت لأغراض التقييم. وهذا يُبرز أن الاحتياجات إلى الاستثمارات ما زالت مجالاً من مجالات البحوث آخذاً في التطور لم تتناوله إلا قلة نسبياً من الدراسات. [الشك 16.3].

دولار أمريكي. وإضافة إلى ذلك، من المسقط أن تزيد الاستثمارات التراكمية السنوية في كفاءة الطاقة في قطاعات النقل والمباني والصناعة بنحو 336 مليار دولار أمريكي (ما يتراوح من 1 إلى 641 مليار دولار أمريكي) (أدلة محدودة، توافق متوسط)، مما ينطوي في أغلب الأحيان على تحديث المعدات الموجودة حالياً [13.11، 16.2.2]

ولا يوجد تعريف متفق عليه على نطاق واسع لما يشكّل تمويلاً مناخياً، ولكن تتوافر تقديرات للتدفقات المالية المرتبطة بالتخفيف من تغير المناخ والتكيف معه. والتقديرات المنشورة لجميع التدفقات المالية السنوية الحالية التي يتمثل التأثير المتوقع منها في خفض صافي انبعاثات غازات الدفيئة و/أو في تعزيز القدرة على الصمود في مواجهة تغير المناخ وتقلبية المناخ تتراوح من 343 إلى 385 مليار دولار أمريكي سنويا على نطاق العالم (ثقة متوسطة) [الإطار TS.14]. ومعظم هذا المبلغ يُستخدم في أغراض التخفيف. ومن هذا المبلغ، يقدّر أن التمويل المناخي الكلي العام الذي تدفق إلى البلدان النامية كان يتراوح من 35 مليار إلى 49 مليار دولار أمريكي سنوياً في عامي 2011 و 2012 (ثقة متوسطة). أما تقديرات التمويل المناخي الخاص الدوري الذي تدفق إلى البلدان النامية فكانت تتراوح من 10 مليارات من الدولارات الأمريكية إلى 72 مليار دولار أمريكي سنوياً، بما في ذلك استثمار أجنبي مباشر كأسهم وقروض في حدود ما يتراوح من 10 مليارات من الدولارات الأمريكية إلى 37 مليار دولار أمريكي سنوياً خلال الفترة 2008-2011 (ثقة متوسطة). [16.2.2].

وقد حدثت زيادة كبيرة في خطط واستراتيجيات التخفيف الوطنية ودون الوطنية منذ تقرير التقييم الرابع. ففي عام 2012 كانت نسبة قدرها 67 في المائة من انبعاثات الدفيئة على نطاق العالم تخضع لتشريعات أو استراتيجيات وطنية وذلك مقابل نسبة قدرها 45 في المائة في عام 2007. ولكن لم يحدث حتى الآن أي انحراف كبير في الانبعاثات العالمية عن الاتجاه السابق [الشكل 1.3]. وهذه الخطط والاستراتيجيات ما زالت في مراحل مبكرة من مراحل استحداثها وتنفيذها في كثير من البلدان، مما يجعل من الصعب تقييم أثرها الإجمالي على الانبعاثات العالمية في المستقبل (أدلة متوسطة، توافق مرتفع). [14.3.4، 14.3.5، 15.1، 15.2]

وقد زاد التركيز منذ تقرير التقييم الرابع على السياسات الرامية إلى إدماج أهداف متعددة، وزيادة الفوائد المصاحبة، والحد من الآثار الجانبية السلبية. (ثقة عالية). وكثيراً ما تشير الحكومات صراحة إلى الفوائد المصاحبة في الخطط والاستراتيجيات المناخية والقطاعية. وقد سعت المؤلفات العلمية إلى تقييم حجم الفوائد المصاحبة (انظر القسم SPM.4.1) وتقييم ما تتسم به السياسات التي تحقق فوائد مصاحبة كبيرة وتخلّف آثاراً جانبية ضئيلة من صلاحية سياسية أكبر للتنفيذ ومن قابلية للاستدامة [4.8، 5.7، 6.6، 13.2، 15.2]. ورغم تزايد الاهتمام في عملية صنع السياسات وفي المؤلفات العلمية منذ تقرير التقييم الرابع، فإن الأسس التحليلية والعملية لفهم الكثير من التأثيرات التفاعلية لم تتطور بدرجة كافية [1.2، 3.6.3، 4.2، 4.8، 5.7، 6.6]

وقد استُخدمت السياسات القطاعية على نطاق أوسع من استخدام سياسات الاقتصاد الكلي (أدلة متوسطة، توافق مرتفع). ومع أن معظم النظريات الاقتصادية تشير إلى أن السياسات التي تنفذ على صعيد الاقتصاد بأكمله من أجل الهدف المنفرد المتمثل في التخفيف من شأنها أن تكون أكثر فعالية من حيث التكاليف مقارنة بالسياسات القطاعية، دلل عدد متزايد من الدراسات منذ تقرير التقييم الرابع على أن العقبات الإدارية والسياسية قد تجعل السياسات التي تنفذ على صعيد الاقتصاد بأكمله أصعب من حيث التصميم والتنفيذ مقارنة بالسياسات القطاعية. وقد تكون السياسات القطاعية أنسب للتصدي للعقبات أو لحالات فشل الأسواق التي تقتصر على قطاعات معينة، وقد يتسنى تجميعها في مجموعات من السياسات التكاملية. [6.3.6.5، 8.10، 9.10، 10.10، 15.2، 15.5، 15.8، 15.9]

وتُستخدم النُهج التنظيمية وتدابير الإعلام على نطاق واسع، وكثيراً ما تكون فعالة من الناحية البيئية (أدلة متوسطة، توافق متوسط). ومن بين أمثلة النُهج التنظيمية وضع معايير لكفاءة الطاقة؛ وتشمل أمثلة برامج الإعلام برامج الوسم التي يمكن أن تساعد المشتركين على اتخاذ قرارات مستنيرة بدرجة أفضل. ومع أن هذه النُهج كثيراً ما تبيَّن أن لها فائدة اجتماعية صافية، فإن المؤلفات العلمية منقسمة بشأن مدى إمكانية تنفيذ هذه السياسات بتكاليف خاصة سلبية بالنسبة للشركات وللأفراد. [الإطار 3.10، 15.5.5، 15.5.6] وثمة توافق عام بشأن وجود تأثيرات مرتدة، يمكن بها أن تفضي زيادة الكفاءة إلى خفض أسعار الطاقة وزيادة الاستهلاك، ولكن يوجد توافق منخفض في المؤلفات بشأن حجم ذلك [3.9.5، 5.7.2، 14.4.2، 15.5.4]

ومنذ تقرير التقييم الرابع، أنشئت نظم لوضع حد أعلى وللتجارة بشأن غازات الدفيئة في عدد من البلدان والمناطق. وكان تأثيرها البيئي في الأجل القصير محدوداً نتيجة لفرض حدود عليا فضفاضة أو حدود عليا لم يثبت أنها مقيِّدة (أدلة محدودة، توافق متوسط). وكان هذا يرتبط بعوامل من قبيل الأزمة المالية والاقتصادية التي قللت من الطلب على الطاقة، ووجود مصادر طاقة جديدة، والتفاعلات مع السياسات الأخرى، وأوجه عدم اليقين التنظيمية. ومن حيث المبدأ، يمكن أن يحقق وجود نظام يفرض حدوداً عليا ونظام للتجارة تخفيفاً بطريقة فعالة التكاليف؛ ولكن تنفيذه يتوقف على الظروف الوطنية. ومع أن البرامج الأسبق اعتمدت حصرياً تقريباً على حرية توزيع التراخيص، يتزايد استخدام طرح التراخيص في مزاد. وفي حالة طرح المخصصات في مزاد، يمكن استخدام الإيرادات للقيام بالاستثمارات الأخرى ذات العائد الاجتماعي المرتفع، و/أو الحد من العبء الضريبي وعبء الديون. [14.4.2، 15.5.3]

وفي بعض البلدان، ساعدت السياسات القائمة على الضرائب والتي تهدف تحديداً إلى خفض انبعاثات غازات الدفيئة - إلى جانب التكنولوجيا والسياسات الأخرى - على إضعاف الارتباط بين انبعاثات غازات الدفيئة والناتج المحلي الإجمالي (ثقة عالية). وفي مجموعة كبيرة من البلدان لضرائب الوقود (مع أنها لا تُصمَّم بالضرورة لغرض التخفيف) تأثيرات مشابهة لتأثيرات ضرائب الكربون القطاعية [الجدول 15.2]. وانخفاض الطلب على وقود النقل المرتبط بحدوث زيادة في السعر قدرها 1 في المائة يتراوح من 0.6 في المائة إلى 0.8 في المائة في الأجل الطويل، وإن كانت الاستجابة في الأجل القصير أقل كثيراً [15.5.2]. وفي بعض البلدان، تُستخدم الإيرادات لخفض ضرائب أخرى و/أو لتوفير تحويلات إلى الفئات المنخفضة الدخل. وهذا يصوّر المبدأ العام الذي مفاده أن سياسات التخفيف التي ترفع الإيرادات الحكومية تكون تكاليفها الاجتماعية أقل عموماً من النُهج التي لا تحقق ذلك. ومع أنه كان يُفترض سابقاً أن ضرائب الوقود تراجعية، كان هناك عدد من الدراسات الأخرى منذ تقرير التقييم الرابع أظهر أن تلك الضرائب تصاعدية، لا سيما في البلدان النامية (أدلة متوسطة، توافق متوسط). [3.6.3، 14.4.2، 15.5.2]

وخفض الإعانات المقدمة للأنشطة ذات الصلة بغازات الدفيئة في قطاعات شتى يمكن أن يحقق تخفيضات في الانبعاثات، تبعاً للسياق الاجتماعي والاقتصادي (ثقة عالية). ومع أن الإعانات يمكن أن تؤثر على الانبعاثات في قطاعات كثيرة، ركّزت معظم المؤلفات التي صدرت مؤخراً على الإعانات للوقود الأحفوري. ومنذ تقرير التقييم الرابع كان هناك عدد ضئيل ولكن متزايد من المؤلفات المستندة إلى نماذج على نطاق الاقتصاد التي توقعت أن الإزالة الكاملة لإعانات الوقود الأحفوري في جميع البلدان يمكن أن تسفر عن تخفيضات في الانبعاثات الإجمالية العالمية بحلول منتصف القرن (أدلة متوسطة، توافق متوسط). [7.12، 13.13، 14.3.2، 15.5.2]. وتتباين الدراسات من حيث المنهجية، ونوع الإعانات وتعريفها، والإطار الزمني للإزالة التدريجية المبحوثة. وعلى وجه الخصوص، تقيِّم الدراسات آثار الإزالة الكاملة لجميع إعانات الوقود الأحفوري بدون السعي إلى تقييم نوع الإعانات التي تمثل هدراً وتتسم بعدم الكفاءة، مع مراعاة الظروف الوطنية. ومع أن العقبات السياسية بشأن الاقتصاد كبيرة، فقد أصلحت بعض البلدان نظمها الضريبية والخاصة بالميزانية للحد من إعانات الوقود. وللمساعدة على الحد من الآثار السلبية المحتملة على الفئات المنخفضة الدخل التي كثيراً ما تنفق نسبة كبيرة من دخلها على خدمات الطاقة، استخدمت حكومات كثيرة تحويلات نقدية لمبالغ تُدفع لمرة واحدة أو استخدمت آليات أخرى موجهة إلى الفقراء. [15.5.2]

ويمكن أن تكون التفاعلات بين سياسات التخفيف أو في ما بينها تآزرية أو يكون لها تأثير إضافي على خفض الانبعاثات (أدلة متوسطة، توافق مرتفع). فعلى سبيل المثال، يمكن أن يكون لضريبة كربونية تأثير بيئي مضاف للسياسات، من قبيل تقديم إعانات للإمداد بالطاقة المتجددة. وعلى العكس من ذلك، إذا كان لنظام فرض حدود عليا ونظام تجاري حد أعلى ملزم (يكون صارماً بدرجة تكفي للتأثير على القرارات المتعلقة بالانبعاثات)، فإن السياسات الأخرى من قبيل تقديم إعانات للطاقة المتجددة لا يكون لها تأثير إضافي على خفض الانبعاثات في غضون الفترة الزمنية التي ينطبق عليها الحد الأعلى (وإن كانت قد تؤثر على التكاليف وربما تؤثر على صلاحية أهداف مستقبلية أكثر صرامة) (أدلة متوسطة، توافق مرتفع). وفي أي من الحالتين، قد تلزم سياسات إضافية للتعامل مع حالات فشل الأسواق المتعلقة بالابتكار ونشر التكنولوجيا. [15.7]

وترفع بعض سياسات التخفيف أسعار بعض خدمات الطاقة ويمكن أن تعوق قدرة المجتمعات على زيادة إمكانية حصول السكان المحرومين من الخدمات الكافية على خدمات الطاقة الحديثة (ثقة منخفضة). **ومن الممكن تجنّب هذه الآثار الجانبية السلبية المحتملة باعتماد سياسات تكاملية** (ثقة متوسطة). وعلى وجه الخصوص، نجد أن 1.3 مليار شخص على نطاق العالم لا يحصلون على الكهرباء وأن نحو 3 مليارات يعتمدون على الوقود الصلب التقليدي لأغراض الطهي والتدفئة مع ما يترتب على ذلك من آثار سلبية شديدة على الصحة والنظم الإيكولوجية والتنمية. وتوفير إمكانية الحصول على خدمات الطاقة الحديثة هو هدف هام من أهداف التنمية المستدامة. ومن المسقط أن تكاليف تحقيق حصول الجميع تقريبا على الكهرباء والوقود النظيف لأغراض الطهي والتدفئة تتراوح من 72 إلى 95 مليار دولار أمريكي سنوياً حتى عام 2030 مع وجود تأثيرات قليلة لها على انبعاثات غازات الدفيئة (أدلة محدودة، توافق متوسط). والتحول عن استخدام الكتلة الأحيائية التقليدية[29] وحرق الوقود الصلب بطريقة أكثر كفاءة يقللان من انبعاثات ملوثات الهواء، من قبيل ثاني أكسيد الكبريت، (SO_2)، وأكاسيد النيتروجين (NO_x)، وأحادي أكسيد الكربون (CO)، والكربون الأسود (BC)، ومن ثم فإنهما يحققان فوائد صحية كبيرة (ثقة عالية). [4.3، 6.6، 7.9، 9.3، 9.7، 11.13.6، 16.8]

وتكمِّل السياسة المتعلقة بالتكنولوجيا سياسات التخفيف الأخرى (ثقة عالية). وتشمل السياسة المتعلقة بالتكنولوجيا دفع التكنولوجيا (مثلاً، أعمال البحث والتطوير الممولة تمويلاً عاماً) وجذب الطلب (مثلاً، برامج الشراء الحكومية). وهذه السياسات تتعامل مع حالات فشل الأسواق المتعلقة بالابتكار ونشر التكنولوجيا [3.11، 15.6]. وقد عززت سياسات دعم التكنولوجيا قدراً كبيراً من الابتكار ونشر تكنولوجيات جديدة، ولكن فعالية تكاليف هذه السياسات كثيراً ما يكون من الصعب تقييمها [2.6.5، 7.12، 9.10]. ومع ذلك، يمكن أن توفر بيانات تقييم البرامج أدلة من التجربة العملية بشأن الفعالية النسبية للسياسات المختلفة ويمكن أن تساعد في تصميم السياسات [15.6.5].

وفي كثير من البلدان، يؤدي القطاع الخاص أدواراً مركزية في العمليات التي تفضي إلى الانبعاثات وكذلك إلى التخفيف. وفي البيئات التمكينية المناسبة، يمكن للقطاع الخاص، إلى جانب القطاع العام، أن يؤدي دوراً هاماً في تمويل التخفيف (أدلة متوسطة، توافق مرتفع). وتقدّر حصة التمويل الكلي للتخفيف من القطاع الخاص، مع الإقرار بالقيود المتعلقة بالبيانات، بأنها تبلغ في المتوسط ما يتراوح من ثلثين إلى ثلاثة أرباع على الصعيد العالمي (2010-2012) (أدلة محدودة، توافق متوسط). وفي كثير من البلدان، يشجع التمويل العام من جانب الحكومات ومصارف التنمية الوطنية والدولية استثمارات القطاع الخاص المناخية [16.2.1] ويوفر تمويلاً حيثما كانت استثمارات القطاع الخاص محدودة. ونوعية البيئة التمكينية لأي بلد تشمل فعالية مؤسساته وأنظمته ومبادئه التوجيهية المتعلقة بالقطاع

[29] انظر مسرد مصطلحات مساهمة الفريق العامل الثالث في تقرير التقييم الخامس.

الخاص، وأمن حقوق الملكية، ومصداقية السياسات، والعوامل الأخرى التي تؤثر تأثيراً كبيراً على استثمار أو عدم استثمار الشركات الخاصة في تكنولوجيات وهياكل أساسية جديدة [16.3]. فأدوات السياسات المخصصة، مثلاً التمويل الائتماني واتفاقات شراء الكهرباء والتعريفات التفضيلية والتمويل بشروط ميسرة أو التخفيضات، توفر حوافز للاستثمار بخفضها المخاطر بالنسبة للعناصر الفاعلة في القطاع الخاص [16.4].

SPM.5.2 التعاون الدولي

إن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) هي المحفل الرئيسي المتعدد الأطراف الذي ينصب تركيزه على التعامل مع تغير المناخ، والذي توجد فيه مشاركة عالمية تقريباً. وقد أسفرت مؤسسات أخرى منظمة على مستويات مختلفة من الحوكمة عن تنويع التعاون الدولي بشأن تغيّر المناخ. [13.3.1، 13.4.1.4، 13.5]

وتتباين اتفاقات التعاون الدولي القائمة والمقترحة بشأن تغيّر المناخ من حيث تركيزها ودرجة مركزيتها وتنسيقها. وهي تشمل: الاتفاقات المتعددة الأطراف، والسياسات الوطنية المنسقة، والسياسات الوطنية اللامركزية ولكن المنسقة، فضلاً عن السياسات الإقليمية والسياسات المنسقة إقليميا. [الشكل 14.4، 13.13.2، 13.4.1، TS.38]

ويقدم بروتوكول كيوتو دروساً لتحقيق الهدف النهائي لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، لا سيما في ما يتعلق بآليات المشاركة والتنفيذ والمرونة، والفعالية البيئية (أدلة متوسطة، توافق منخفض). [5.3.3، 13.3.4، 13.7.2، 13.13.1.1، 13.13.1.2، 14.3.7.1، الجدول TS.9]

وقد أدت أنشطة اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ منذ عام 2007 إلى تزايد عدد المؤسسات والترتيبات الأخرى المتعلقة بالتعاون الدولي بشأن تغير المناخ. [13.5.1.1، 13.13.1.3، 16.2.1]

وتوفر إقامة صلات على صعيد السياسات في ما بين السياسات المناخية الإقليمية والوطنية ودون الوطنية فوائد محتملة للتخفيف من تغير المناخ والتكيف معه (أدلة متوسطة، توافق متوسط). ومن الممكن إقامة صلات بين السياسات الوطنية، والصكوك المختلفة، ومن خلال التعاون الإقليمي. [13.3.1، 13.5.3، 13.6، 13.7، 13.13.2.3، 14.4، الشكل 13.4]

وثمة مبادرات إقليمية شتى بين النطاقين الوطني والعالمي إما يجري استحداثها أو يجري تنفيذها، ولكن أثرها على التخفيف العالمي كان محدوداً حتى الآن (ثقة متوسطة). ومن الممكن أن تصبح سياسات مناخية كثيرة أكثر فعالية إذا نُفذت على نطاق مناطق جغرافية. [13.13، 13.6، 14.4، 14.5]