

ipcc

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

تغير المناخ 2013

الأساس العلمي الفيزيائي

ملخص لصانعي السياسات

الفريق
العامل
الأول

مساهمة الفريق العامل الأول في

تقرير التقييم الخامس

للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ



تغير المناخ 2013 الأساس العلمي الفيزيائي

مساهمة الفريق العامل الأول في
تقرير التقييم الخامس
للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
ملخص لصانعي السياسات

المحررون

Dahe Qin

الرئيس المشارك للفريق العامل الأول
هيئة الأرصاد الجوية الصينية

Thomas F. Stocker

الرئيس المشارك للفريق العامل الأول
جامعة برن

Judith Boschung

المساعدة الإدارية

Simon K. Allen

كبير موظفي الشؤون العلمية

Melinda M.B. Tignor

مديرة العمليات

Gian-Kasper Plattner

مدير الشؤون العلمية

Pauline M. Midgley

الرئيسة

Vincent Bex

موظف شؤون تكنولوجيا
المعلومات

Yu Xia

موظفة الشؤون العلمية

Alexander Nauels

مساعد الشؤون العلمية

وحدة الدعم الفني للفريق العامل الأول

صورة الغلاف : نهر Folgefonna الجليدي الموجود على الهضاب المرتفعة في Sørkjorden، النرويج (60°03' شمالاً - 20°6' شرقاً)

© Yann Arthus-Bertrand / Altitude

طبعت هذا الملخص لصانعي السياسات في تشرين الأول /أكتوبر 2013 الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، سويسرا. وتتاح نُسخ إلكترونية من هذا الملخص لصانعي السياسات على الموقع الشبكي للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) www.ipcc.ch والموقع الشبكي لتقرير التقييم الخامس للفريق العامل الأول التابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC WGI AR5) www.climatechange2013.org.

© 2013 الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

ملخص لصانعي السياسات

ملخص لصانعي السياسات

ملخص لصانعي السياسات

المؤلفون الرئيسيون:

Nathaniel L. Bindoff، (سويسرا/نيوزيلندا)، Simon K. Allen، (أستراليا)، Lisa V. Alexander (أستراليا)، Ulrich Cubasch، (أستراليا)، John A. Church، (فرنسا)، François-Marie Bréon، (أستراليا)، (ألمانيا)، Seita Emori، (اليابان)، Piers Forster، (المملكة المتحدة)، Pierre Friedlingstein، (المملكة المتحدة/بلجيكا)، Nathan Gillett، (كندا)، Jonathan M. Gregory، (المملكة المتحدة)، Dennis L. Hartmann، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Eystein Jansen، (النرويج)، Ben Kirtman، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Reto Knutti، (سويسرا)، Krishna Kumar Kanikicharla، (الهند)، Peter Lemke، (ألمانيا)، Jochem Marotzke، (ألمانيا)، Valérie Masson-Delmotte، (فرنسا)، Gerald A. Meehl، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Igor I. Mokhov، (الاتحاد الروسي)، Shilong Piao، (الصين)، Gian-Kasper Plattner، (سويسرا)، Qin Dahe، (الصين)، Venkatachalam Ramaswamy، (الولايات المتحدة الأمريكية)، David Randall، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Christopher Sabine، (شيلي)، Maisa Rojas، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Thomas F. Stocker، (سويسرا)، Lynne D. Talley، (الولايات المتحدة الأمريكية)، David G. Vaughan، (المملكة المتحدة)، Shang-Ping Xie، (الولايات المتحدة الأمريكية)

المؤلفون المساهمون:

Myles R. Allen، (المملكة المتحدة)، Olivier Boucher، (فرنسا)، Don Chambers، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Jens Hesselbjerg Christensen، (الدانمرك)، Philippe Ciais، (فرنسا)، Peter U. Clark، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Matthew Collins، (المملكة المتحدة)، Josefino C. Comiso، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Viviane Vasconcellos de Menezes، (أستراليا/البرازيل)، Richard A. Feely، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Thierry Fichet، (بلجيكا)، Arlene M. Fiore، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Gregory Flato، (كندا)، Jan Fuglestedt، (النرويج)، Gabriele Hegerl، (المملكة المتحدة/ألمانيا)، Paul J. Hezel، (بلجيكا/الولايات المتحدة الأمريكية)، Gregory C. Johnson، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Georg Kaser، (النمسا/إيطاليا)، Vladimir Kattsov، (الاتحاد الروسي)، John Kennedy، (المملكة المتحدة)، Albert M. G. Klein Tank، (هولندا)، Corinne Le Quéré، (المملكة المتحدة)، Gunnar Myhre، (النرويج)، Timothy Osborn، (المملكة المتحدة)، Antony J. Payne، (المملكة المتحدة)، Judith Perlwitz، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Scott Power، (أستراليا)، Michael Prather، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Stephen R. Rintoul، (أستراليا)، Joeri Rogelj، (سويسرا/بلجيكا)، Matilde Rusticucci، (الأرجنتين)، Rowan Sutton، (المملكة المتحدة)، Peter A. Stott، (سويسرا)، Jan Sedláček، (ألمانيا)، Michael Schulz، (المملكة المتحدة)، Peter W. Thorne، (الولايات المتحدة الأمريكية)، Donald Wuebbles، (الولايات المتحدة الأمريكية)

عند الاقتباس من هذا الملخص لصانعي السياسات، ينبغي الإشارة إليه على النحو التالي:

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPPC)، 2013: ملخص لصانعي السياسات. في: تغير المناخ 2013: الأساس العلمي الفيزيائي، مساهمة الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، [Stocker, T. F., D. Qin, G. -K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)] مطبوعة جامعة كيمبريدج، كيمبريدج، المملكة المتحدة، ونيويورك، نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية.

ألف - المقدمة

تبحث مساهمة الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الخامس (AR5) للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ الأدلة الجديدة على تغير المناخ المستندة إلى تحليلات علمية مستقلة كثيرة مستمدة من رصدات النظام المناخي، ومحفوظات التاريخ القديم، والدراسات النظرية للعمليات المناخية، وعمليات المحاكاة باستخدام النماذج المناخية. وهي تستند إلى مساهمة الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الرابع (AR4) للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، وتضم الاستنتاجات الجديدة اللاحقة التي توصلت إليها البحوث. والتقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بشأن إدارة مخاطر ظواهر الطقس المتطرفة والكوارث لتعزيز التكيف مع تغير المناخ (SREX) يمثل أساساً هاماً للمعلومات عن تغير الطقس والحالات المناخية المتطرفة، باعتباره مكوناً من مكونات دورة التقييم الخامس.

ويتبع هذا الملخص لصانعي السياسات (SPM) هيكل تقرير الفريق العامل الأول. والسرد الوارد فيه تدعمه سلسلة من الاستنتاجات المبرزة الشاملة التي توفر، إذا ما أخذت معاً، ملخصاً مختصراً. وتبدأ أقسام الملخص الرئيسية بفقرة موجزة مكتوبة بالأحرف المائلة تبين الأساس المنهجي للتقييم.

وتستند درجة اليقين في الاستنتاجات الرئيسية الواردة في هذا التقييم إلى تقييمات أفرقة المؤلفين للفهم العلمي الأساسي ويعبر عنها كمستوى نوعي من الثقة (يبدأ من منخفضة جداً إلى عالية جداً) ومن الاحتمالية، متى أمكن، بواسطة أرجحية محددة كميًا (تبدأ من غير مرجحة بدرجة استثنائية إلى مؤكدة تقريباً). ويستند مدى الثقة في صحة أي استنتاج إلى نوع الدليل (مثلاً، بيانات، فهم ميكانيكي، نظرية، نماذج، تقدير خبراء) ومقداره ونوعيته واتساقه وإلى درجة الاتفاق بشأنه¹. أما التقديرات الاحتمالية للمقاييس الكمية لعدم اليقين في استنتاج ما فهي تستند إلى التحليل الإحصائي للرصدات أو لنتائج النماذج، أو لكليهما، وتقدير الخبراء². وتصاغ الاستنتاجات أيضاً، حيثما كان ذلك مناسباً، كتعبيرات عن حقائق بدون استخدام محدّدات عدم اليقين. (انظر الفصل 1 والإطار 1. TS للاطلاع على مزيد من التفاصيل عن اللغة المحددة التي تستخدمها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) للتعبير عن عدم اليقين).

ويمكن الاطلاع على أساس الفقرات الموضوعية الواردة في هذا الملخص لصانعي السياسات في أقسام فصول التقرير الأساسي وفي الملخص الفني. وهذه الإشارات ترد بين أقواس معقوفة.

باء - التغييرات الملحوظة في النظام المناخي

تستند رصدات النظام المناخي إلى القياسات المباشرة والاستشعار عن بُعد من السواتل والمنصات الأخرى. وقد بدأت الرصدات على النطاق العالمي من حقبة استخدام الأدوات في منتصف القرن التاسع عشر لرصد درجة الحرارة والتغيرات الأخرى، بحيث تتوفر مجموعات من الرصدات أكثر شمولا وتنوعاً فيما يتعلق بالفترة الممتدة من عام 1950 فصاعداً. وبعض عمليات إعادة بناء المناخ القديم توسع نطاق السجلات لترجع إلى ما بين مئات وملايين السنين. وهي توفر معاً رؤية شاملة للتقلبية والتغيرات الطويلة الأجل في الغلاف الجوي والمحيطات والغلاف الجليدي وسطح اليابسة.

احترار النظام المناخي واضح لا لبس فيه، وشوهدت منذ خمسينيات القرن الماضي كثرة من التغيرات الملحوظة غير مسبوقة على مدى عقود إلى آلاف السنين. فقد حدث احترار في الغلاف الجوي والمحيطات، وتضاءلت كميات الجليد والثلوج، وارتفع مستوى سطح البحر، وزادت تركيزات غازات الاحتباس الحراري (انظر الأشكال 1، SPM، 2 و SPM، 3 و SPM، 4).

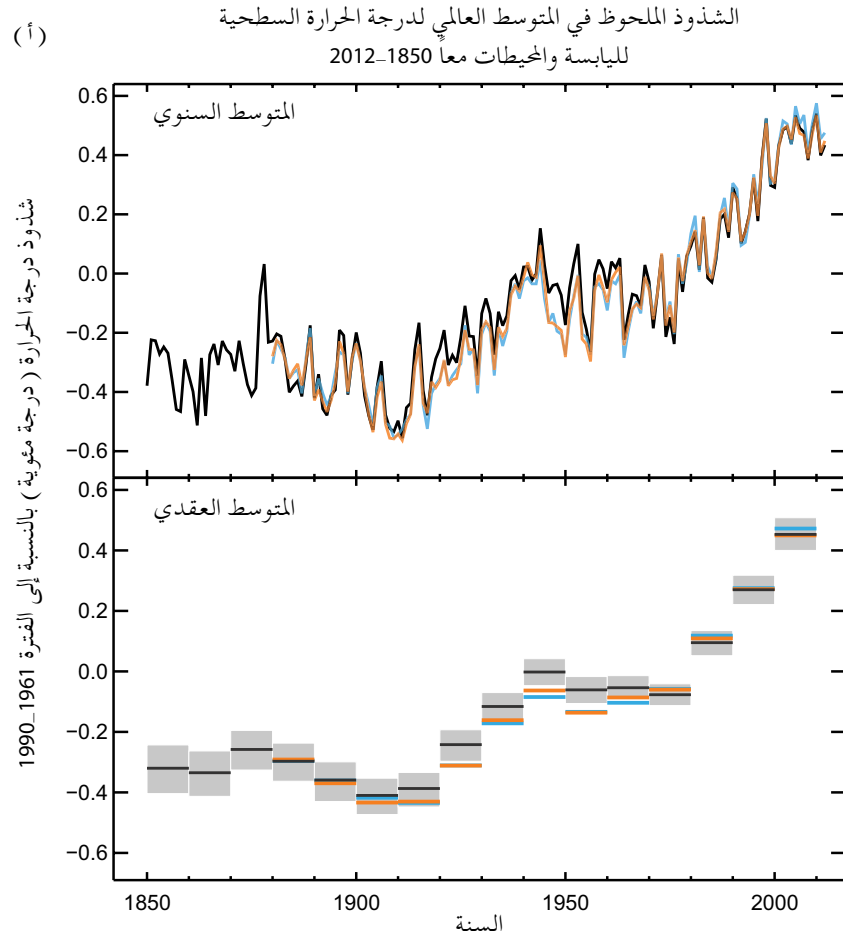
(SPM، 4) ، (SPM، 3) ، (SPM، 2) ، (2.2، 2.4، 3.2، 4.2، 4.7، 5.2، 5.3، 5.5، 5.6، 6.2، 13.2)

1 في هذا الملخص لصانعي السياسات، تُستخدم المصطلحات التالية لوصف الأدلة المتاحة: محدودة، أو متوسطة، أو قوية؛ وفيما يتعلق بدرجة الاتفاق بشأن تلك الأدلة: منخفضة، أو متوسطة، أو مرتفعة. ويعبر عن مستوى الثقة باستخدام خمسة محددات هي: منخفضة جداً، ومنخفضة، ومتوسطة، وعالية، وعالية جداً، وتُستخدم في كتابتها الأحرف المائلة، مثلاً، ثقة متوسطة. ويمكن تخصيص مستويات ثقة مختلفة لدليل ما ولتعبير ما عن الاتفاق بشأنه، ولكن تزايد مستويات الأدلة ودرجات الاتفاق يرتبط بتزايد الثقة (انظر الفصل 1 والإطار 1. TS للاطلاع على مزيد من التفاصيل).

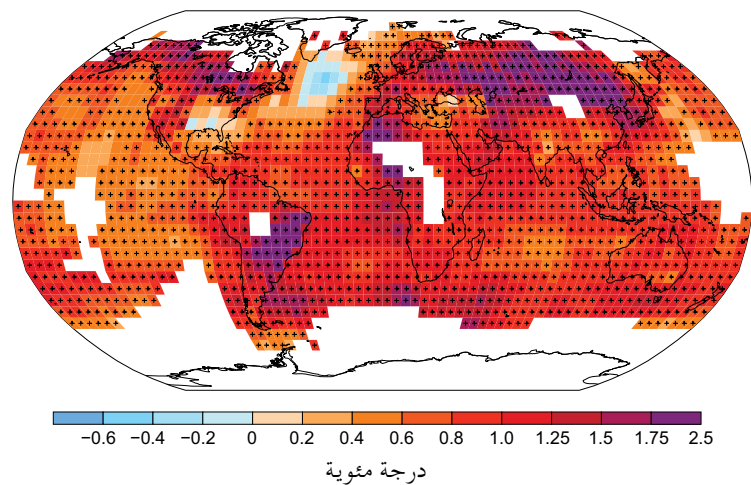
2 استُخدمت المصطلحات التالية في هذا الملخص لصانعي السياسات للإشارة إلى الأرجحية المقدرة لنتيجة أو محصلة ما: احتمال أنها مؤكدة تقريباً: 99-100 في المائة، ومرجحة إلى حد كبير: 90-100 في المائة، ومرجحة: 66-100 في المائة، وتتساوى تقريباً أرجحيتها مع عدم أرجحيتها: 33-66 في المائة، وغير مرجحة: 0-33 في المائة، وغير مرجحة إلى حد كبير: 0-10 في المائة، وغير مرجحة بشكل استثنائي: 0-1 في المائة. ويجوز أيضاً عند الاقتضاء استخدام مصطلحات إضافية (مرجحة إلى حد شديد: 95-100 في المائة، وعلى الأرجح < 50-100 في المائة، وغير مرجحة إلى حد شديد: 0-5 في المائة). وتُستخدم في كتابة الأرجحية المقدرة الأحرف المائلة، مثلاً، مرجحة إلى حد كبير (انظر الفصل 1 والإطار 1. TS للاطلاع على مزيد من التفاصيل).

كان كل عقد من العقود الثلاثة الأخيرة أكثر احتراراً بدرجة متلاحقة عند مستوى سطح البحر من أي عقد سابق منذ عام 1850 (انظر الشكل SPM.1). ففي نصف الكرة الأرضية الشمالي، من المرجح أن الفترة 1983-2012 كانت أدفأ فترة 30 عاماً خلال السنوات الألف والأربعمئة الأخيرة (ثقة متوسطة). (2.4، 5.3)

- يتضح من بيانات المتوسط العالمي لدرجة حرارة اليابسة والمحيطات معاً المحسوبة كاتجاه خطي حدوث احترار بمقدار 0.85 [0.65 إلى 1.06] درجة مئوية³، خلال الفترة من عام 1880 إلى عام 2012، عندما وُجدت مجموعات بيانات أُنتجت على نحو مستقل. والزيادة بين متوسط الفترة 1850-1900 والفترة 2003-2012 يبلغ مجموعها 0.78 [0.72 إلى 0.85] درجة مئوية، استناداً إلى أطول مجموعة بيانات متاحة منفردة⁴ (انظر الشكل SPM.1). (2.4)
 - شهد العالم بأكمله تقريباً احتراراً في سطحه في أطول فترة يُعتبر فيها حساب الاتجاهات الإقليمية كاملاً بدرجة كافية (1901 إلى 2012) (انظر الشكل SPM.1). (2.4)
 - إضافة إلى الاحترار القوي المتعدد العقود، يُظهر المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية تقلبية كبيرة بين العقود وبين السنوات (انظر الشكل SPM.1). ونتيجة للتقلبية الطبيعية، فإن الاتجاهات المستندة إلى السجلات القصيرة تتأثر بشدة بتواريخ البدء والانهاء ولا تعكس بوجه عام الاتجاهات المناخية طويلة الأجل. وكمثال لذلك، فإن معدل الاحترار خلال السنوات الخمس عشرة الماضية (1998-2012؛ 0.05 [-0.05 إلى 0.15] درجة مئوية لكل عقد)، الذي يبدأ بظاهرة نينيو قوية، أقل من المعدل المحسوب منذ عام 1951 (1951-2012؛ 0.12 [0.08 إلى 0.14] درجة مئوية لكل عقد). (2.4)⁵
 - تبين عمليات إعادة بناء درجات الحرارة السطحية على نطاق قاري، بثقة عالية، فترات متعددة العقود أثناء شذوذ المناخ في القرون الوسطى (من سنة 950 إلى سنة 1250) كانت في بعض الأقاليم بنفس درجة الدفء التي كانت عليها في أواخر القرن العشرين. ولكن فترات الدفء الإقليمي هذه لم تحدث عبر الأقاليم بنفس درجة اتساق فترات الدفء في أواخر القرن العشرين (ثقة عالية). (5.5)
 - من المؤكد تقريباً أن التروبوسفير قد شهد احتراراً على نطاق عالمي منذ منتصف القرن العشرين. وتتيح الرصدات الأكثر اكتمالاً ثقة أكبر في تقديرات التغيرات في درجة حرارة التروبوسفير في نصف الكرة الأرضية الشمالي خارج المدارين مقارنة بأي مكان آخر. وتوجد ثقة متوسطة في معدل الاحترار وهيكله العمودي في التروبوسفير الخارج عن المدارين في نصف الكرة الأرضية الشمالي وثقة منخفضة في الأماكن الأخرى. (2.4)
 - الثقة في متوسط التغير في الهطول فوق مناطق اليابسة في العالم منذ عام 1901 منخفضة قبل عام 1951 ومتوسطة في ما بعد ذلك. فقد زاد متوسط الهطول فوق مناطق اليابسة الواقعة على خطوط العرض الوسطى في نصف الكرة الأرضية الشمالي منذ عام 1901 (ثقة متوسطة قبل عام 1951 وثقة عالية بعد ذلك العام). أما فيما يتعلق بمتوسط الاتجاهات الإيجابية أو السلبية الطويلة الأجل على خطوط العرض الأخرى فإنها تتسم بدرجة ثقة منخفضة (انظر الشكل SPM.2، TS TFE.1، الشكل 2؛ 2.5)
 - لوحظت منذ عام 1950 تغيرات في كثير من ظواهر الطقس والمناخ المتطرفة (انظر الجدول SPM.1 للاطلاع على التفاصيل). ومن المرجح إلى حد كبير أن عدد الأيام والليالي الباردة قد انخفض وأن عدد الأيام والليالي الدافئة قد زاد على النطاق العالمي⁶. ومن المرجح أن وتيرة موجات الحرارة قد زادت في أجزاء كبيرة من أوروبا وآسيا وأستراليا. فمن المرجح أن عدد أقاليم اليابسة التي زاد فيها عدد ظواهر الهطول الغزير أكبر من عدد أقاليم اليابسة التي انخفض فيها عدد تلك الظواهر. ومن المرجح أن وتيرة أو كثافة ظواهر الهطول الغزير قد زادت في أمريكا الشمالية وأوروبا. أما في القارات الأخرى، فإن درجة الثقة في التغيرات في ظواهر الهطول الغزير متوسطة في الأغلب. (2.6)
-
- 3 في مساهمة الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الخامس (AR5) يُحدّد عدم اليقين كميّاً باستخدام فواصل عدم اليقين التي تدور حول نسبة 90 في المائة ما لم يُذكر خلاف ذلك. ومن المتوقع فيما يتعلق بفواصل عدم اليقين الذي يدور حول نسبة 90 في المائة، المبيّن بين أقواس مربعة، أن تبلغ درجة أرجحية تغطيته للقيمة المقدرة 90 في المائة. وفواصل عدم اليقين ليست متماثلة بالضرورة بشأن أفضل تقدير مقابل. ويبيّن أفضل تقدير لتلك القيمة حيثما يتوافر.
 - 4 كلتا الطريقتين المعروضتين في هذه الفقرة استُخدما أيضاً في تقرير التقييم الرابع (AR4). وتحسب الطريقة الأولى الاختلاف باستخدام أصلح اتجاه خطي لجميع النقاط بين عام 1880 وعام 2012. أما الطريقة الثانية فهي تحسب الفرق بين متوسطي الفترتين 1850-1900 و2003-2012. ولذا، فإن القيم التي تنتج عن ذلك وفواصل عدم اليقين المتعلقة بها والتي تدور حول نسبة 90 في المائة لا تخضع للمقارنة المباشرة. (2.4)
 - 5 الاتجاهات لفترات الخمس عشرة سنة التي تبدأ في السنوات 1995 و1996 و1997 هي 0.13 [0.02 إلى 0.24] درجة مئوية لكل عقد، و0.14 [0.03 إلى 0.24] درجة مئوية لكل عقد، و0.07 [-0.02 إلى 0.18] درجة مئوية لكل عقد، على التوالي.
 - 6 انظر مسرد المصطلحات للاطلاع على تعريف هذه المصطلحات: الأيام الباردة/الليالي الباردة، الأيام الدافئة/الليالي الدافئة، موجات الحرارة.

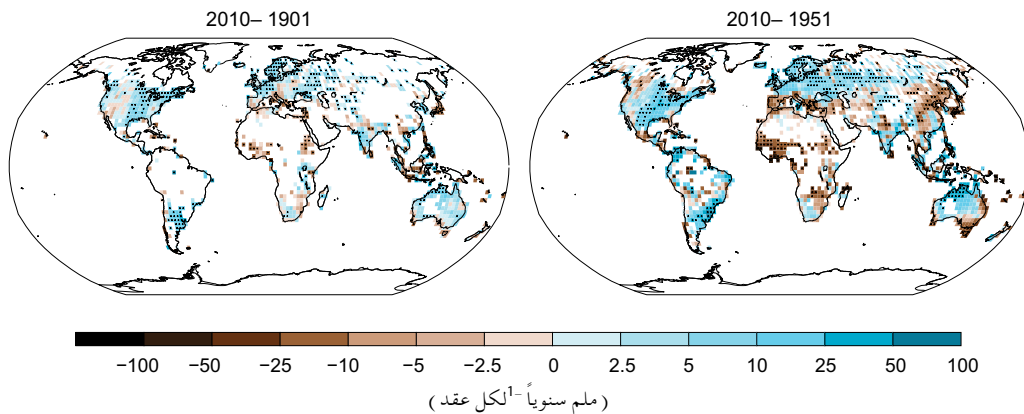


(ب) التغير الملحوظ في درجة الحرارة السطحية في الفترة 1901-2012



الشكل 1 | SP.M1 (أ) أوجه الشذوذ الملحوظة في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية لليابسة والمحيطات معاً، من عام 1850 إلى عام 2012، المستمدة من ثلاث مجموعات بيانات. اللوحة العليا: متوسط القيم السنوية. اللوحة السفلى: متوسط القيم العقدية بما في ذلك تقدير عدم اليقين المتعلق بمجموعة بيانات واحدة (السوداء). وأوجه الشذوذ مبيّنة بالنسبة إلى متوسط الفترة 1901-1990. (ب) خريطة التغير الملحوظ في درجة الحرارة السطحية في الفترة من 1901 إلى 2012 مستمدة من اتجاهات درجة الحرارة التي يحددها النكوص الخطي من مجموعة بيانات واحدة (الخط البرتقالي في اللوحة أ). وقد حسبت الاتجاهات حيثما يسمح توافر البيانات باستخلاص تقدير قوي (أي فيما يتعلق فقط بالمربعات الشبكية التي تتوفر سجلات كاملة عنها بنسبة تتجاوز 70 في المائة وتتوافر بيانات عنها بنسبة تتجاوز 20 في المائة في أول وآخر نسبة قدرها 10 في المائة من الفترة الزمنية). أما المناطق الأخرى فهي بيضاء. وتبين المربعات الشبكية التي يكون فيها الاتجاه هاماً عند مستوى قدره 10 في المائة بعلامة +. وللاطلاع على قائمة مجموعات البيانات وعلى مزيد من التفاصيل الفنية انظر المواد التكميلية للملخص الفني. [الأشكال 19، 20، 21، 22؛ والشكل TS.2]

التغير الملحوظ في هطول الأمطار السنوي على اليابسة



الشكل 2 | خريطة التغير الملحوظ في هطول الأمطار في الفترة 2010-1951 والفترة 2010-1951 (حُسبت الاتجاهات في التراكم السنوي باستخدام نفس المعايير المستخدمة في الشكل 1، SPM) مستمدتان من مجموعة بيانات واحدة، وللاطلاع على مزيد من التفاصيل الفنية انظر المواد التكميلية للملخص الفني. (1) TS TFE، الشكل 2؛ والشكل 2.29

باء-2 المحيطات

يستحوذ احترار المحيطات على الزيادة في الطاقة المخزونة في النظام المناخي، باعتبار أن المحيطات تمتص أكثر من 90 في المائة من الطاقة التي تراكمت خلال الفترة من عام 1971 إلى عام 2010 (ثقة عالية). ومن المؤكد تقريباً احترار أعالي المحيطات (0-700 متر) خلال الفترة من عام 1971 إلى عام 2010 (انظر الشكل 3.3 SPM)، ومن المرجح احترارها خلال الفترة الممتدة من سبعينيات القرن التاسع عشر إلى عام 1971. (3.2، الإطار 3.1)

- على نطاق عالمي يبلغ احترار المحيطات أكبر مدى له على مقربة من السطح، وقد حدث احترار الطبقة العليا للمحيطات البالغة 75 متراً بمقدار 0.11 [0.09 إلى 0.13] درجة مئوية لكل عقد خلال الفترة الممتدة من عام 1971 إلى عام 2010. ومنذ تقرير التقييم الرابع (AR4)، تحددت انحرافات هامة في سجلات درجة حرارة الطبقات العليا من المحيطات وجرى تخفيضها، مما يعزز الثقة في تقييم التغير. (3.2)
- من المرجح أنه قد حدث احترار طبقات المحيطات الواقعة على عمق يتراوح من 700 إلى 2000 متر خلال الفترة من عام 1957 إلى عام 2009. وتتوافر رصدات كافية للفترة الممتدة من عام 1992 إلى عام 2005 للتوصل إلى تقييم عالمي للتغير في درجة حرارة المحيطات على مسافة تحت 2000 متر. ومن المرجح عدم وجود اتجاهات ملحوظة كافية لدرجة الحرارة على عمق يتراوح من 2000 إلى 3000 متر فيما يتعلق بهذه الفترة. ومن المرجح أنه قد حدث احترار في المحيطات على عمق 3000 متر حتى القاع خلال هذه الفترة، مع ملاحظة أكبر نسبة احترار في المحيط الجنوبي. (3.2)
- أكثر من 60 في المائة من صافي زيادة الطاقة في النظام المناخي جرى اختزانه في الطبقات العليا من المحيطات (0-700 متر) أثناء فترة الأربعين عاماً الممتدة من عام 1971 إلى عام 2010 التي أخذت عينات جيدة نسبياً منها، ونحو 30 في المائة جرى اختزانه في طبقات المحيطات الواقعة على عمق يتجاوز 700 متر. ومن المرجح أن الزيادة في المحتوى الحراري للطبقات العليا من المحيطات أثناء هذه الفترة الزمنية، والمقدرة من اتجاه خطي، تبلغ 17 [15 إلى 19] × 10²² J (انظر الشكل 3.3 SPM). (3.2، الإطار 3.1)
- تتساوى تقريباً أرجحية مع عدم أرجحية أن المحتوى الحراري للمحيطات في الطبقات العليا التي تتراوح من 0 إلى 700 متر قد زاد أثناء الفترة 2003-2010 ببطء أكبر من ببطء زيادته أثناء الفترة 1993-2002 (انظر الشكل 3.3 SPM). ومن المرجح أن امتصاص حرارة المحيطات في الطبقات الواقعة على عمق يتراوح من 700 إلى 2000 متر، حيث تكون التقلبية بين السنوات أقل، قد استمر بلا كبح خلال الفترة 1993-2009. (3.2، الإطار 9.2)
- من المرجح إلى حد كبير أن المناطق ذات الملوحة العالية التي يسودها التبخر قد أصبحت أكثر ملوحة، بينما أصبحت مياه المناطق ذات الملوحة الأقل حيث يسود الهطول أكثر عذوبة، منذ خمسينيات القرن العشرين. وتوفر هذه الاتجاهات الإقليمية في ملوحة المحيطات دليلاً غير مباشر على أن التبخر والهطول فوق المحيطات قد تغيرا (ثقة متوسطة). (3.5، 3.3، 2.5)
- لا يوجد دليل من الرصد على وجود اتجاه في الدوران الانقلابي الجنوبي في المحيط الأطلسي (AMOC)، استناداً إلى سجل ذلك الدوران الكامل على مدى عقد وإلى السجلات الأطول للمكونات الفردية لذلك الدوران. (3.6)

7 من شأن استمرار وجود إمداد بالحرارة من خلال سطح المحيطات بمعدل وات واحد في المتر المربع لمدة سنة واحدة أن يؤدي إلى زيادة في المحتوى الحراري للمحيطات بمقدار 1.1 × 10²² جول.

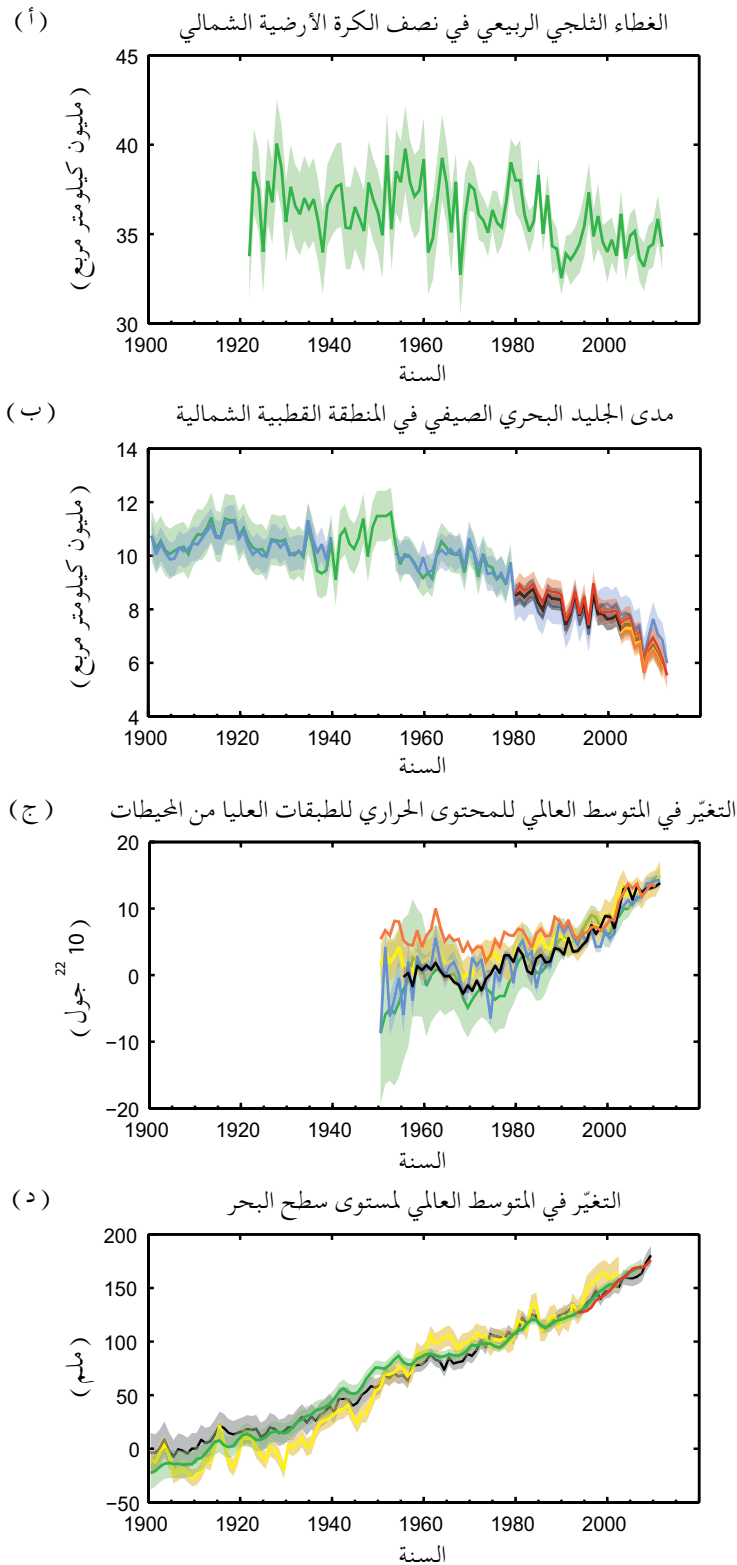
خلال العقدين الأخيرين، فقدت الصفحات الجليدية في غرينلاند والمناطق القطبية الجنوبية كتلاً جليدية، واستمر تقلص حجم الأنهار الجليدية على نطاق العالم تقريباً، واستمر نقصان حجم الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية والغطاء الجليدي الربيعي في نصف الكرة الأرضية الشمالي (ثقة عالية) (انظر الشكل 3 SPM). (4.2-4.7)

- من المرجح إلى حد كبير أن متوسط معدل فقدان⁸ كتل جليدية من الأنهار الجليدية في مختلف أنحاء العالم، باستثناء الأنهار الجليدية الموجودة على الحد الخارجي للصفحات الجليدية⁹ كان يبلغ 226 [91 إلى 361] طناً إجمالياً سنوياً¹⁻ خلال الفترة الممتدة من عام 1971 إلى عام 2009، وكان من المرجح إلى حد كبير أنه كان يبلغ 275 [140 إلى 410] طناً إجمالياً سنوياً¹⁻ خلال الفترة الممتدة من عام 1993 إلى عام 2009¹⁰. {4.3}
- من المرجح إلى حد كبير أن متوسط معدل فقدان الكتل الجليدية من الصفحة الجليدية في غرينلاند قد زاد زيادة كبيرة من 34 [6- إلى 74] طناً إجمالياً سنوياً¹⁻ خلال الفترة 1992-2001 إلى 215 [157 إلى 274] طناً إجمالياً سنوياً¹⁻ خلال الفترة 2002-2011. {4.4}
- من المرجح أن متوسط معدل فقدان كتل جليدية من الصفحة الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية قد زاد من 30 [37- إلى 97] طناً إجمالياً سنوياً¹⁻ خلال الفترة 1992-2001 إلى 147 [72 إلى 221] طناً إجمالياً سنوياً¹⁻ خلال الفترة الممتدة من عام 2002 إلى عام 2011. وتوجد ثقة عالية جداً في أن هذا النقصان قد حدث بصفة رئيسية في الجزء الشمالي من شبه جزيرة المنطقة القطبية الجنوبية وقطاع بحر أموندسن من غرب أنتاركتيكا. {4.4}
- انخفض المتوسط السنوي لمدى الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية خلال الفترة الممتدة من عام 1979 إلى عام 2012 بمعدل من المرجح إلى حد كبير أنه كان في حدود نطاق يتراوح من 3.5 إلى 4.1 في المائة لكل عقد (نطاق يتراوح من 0.45 إلى 0.51 مليون كلم مربع لكل عقد)، وأنه كان من المرجح إلى حد كبير في حدود نطاق يتراوح من 9.4 إلى 13.6 في المائة لكل عقد (نطاق يتراوح من 0.73 إلى 1.07 مليون كلم مربع لكل عقد) فيما يتعلق بالحد الأدنى الصيفي للجليد البحري (الجليد البحري الدائم). وبلغ متوسط الانخفاض في المتوسط العقدي لمدى الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية أقصى سرعة له في الصيف (ثقة عالية)؛ وانخفض حجم حيزه في كل موسم، وكذلك في كل عقد متلاحق منذ عام 1979 (ثقة عالية) (انظر الشكل 3 SPM). وتوجد ثقة متوسطة من عمليات إعادة البناء في أن تراجع الجليد البحري الصيفي في المنطقة القطبية الشمالية كان غير مسبوق خلال العقود الثلاثة الماضية وأن درجات حرارة سطح البحر كانت مرتفعة بدرجة شاذة في السنوات الألف وأربعمائة وخمسين الأخيرة على الأقل. {4.2، 5.5}
- من المرجح إلى حد كبير أن المتوسط السنوي لمدى الجليد البحري في المنطقة القطبية الجنوبية زاد بمعدل يتراوح نطاقه من 1.2 إلى 1.8 في المائة لكل عقد (نطاق يتراوح من 0.13 إلى 0.20 مليون كلم مربع لكل عقد) خلال الفترة ما بين عام 1979 وعام 2012. وتوجد ثقة عالية في وجود اختلافات إقليمية كبيرة في هذا المعدل السنوي، بحيث يزيد المدى في بعض الأقاليم ويقل في أخرى. {4.2}
- توجد ثقة عالية جداً في أن مدى الغطاء الثلجي فوق نصف الكرة الأرضية الشمالي قد انخفض منذ منتصف القرن العشرين (انظر الشكل 3 SPM). فقد انخفض مدى الغطاء الثلجي فوق نصف الكرة الأرضية الشمالي بنسبة قدرها 1.6 [0.8 إلى 2.4] في المائة لكل عقد في آذار/مارس ونيسان/أبريل، وبنسبة قدرها 11.7 [8.8 إلى 14.6] في المائة لكل عقد في حزيران/يونيو، خلال الفترة من عام 1967 إلى عام 2012. وأثناء هذه الفترة، لم تظهر أي زيادة هامة إحصائياً في أي شهر في مدى الغطاء الثلجي في نصف الكرة الأرضية الشمالي. {4.5}
- توجد ثقة عالية في أن درجات حرارة التربة الصقيعية زادت في معظم الأقاليم منذ أوائل ثمانينات القرن العشرين. وكان الاحترار الملحوظ يصل إلى 3 درجات مئوية في أجزاء من شمال ألاسكا (أوائل ثمانينات القرن العشرين إلى منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين) ويصل إلى درجتين مئويتين في أجزاء من الشمال الأوروبي الروسي (1971 إلى 2010). وفي الإقليم الأخير، لوحظ حدوث انخفاض كبير في سماكة التربة الصقيعية وحجم مساحتها خلال الفترة الممتدة من عام 1975 إلى عام 2005 (ثقة متوسطة). {4.7}
- تؤيد أدلة متعددة حدوث احترار كبير جداً في المنطقة القطبية الشمالية منذ منتصف القرن العشرين. {الإطار 5.1، 10.3}

8 تعني جميع الإشارات إلى 'فقدان الكتل الجليدية' أو 'تقلص الكتل الجليدية' الفقدان الصافي لكتل جليدية، أي التراكم مطروحاً منه الذوبان وانفصال الجبال الجليدية.

9 لأسباب منهجية، يشمل هذا التقييم لفقدان الكتل الجليدية من الصفحات الجليدية الموجودة في المنطقة القطبية الجنوبية وغرينلاند التغيير الذي يحدث على الحد الخارجي للأنهار الجليدية الموجودة. ومن ثم فإن هذه الأنهار الجليدية الحديثة لا تشملها القيم المبينة للأنهار الجليدية.

10 فقدان كتل جليدية وزنها 100 طن إجمالياً سنوياً¹⁻ يعادل ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر بنحو 0.28 ملم سنوياً¹⁻.



الشكل 3.1 | المؤشرات الملحوظة المتعددة لتغير المناخ العالمي: (أ) مدى متوسط الغطاء الثلجي (الربيعي) في آذار/مارس - نيسان/أبريل في نصف الكرة الأرضية الشمالي؛ (ب) مدى متوسط الجليد البحري (الصيفي) في تموز/يوليو - آب/أغسطس - أيلول/سبتمبر في المنطقة القطبية الشمالية؛ (ج) التغير في المتوسط العالمي للمحتوى الحراري للطبقات العليا من المحيطات (0-700 متر) مكثفا حسب الفترة 2006-2010، وبالنسبة إلى متوسط كل مجموعات البيانات الخاصة بعام 1970؛ (د) المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر بالنسبة إلى متوسط أطول مجموعة بيانات مستمرة للفترة 1900-1905، ومع تكييف كل مجموعات البيانات كي تكون لها نفس القيمة في عام 1993، وهي السنة الأولى التي توافرت فيها بيانات القياس الساتلي. وتبين جميع السلاسل الزمنية (الخطوط الملونة التي تشير إلى مجموعات بيانات مختلفة) القيم السنوية، وتبين أوجه عدم اليقين، حيثما يوجد تقييم لتلك القيم، بتظليل ملون. انظر المواد التكميلية للملخص الفني للاطلاع على قائمة مجموعات البيانات. (الأشكال 3.2، و3.13، و4.19، و4.3، والسؤال المتكرر 2.1، الشكل 2، والشكل 1.1 TS.)

باء 4- مستوى سطح البحر

كان معدل ارتفاع مستوى سطح البحر منذ منتصف القرن التاسع عشر أكبر من متوسط المعدل أثناء الألفي سنة السابقة (ثقة عالية). وخلال الفترة 1901-2010، ارتفع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر بمقدار 0.19 [0.17 إلى 0.21] متر (انظر الشكل 3 SPM). (3.7، 5.6، 13.2)

- تشير البيانات غير المباشرة والمستقاة من استخدام الأدوات إلى حدوث تحوّل في أواخر القرن التاسع عشر إلى أوائل القرن العشرين من متوسط منخفض لمعدلات الارتفاع خلال الألفي سنة السابقة إلى معدلات ارتفاع أعلى (ثقة عالية). ومن المرجح أن معدل المتوسط العالمي لارتفاع مستوى سطح البحر قد استمر في التزايد منذ أوائل القرن العشرين. (3.7، 5.6، 13.2)
- من المرجح إلى حد كبير أن المتوسط العالمي لمعدل ارتفاع مستوى سطح البحر كان يبلغ 1.7 [1.5 إلى 1.9] ملم سنوياً¹ خلال الفترة ما بين عام 1901 وعام 2010، و2.0 [1.7 إلى 2.3] ملم سنوياً¹ خلال الفترة ما بين عام 1971 وعام 2010، و3.2 [2.8 إلى 3.6] ملم سنوياً¹ خلال الفترة ما بين عام 1993 وعام 2010. وبيانات قياس المد والجزر وبيانات الارتفاع الساتلية متسقة فيما يتعلق بارتفاع معدل الفترة الأخيرة. ومن المرجح حدوث معدلات مرتفعة على نفس الشاكلة خلال الفترة ما بين عام 1920 وعام 1950. (3.7)
- منذ أوائل سبعينيات القرن العشرين، يفسّر فقدان كتل جليدية من الأنهار الجليدية إلى جانب التوسع الحراري للمحيطات نتيجة للاحتراق حوالي 75 في المائة من الارتفاع الملحوظ في المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر (ثقة عالية). وخلال الفترة من عام 1993 إلى عام 2010، كان المتوسط العالمي لارتفاع مستوى سطح البحر متسقاً، بثقة عالية، مع حصيلة المساهمات الملحوظة من التوسع الحراري للمحيطات الناجم عن الاحتراق (1.1 [0.8 إلى 1.4] ملم سنوياً¹)، نتيجة للتغيرات في الأنهار الجليدية (0.76 [0.39 إلى 1.13] ملم سنوياً¹)، والصفحة الجليدية في غرينلاند (0.33 [0.25 إلى 0.41] ملم سنوياً¹)، والصفحة الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية (0.27 [0.16 إلى 0.38] ملم سنوياً¹)، وتبخير المياه في الأرض (0.26 [0.49 إلى 0.49] ملم سنوياً¹). وتبلغ حصيلة هذه المساهمات 2.8 [2.3 إلى 3.4] ملم سنوياً¹ (13.3)
- توجد ثقة عالية جداً في أن الحد الأقصى للمتوسط العالمي لمستوى سطح البحر أثناء الفترة الأخيرة الفاصلة بين عصريين جليديين (قبل ما يتراوح من 129 000 إلى 116 000 سنة) كان، لعدة آلاف من السنين، أعلى بمقدار 5 أمتار على الأقل مما هو حالياً، وتوجد ثقة عالية في أنه لم يتجاوز 10 أمتار فوق المستوى الحالي. وأثناء آخر فترة فاصلة بين عصريين جليديين، من المرجح إلى حد كبير أن الصفحة الجليدية في غرينلاند ساهمت بما يتراوح من 1.4 متر إلى 4.3 أمتار في ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر، مما يعني ضمناً بثقة متوسطة مساهمة إضافية من الصفحة الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية. وقد حدث هذا التغير في مستوى سطح البحر في سياق تأثير قسري مداري مختلف ومع كون درجة الحرارة السطحية على خطوط العرض المرتفعة، كمتوسط على مدى آلاف من السنين، أدفاً بمقدار درجتين مئويتين على الأقل مما هي حالياً (ثقة عالية). (5.3، 5.6)

باء 5- دورات الكربون وغيره من المواد الجيوكيميائية الحيوية

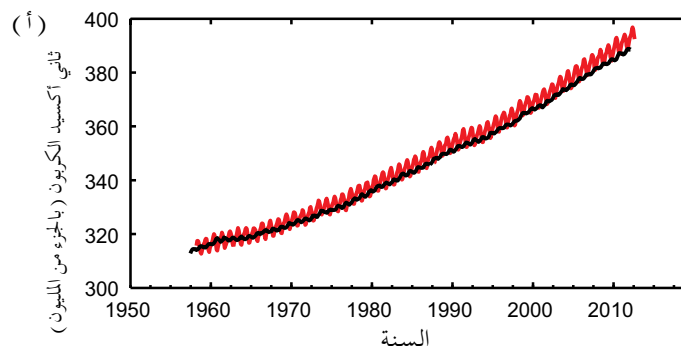
زادت تركيزات ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز في الغلاف الجوي إلى مستويات غير مسبوقه في الثمانمائة ألف سنة الأخيرة على الأقل. فقد زادت تركيزات ثاني أكسيد الكربون بنسبة قدرها 40 في المائة منذ عصور ما قبل الصناعة، أولاً، نتيجة لانبعاثات الوقود الأحفوري، وثانياً نتيجة لصافي الانبعاثات الناجمة عن تغير استخدام الأراضي. وقد امتصت المحيطات نحو 30 في المائة من ثاني أكسيد الكربون المنبعث من الأنشطة البشرية، مما تسبب في تحمّض المحيطات. (انظر الشكل 4 SPM). (2.2، 3.8، 5.2، 6.2، 6.3)

- زادت تركيزات جميع غازات الاحتباس الحراري المتمثلة في ثاني أكسيد الكربون (CO₂)، والميثان (CH₄)، وأكسيد النيتروز (N₂O) في الغلاف الجوي منذ عام 1750 نتيجة للنشاط البشري. وفي عام 2011 كانت تركيزات غازات الاحتباس الحراري هذه تبلغ 391 جزءاً في المليون¹¹، و1803 أجزاء في البليون، و324 جزءاً في البليون، وتجاوزت مستويات ما قبل عصر الصناعة بنسبة تبلغ نحو 40 في المائة، و150 في المائة، و20 في المائة، على التوالي. (2.2، 5.2، 6.1، 6.2)
- تتجاوز تركيزات ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز الآن إلى حد كبير أعلى تركيزات سُجلت في الأجواف الجليدية أثناء الثمانمائة ألف سنة الماضية. وكان متوسط معدلات الزيادة في التركيزات في الغلاف الجوي خلال العقد المنصرم، بثقة عالية جداً، غير مسبوق في الاثنین وعشرين ألف سنة الأخيرة. (2.2، 6.1، 5.2)

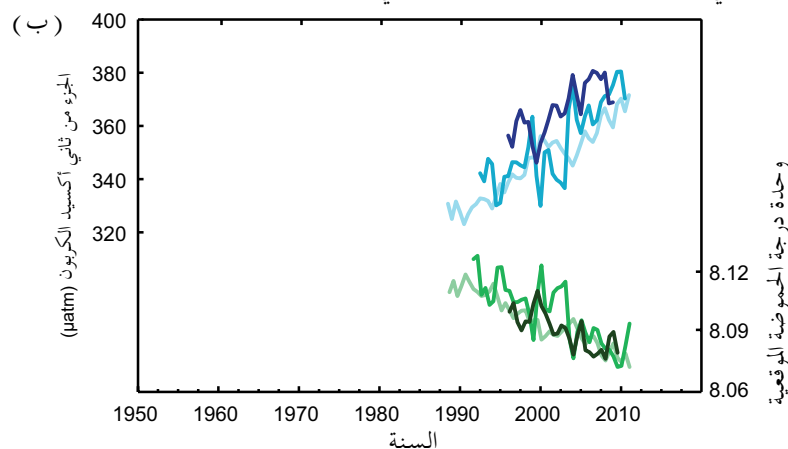
11 الجزء في المليون (ppm) أو الجزء في البليون (ppb)، (البليون الواحد = 1000 مليون) هو نسبة عدد جزيئات الغاز إلى مجموع عدد جزيئات الهواء الجاف. فعلى سبيل المثال، 300 جزء في المليون يعني 300 جزيء من الغازات لكل مليون جزيء من الهواء الجاف.

- بلغ متوسط الانبعاثات السنوية من ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن حرق الوقود الأحفوري وإنتاج الإسمنت 8.3 [7.6 إلى 9.0] غيغاطن¹² سنوياً¹ خلال الفترة 2002-2011 (ثقة عالية) وبلغ 9.5 [8.7 إلى 10.3] غيغاطن من الكربون سنوياً¹ في عام 2011، وهو ما يمثل زيادة بنسبة قدرها 54 في المائة عن مستوى عام 1990. وبلغ صافي الانبعاثات السنوية من ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن التغير في الاستخدام البشري للأراضي 0.9 [0.1 إلى 1.7] غيغاطن سنوياً¹ في المتوسط أثناء الفترة الممتدة من عام 2002 إلى عام 2011 (ثقة متوسطة). {6.3}
- من عام 1750 إلى عام 2011 أطلقت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من حرق الوقود الأحفوري وإنتاج الإسمنت 375 [345 إلى 405] غيغاطن في الغلاف الجوي، بينما يقدر أن إزالة الغابات والتغير الآخر في استخدام الأراضي أطلقا 180 [100 إلى 260] غيغاطن. وهذا يسفر عن انبعاثات بشرية تراكمية قدرها 555 [470 إلى 640] غيغاطن. {6.3}
- من هذه الانبعاثات البشرية التراكمية لثاني أكسيد الكربون تراكم 240 [230 إلى 250] غيغاطن في الغلاف الجوي، وامتصت المحيطات 155 [125 إلى 185] غيغاطن، وتراكم 160 [70 إلى 250] غيغاطن في النظم الإيكولوجية الأرضية الطبيعية [أي بالوعة الأراضي المتبقية التراكمية]. {الشكل 4، 3.8، 6.3}
- يحدّد كميّاً تحمُّض المحيطات بالانخفاضات في درجة الحموضة¹³. وقد انخفضت درجة حموضة المياه السطحية للمحيطات بمقدار 0.1 منذ بداية الحقبة الصناعية (ثقة عالية)، وهو ما يعادل حدوث زيادة بنسبة قدرها 26 في المائة في تركيز أيونات الهيدروجين (انظر الشكل 4 SPM). {3.8، الإطار 3.2}

ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي



ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحموضة في الطبقات السطحية من المحيطات



الشكل 4 SPM.4 المؤشرات الملحوظة المتعددة لتغير دورة الكربون العالمية: (أ) تراكيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي المنبثقة من Mauna Loa (19°32' شمالاً، و155°34' غرباً - المبنية باللون الأحمر) والقطب الجنوبي (89°59' جنوباً، و24°48' غرباً - المبنية باللون الأسود) منذ عام 1958؛ (ب) الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون المذاب في الطبقة السطحية للمحيطات (المنحنيات الزرقاء) ودرجة الحموضة الموقعية (المنحنيات الخضراء)، وهو ما يمثل مقياساً لحموضة مياه المحيطات. والقياسات مستمدة من ثلاث محطات من المحيط الأطلسي 29°10' شمالاً، و15°30' غرباً - الأزرق الداكن/الأخضر الداكن؛ و31°40' شمالاً، و64°10' غرباً - الأزرق/الأخضر) والمحيط الهادئ (22°45' شمالاً، و158°00' غرباً - الأزرق الخفيف/الأخضر الخفيف). وترد التفاصيل الكاملة لمجموعات البيانات المبنية هنا في التقرير الأساسي والمواد التكميلية للملخص الفني. (الشكلان 2.1 و3.18؛ الشكل 5 TS)

12 غيغاطن واحد من الكربون = 1 GtC = 10¹⁶ غرامات من الكربون. وهذا يعادل 3.667 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون.

13 درجة الحموضة هي مقياس للحموضة باستخدام مقياس لوغاريتمي: انخفاض درجة الحموضة بمقدار وحدة واحدة يعادل حدوث زيادة عشرية في نسبة تركيز أيونات الهيدروجين، أو الحموضة.

جيم - العوامل الدافعة إلى تغير المناخ

إن المواد والعمليات الطبيعية والبشرية التي تغير ميزانية طاقة الأرض هي العوامل الدافعة إلى تغير المناخ. ويحدد القسّر الإشعاعي (RF) ¹⁴ تحديداً كميّاً للتغير في تدفقات الطاقة التي تنجم عن التغيرات في هذه العوامل فيما يتعلق بعام 2011 بالنسبة إلى عام 1750، إلا إذا أُشير إلى خلاف ذلك. ويؤدي القسّر الإشعاعي الإيجابي إلى احترار السطح، بينما يؤدي القسّر الإشعاعي السلبي إلى تبريد السطح. ويقدر القسّر الإشعاعي استناداً إلى رصدات موقعية ورصدات عن بُعد، وخواص غازات الاحتباس الحراري والأهباء الجوية، والحسابات التي تُستخدم فيها نماذج عديدة تمثل العمليات المرصودة. وتؤثر بعض المركبات المنبعثة على تركيز مواد أخرى في الغلاف الجوي. ويمكن الإبلاغ عن القسّر الإشعاعي استناداً إلى التغيرات في نسبة تركيز كل مادة ¹⁵. وبدلاً من ذلك، يمكن الإبلاغ عن القسّر الإشعاعي لأحد المركبات القائم على الانبعاثات، وهو ما يمكن أن يوفر ربطاً بالأنشطة البشرية مباشرة بدرجة أكبر. وهو يشمل المساهمات من جميع المواد التي تتأثر بذلك الانبعاثات. والقسّر الإشعاعي البشري الكلي الذي يجري التوصل إليه باتباع كلا النهجين يكون متماثلاً عندما تؤخذ في الاعتبار جميع العوامل الدافعة. ومع أن كلا النهجين يستخدم في هذا الملخص لصانعي السياسات يوجد تشديد على عمليات القسّر الإشعاعي القائمة على الانبعاثات.

القسّر الإشعاعي الإجمالي إيجابي، وأدى إلى امتصاص النظام المناخي للطاقة المنبعثة نتيجة له. وتنجم أكبر مساهمة في القسّر الإشعاعي الإجمالي عن الزيادة التي حدثت في تركيز ثاني أكسيد الكربون والغلاف الجوي منذ عام 1750 (انظر الأشكال SPM.5). (3.2، الإطار 3.1، 8.3، 8.5)

- القسّر الإشعاعي البشري الإجمالي لعام 2011 بالنسبة إلى عام 1750 يبلغ 2.29 [1.13 إلى 3.33] وات في المتر المربع (انظر الشكل SPM.5)، وقد زاد منذ عام 1970 بسرعة أكبر من زيادته أثناء العقود السابقة. وأفضل تقدير للقسّر الإشعاعي البشري الإجمالي لعام 2011 هو تقدير أعلى بنسبة قدرها 43 في المائة من التقدير المبلغ عنه في تقرير التقييم الرابع (AR4) فيما يتعلق بسنة 2005. وهذا ناجم عن مزيج من النمو المتواصل في معظم تركيزات غازات الاحتباس الحراري وتحسن تقديرات القسّر الإشعاعي الناجم عن الأهباء الجوية مما يشير إلى تأثير تبريدي صافٍ أضعف (القسّر الإشعاعي السلبي). (8.5)
- القسّر الإشعاعي من انبعاثات غازات احتباس حراري ممزوجة جيداً (ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز، والهالوكربونات) في عام 2011 بالنسبة إلى عام 1750 يبلغ 3.00 [2.22 إلى 3.78] وات في المتر المربع (انظر الشكل SPM.5). ويبلغ القسّر الإشعاعي الناجم عن التغيرات في تركيزات هذه الغازات 2.83 [2.26 إلى 3.40] وات في المتر المربع. (8.5)
- تسببت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وحدها في قسّر إشعاعي قدره 1.68 [1.33 إلى 2.03] وات في المتر المربع (انظر الشكل SPM.5). ويبلغ القسّر الإشعاعي لثاني أكسيد الكربون، بما يشمل انبعاثات غازات أخرى محتوية على الكربون، ساهمت أيضاً في الزيادة في تركيزات ثاني أكسيد الكربون، 1.82 [1.46 إلى 2.18] وات في المتر المربع. (8.3، 8.5)
- تسببت انبعاثات غاز الميثان وحدها في قسّر إشعاعي قدره 0.97 [0.74 إلى 1.20] وات في المتر المربع (انظر الشكل SPM.5). وهذا أكبر كثيراً من التقدير القائم على التركيزات والبالغ 0.48 [0.38 إلى 0.58] وات في المتر المربع (لم يتغير من تقرير التقييم الرابع (AR4)). وهذا الاختلاف بين التقديرين يرجع إلى التغيرات في تركيزات الأوزون وبخار الماء في الستراتوسفير نتيجة لانبعاثات غاز الميثان والانبعاثات الأخرى التي تؤثر على غاز الميثان بطريقة غير مباشرة. (8.5، 8.3)
- تسببت انبعاثات الهالوكربونات المستنفدة للأوزون في حدوث قسّر إشعاعي إيجابي صافٍ قدره 0.18 [0.01 إلى 0.35] وات في المتر المربع (انظر الشكل SPM.5). وكان القسّر الإشعاعي الإيجابي الخاص بها يفوق القسّر الإشعاعي السلبي الناجم عن استنفاد الأوزون الذي أدت إليه. وقيمة القسّر الإشعاعي الإيجابي الناجم عن جميع الهالوكربونات مماثلة لقيمتها في تقرير التقييم الرابع (AR4)، مع انخفاض القسّر الإشعاعي من المركبات الكلوروفلوروكربونية ولكن مع زيادات من الكثير من بدائلها. (8.3، 8.5)
- تساهم انبعاثات الغازات القصيرة الأمد في القسّر الإشعاعي البشري الإجمالي. ومن المؤكد تقريباً أن انبعاثات أكسيد الكربون (CO) أدت إلى قسّر إشعاعي إيجابي، بينما من المرجح أن انبعاثات أكاسيد النيتروجين (NO_x) قد أدت إلى قسّر إشعاعي سلبي صافٍ (انظر الشكل SPM.5). (8.3، 8.5)
- يبلغ القسّر الإشعاعي للتأثير الإجمالي للأهباء الجوية في الغلاف الجوي، الذي يشمل تكيفات السحب نتيجة للأهباء الجوية، 0.9 [-1.9 إلى 0.1] وات في المتر المربع (ثقة متوسطة)، وينجم عن قسّر سلبي من معظم الأهباء الجوية

14 تُحدّد كميّاً قوة العوامل الدافعة بوصفها قسراً إشعاعياً بوحدات من الواط في المتر المربع ($W m^{-2}$) كما في التقييمات السابقة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). والقسّر الإشعاعي هو التغير في تدفق الطاقة الناجم عن عامل دافع، ويُحسب في التروبوز أو عند أعلى الغلاف الجوي. ويُبقى على جميع ظروف السطح والتروبوسفير ثابتة في المفهوم التقليدي للقسّر الإشعاعي المستخدم في التقارير السابقة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). أما في عمليات الحساب الخاصة بالقسّر الإشعاعي المتعلقة بغازات الاحتباس الحراري الممزوجة جيداً والأهباء الجوية في هذا التقرير فيسمح باستجابة التغيرات الفيزيائية، باستثناء جليد المحيطات والبحار، للاضطرابات بواسطة تكيفات سريعة. ويسمى القسّر الناجم عن ذلك قسراً إشعاعياً فعلاً (ERF) في التقرير الأساسي. ويعتبر هذا التغيير عن التقدم العلمي الذي تحقق منذ التقييمات السابقة ويسفر عن تبيان أفضل لاستجابة درجة الحرارة في نهاية المطاف فيما يتعلق بهذه العوامل الدافعة. والتكيفات السريعة، فيما يتعلق بجميع العوامل الدافعة عدا غازات الاحتباس الحراري الممزوجة جيداً والأهباء الجوية، أقل تميزاً ويُفترض أنها صغيرة، ومن ثم يُستخدم القسّر الإشعاعي التقليدي. (8.1)

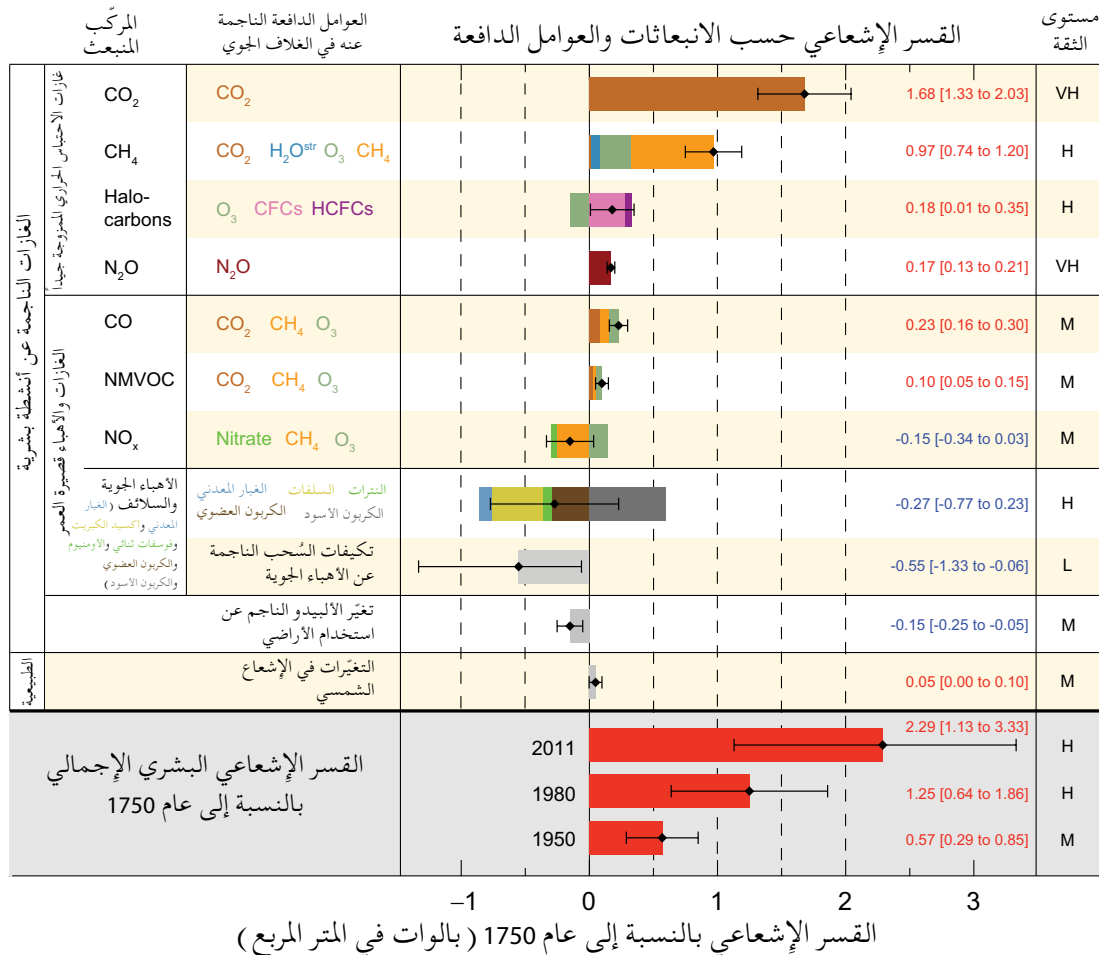
15 استُخدم هذا النهج للإبلاغ عن القسّر الإشعاعي في "ملخص لصانعي السياسات" الخاص بتقرير التقييم الرابع (AR4).

ومساهمة إيجابية من امتصاص الكربون الأسود للإشعاع الشمسي. وتوجد ثقة عالية في أن الأهباء الجوية وتفاعلاتها مع السحب قد عوّضت عن نسبة كبيرة من المتوسط العالمي للقسر الناجم عن غازات الاحتباس الحراري المزوجة جيداً. وهي ما زالت تساهم بأكبر قدر من عدم اليقين في تقدير القسر الإشعاعي الإجمالي. {7.5، 8.3، 8.5}

• يمكن أن يكون للقسر الناجم عن الأهباء الجوية البركانية في الستراتوسفير أثر كبير على المناخ لوضع سنوات بعد الثورات البركانية. وقد تسببت ثورات صغيرة متعددة في قسر إشعاعي قدره -0.11 [0.15- إلى -0.08] وات في المتر المربع في السنوات الممتدة من عام 2008 إلى عام 2011، يقارب في قوته ضعف قوة القسر الإشعاعي الذي حدث أثناء السنوات الممتدة من عام 1999 إلى عام 2002. {8.4}

• يقدر القسر الإشعاعي الناجم عن التغيرات في الإشعاع الشمسي بما يبلغ 0.05 [0.00 إلى 0.10] وات في المتر المربع (انظر الشكل SPM.5). وتشير الرصدات الساتلية لتغيرات الإشعاع الشمسي الإجمالية من عام 1978 إلى عام 2011 إلى أن آخر حد أدنى شمسي كان أقل من الاثنين السابقين له. وهذا يسفر عن قسر إشعاعي قدره -0.04 [0.08- إلى 0.00] وات في المتر المربع بين أحدث حد أدنى في عام 2008 والحد الأدنى الخاص بعام 1986. {8.4}

• لم يساهم القسر الإشعاعي الطبيعي الإجمالي الناجم عن تغيرات الإشعاع الشمسي والأهباء الجوية البركانية الموجودة في الستراتوسفير سوى مساهمة ضئيلة في القسر الإشعاعي الصافي طيلة القرن الماضي، باستثناء فترات قصيرة أعقبت حدوث ثورات بركانية كبيرة. {8.5}



الشكل SPM.5 | تقديرات القسر الإشعاعي في عام 2011 بالنسبة إلى عام 1750 وأوجه عدم اليقين المتعلقة بالعوامل الرئيسية الدافعة إلى تغير المناخ. وتمثل القيم المتوسط العالمي للقسر الإشعاعي (RF₁₄)، مقسماً وفقاً للمركبات المنبعثة أو العمليات التي تنجم عن مزيج من العوامل الدافعة. وأفضل تقديرات القسر الإشعاعي الصافي مبينة في شكل معينات سوداء مع ما يقابلها من فواصل عدم اليقين؛ وترد القيم العددية على يمين الشكل، إلى جانب مستوى الثقة في القسر الصافي (VH – عالية جداً، H – عالية، M – متوسطة، L – منخفضة، VL – منخفضة جداً). وقسر الألبينو الناجم عن الكربون الأسود على الجليد والتلوج يشمل عمود الأهباء الجوية المنبعثة من الكربون الأسود. أما عمليات القسر الصغيرة الناجمة عن التكتيفات (0.05 وات في المتر المربع، بما في ذلك السمحاق الناجم عن التكتيفات والمركبات الفلورية الهيدروجينية وسداسي فلوريد الكبريت (المجموع 0.03 وات في المتر المربع) فهي غير مبينة. ويمكن التوصل إلى عمليات القسر الإشعاعي القائمة على التركيزات بجمع حاصل الأعمدة ذات الألوان المتماثلة. ولا يشمل ذلك التأثير القسري البركاني لأن طابعه الدوري يجعل من الصعب مقارنته بآليات التأثير القسري الأخرى. ويبيّن إجمالي القسر الإشعاعي البشري في ثلاث سنوات بالنسبة إلى عام 1750. وللاطلاع على مزيد من التفاصيل الفنية، بما في ذلك نطاقات عدم اليقين المرتبطة بالمكونات والعمليات الفردية، انظر المواد التكميلية للملحق الفني. {8.5؛ الأشكال 8.14-8.18؛ الشكلين TS.6 و TS.7}

دال - فهم النظام المناخي وتغيراته الأخيرة

ينبع فهم التغيرات الأخيرة في النظام المناخي من الجمع ما بين الرصدات، ودراسات عمليات التأثير التفاعلي، وعمليات المحاكاة باستخدام النماذج. ويقتضي تقييم قدرة النماذج المناخية على محاكاة التغيرات الأخيرة النظر في حالة جميع مكونات النظام المناخي المنمذجة عند بداية عملية المحاكاة والقسّر الطبيعي والبشري المستخدم لتوجيه النماذج. ومقارنة بتقرير التقييم الرابع (AR4)، تتيح الآن الرصدات الأكثر تفصيلاً والأطول والنماذج المناخية المحسّنة عزو التغيرات المكتشفة في مزيد من مكونات النظام المناخي إلى مساهمة بشرية.

التأثير البشري على النظام المناخي واضح. وهذا يتجلى في تزايد تركيزات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي، والقسر الإشعاعي، والاحترار الملحوظ، وفهم النظام المناخي. (2014)

دال-1 تقييم النماذج المناخية

تحسّنت النماذج المناخية منذ تقرير التقييم الرابع (AR4). فالنماذج تستنسخ أنماط واتجاهات درجات الحرارة السطحية الملحوظة على نطاق قاري على مدى عقود كثيرة، بما في ذلك الاحترار الأسرع الذي حدث منذ منتصف القرن العشرين والتبريد الذي يعقب مباشرة الثورات البركانية الكبيرة (ثقة عالية جداً). (9.4، 9.6، 9.8)

- تبين عمليات المحاكاة باستخدام النماذج المناخية الطويلة الأجل اتجاهها في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية من عام 1951 إلى عام 2012 يتفق مع الاتجاه الملحوظ (ثقة عالية جداً). ولكن توجد اختلافات بين الاتجاهات المحاكاة والملاحظة خلال فترات قصيرة تتراوح من 10 سنوات إلى 15 سنة (مثلاً، من عام 1998 إلى عام 2012). (9.4، الإطار 9.2)
- الانخفاض الملحوظ في اتجاه الاحترار السطحي أثناء الفترة الممتدة من عام 1998 إلى عام 2012 مقارنةً بالفترة الممتدة من عام 1951 إلى عام 2012 يرجع بدرجة متساوية تقريباً إلى الانخفاض في اتجاه القسر الإشعاعي وإلى مساهمة تبريدية من التقليدية الداخلية الطبيعية، التي تشمل إعادة توزيع محتملة للحرارة داخل المحيطات (ثقة متوسطة). والانخفاض في اتجاه القسر الإشعاعي يرجع في المقام الأول إلى الثورات البركانية وتوقيت الطور الهبوطي للدورة الشمسية البالغة 11 عاماً. ومع ذلك، توجد ثقة منخفضة في التحديد الكمي لدور تغيرات القسر الإشعاعي في التسبب في انخفاض اتجاه الاحترار. وتوجد ثقة متوسطة في أن التقليدية العقدية الداخلية الطبيعية تسبب بدرجة كبيرة في الاختلاف بين الرصدات وعمليات المحاكاة؛ وليس من المتوقع أن تستنسخ عمليات المحاكاة توقيت التقليدية الداخلية الطبيعية. وقد تكون هناك أيضاً مساهمة من أوجه قصور القسر، ومغالاة، في بعض النماذج، في تقدير الاستجابة لتزايد القسر الناجم عن غازات الاحتباس الحراري وغيره من عوامل القسر البشرية (التي تسيطر عليها تأثيرات الأهباء الجوية). (9.4، الإطار 9.2، 10.3، الإطار 10.2، 11.3)
- الثقة في قدرة النماذج على محاكاة درجة الحرارة السطحية تقل على النطاقات الإقليمية عنها على النطاقات الأكبر. ومع ذلك، توجد ثقة عالية في أن درجة الحرارة السطحية على النطاق الإقليمي أصبحت محاكاتها أفضل مما كانت وقت إعداد تقرير التقييم الرابع (AR4). (9.4، 9.6)
- تحقق قدر كبير من التقدم في تقييم ظواهر الطقس والمناخ المتطرفة منذ تقرير التقييم الرابع (AR4). والمتوسط العالمي للاتجاهات المحاكاة في تواتر الأيام والليالي الحارة والباردة المتطرفة خلال النصف الثاني من القرن العشرين يتسق عموماً مع الرصدات. (9.5)
- تحقق قدر من التحسّن في محاكاة أنماط الهطول القارية النطاق منذ تقرير التقييم الرابع (AR4). ولكن الهطول لا يُحاكى بنفس الجودة على نطاقات إقليمية، وتعود التقييم أوجه عدم اليقين في الرصدات. (9.4، 9.6)
- تستنسخ النماذج بعض الظواهر المناخية الهامة استنساخاً أفضل الآن. وتوجد ثقة عالية في أن إحصاءات الرياح الموسمية وظاهرة النينو - التذبذب الجنوبي (ENSO)، استناداً إلى عمليات محاكاة باستخدام نماذج متعددة، قد تحسّنت منذ تقرير التقييم الرابع (AR4). (9.5)
- تشمل النماذج المناخية الآن مزيداً من عمليات السحب والأهباء الجوية، وتفاعلاتها، مقارنةً بوقت إعداد تقرير التقييم الرابع (AR4)، ولكن تبقى ثقة منخفضة في تمثيل هذه العمليات وتحديد الكمي في النماذج. (7.3، 7.6، 9.4، 9.7)

- توجد أدلة قوية على أن الاتجاه الهبوطي في مدى الجليد البحري الصيفي في المنطقة القطبية الشمالية منذ عام 1979 تستنسخه الآن نماذج أكثر عدداً مقارنة بوقت إعداد تقرير التقييم الرابع (AR4)، بحيث يبين نحو ربع النماذج اتجاهها يضاها في حجمه الاتجاه الموجود في الرصدات، أو اتجاهها أكبر منه. وتحاكي معظم النماذج اتجاهها هبوطياً صغيراً في مدى الجليد البحري في المنطقة القطبية الجنوبية، وإن يكن بفارق كبير بين النماذج، على الاختلاف من الاتجاه الصعودي الضئيل الموجود في الرصدات. {9.4}
- تستنسخ نماذج كثيرة التغيرات الملحوظة في المحتوى الحراري للطبقات العليا من المحيطات (0-700 متر) من عام 1961 إلى عام 2005 (ثقة عالية)، ويندرج متوسط السلاسل الزمنية المتعددة النماذج ضمن نطاق تقديرات الرصد المتاحة فيما يتعلق بمعظم الفترة. {9.4}
- تحاكي النماذج المناخية التي تشمل دورة الكربون (نماذج النظام الأرضي) النمط العالمي لتدفقات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي فوق المحيطات، مع إزالة الغازات المتشربة في المناطق المدارية وحدوث امتصاص في خطوط العرض الوسطى والمرتفعة. وفي غالبية هذه النماذج نجد أن أحجام بالوعات الكربون المحاكاة في اليابسة والمحيطات في العالم خلال الجزء الأخير من القرن العشرين هي أحجام في حدود نطاق تقديرات الرصد. {9.4}

دال 2- التحديد الكمي لاستجابات النظام المناخي

دراسات الرصد والنماذج لتغيّر درجات الحرارة، والتفاعلات المناخية، والتغيرات في ميزانية طاقة الأرض توفر معاً الثقة في حجم الاحترار العالمي الذي يحدث استجابة للتأثيرات القسرية في الماضي والمستقبل.
{الإطار 12.2، الإطار 13.1}

- من المرجح إلى حد شديد أن التأثير التفاعلي الصافي الناجم عن تضافر التغيرات في بخار الماء، والاختلافات بين الاحترار في الغلاف الجوي والسطح، إيجابي ولذا يؤدي إلى تضخيم التغيرات في المناخ. ومن المرجح أن التأثير التفاعلي الإشعاعي الصافي الناجم عن جميع أنواع السحب مجتمعة إيجابي. ويرجع عدم اليقين في بصفة وحجم التأثير التفاعلي للسحب في المقام الأول إلى استمرار عدم اليقين في أثر الاحترار على السحب المنخفضة. {7.2}
- تحدّد الحساسية المناخية التوازنية تحديداً كميّاً استجابة النظام المناخي للقسر الإشعاعي الثابت على نطاقات زمنية متعددة القرون، وتعرّف بأنها التغير في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية عند التوازن والذي ينجم عن تضاعف تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ومن المرجح أن الحساسية المناخية التوازنية هي في حدود نطاق يتراوح من 1.5 درجة مئوية إلى 4.5 درجة مئوية (ثقة عالية)، ومن غير المرجح إلى حد شديد أنها أقل من درجة واحدة مئوية (ثقة عالية)، ومن غير المرجح إلى حد كبير أنها أكبر من 6 درجات مئوية (ثقة متوسطة)¹⁶. ومن ثم فإن حد درجة الحرارة الأقل للنطاق المرجح المقدّر أقل مما هو مذكور في تقرير التقييم الرابع وهو درجتان مئويتان، ولكن الحد الأعلى مماثل. ويعبّر هذا التقييم عن تحسّن فهم سجل درجات الحرارة الممتد في الغلاف الجوي والمحيطات، والتقديرات الجديدة للقسر الإشعاعي. {TS TFE.6، الشكل 1؛ الإطار 12.2}
- معدل وحجم تغير المناخ العالمي يحدده القسر الإشعاعي، والتفاعلات المناخية، وتخزين النظام المناخي للطاقة. وتتسق تقديرات هذه الكميات في العقود الأخيرة مع النطاق المرجح المقدّر للحساسية المناخية التوازنية لأوجه عدم اليقين المقدرة الداخلية، مما يوفر أدلة قوية من أجل فهمنا لتغير المناخ الناجم عن عوامل بشرية. {الإطار 12.2، الإطار 13.1}
- استجابة المناخ العابر يحدد كميّاً استجابة النظام المناخي لتزايد القسر الإشعاعي على نطاق زمني يتراوح من عقد إلى قرن. وهي تعرّف بأنها التغير في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية في الوقت الذي يكون فيه تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قد تضاعف في سيناريو تزايد التركيز بنسبة قدرها 1 في المائة سنوياً. ومن المرجح أن تكون الاستجابة المناخية العابرة في حدود نطاق يتراوح من 1.0 درجة مئوية إلى 2.5 درجة مئوية (ثقة عالية) ومن غير المرجح إلى حد شديد أنها أكبر من 3 درجات مئوية. {الإطار 12.2}
- تتمثل كمية ذات صلة في الاستجابة المناخية العابرة لانبعاثات الكربون التراكمية (TCRE). وهي تحدد كميّاً استجابة النظام المناخي العابرة لانبعاثات الكربون التراكمية (انظر القسم هاء - 8). وتعرّف انبعاثات الكربون التراكمية (TCRE) بأنها المتوسط العالمي للتغير في درجة الحرارة السطحية لكل 1000 طن إجمالي من الكربون ينبعث إلى

16 لا يمكن حالياً إعطاء أفضل تقدير للحساسية المناخية التوازنية بسبب عدم وجود اتفاق على القيم بين الأدلة والدراسات التي جرى تقييمها.

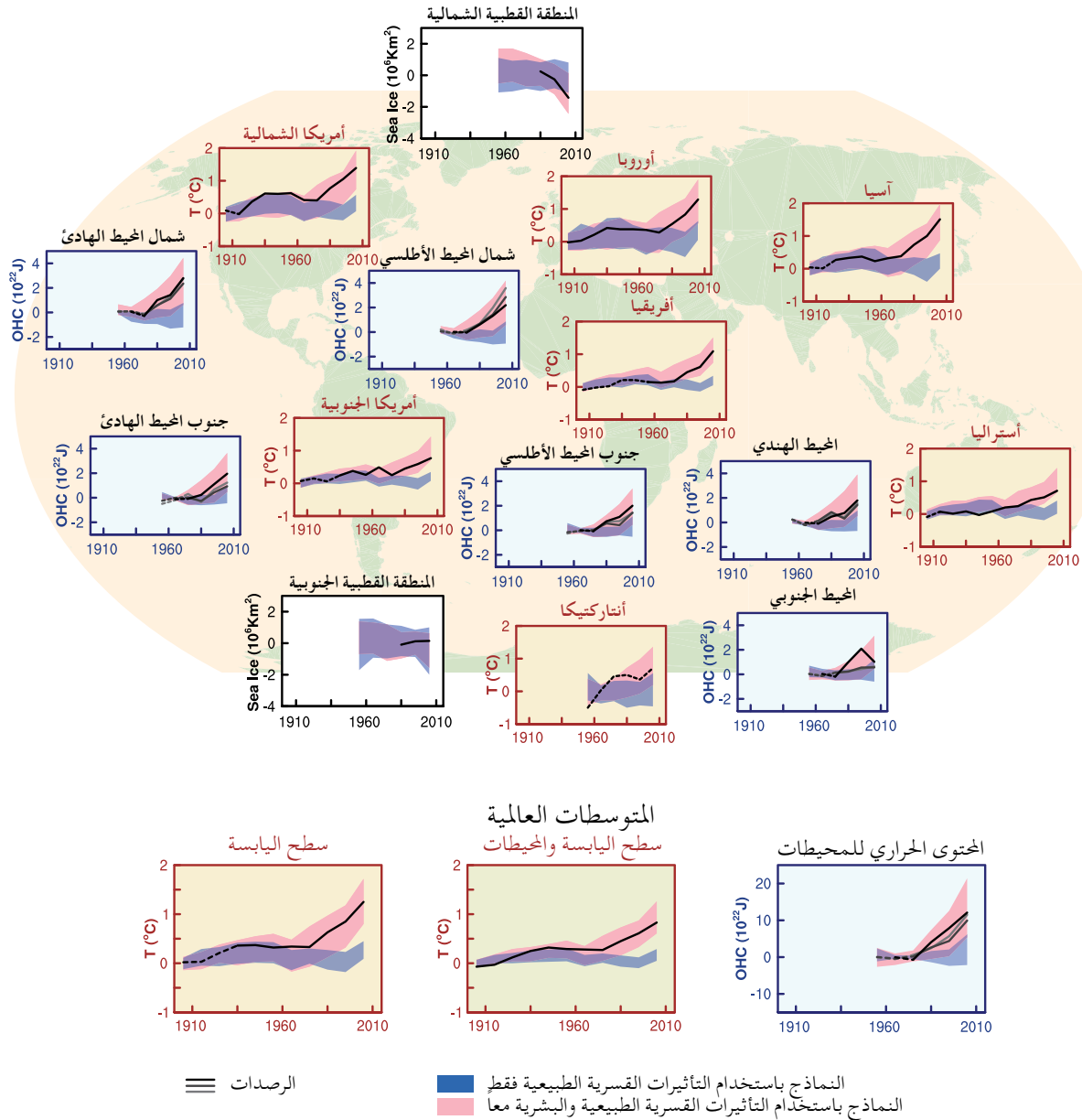
الغلاف الجوي . ومن المرجح أن انبعاثات الكربون التراكمية (TCRE) هي في نطاق يتراوح من 0.8 درجة مئوية إلى 2.5 درجة مئوية لكل 1000 غيغا طن من الكربون وتنطبق على الانبعاثات التراكمية في حدود ما يبلغ حوالي 2000 غيغا طن من الكربون إلى أن تبلغ درجات الحرارة ذروتها (انظر الشكل SPM.10). {12، 5، الإطار 2.2}

- يمكن استخدام مقاييس شتى لمقارنة مساهمات انبعاثات المواد المختلفة في تغير المناخ . وسوف يتوقف أنسب مقياس وأفق زمني على جوانب تغير المناخ التي تُعتبر الأهم لتطبيق بعينه من التطبيقات . وليس باستطاعة أي مقياس منفرد أن يقارن بدقة جميع عواقب الانبعاثات المختلفة، وتنطوي جميع المقاييس على أوجه قصور وأوجه عدم يقين . وتستند إمكانية الاحترار العالمي إلى القسر الإشعاعي التراكمي على مدى أفق زمني معين، بينما تستند إمكانية التغير في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية إلى التغير في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية في نقطة زمنية مختارة . وترد القيم المحدثة في التقرير الأساسي . {8، 7}

دال-3 كشف تغيّر المناخ وتعليله

اكتُشف التأثير البشري في احترار الغلاف الجوي والمحيطات، وفي التغيرات في الدورة المائية العالمية، وفي الانخفاضات في الجليد والثلوج، وفي ارتفاع متوسط مستوى سطح البحر، وفي التغيرات في بعض الظواهر المناخية المتطرفة (انظر الشكل SPM.6 والجدول SPM.1). وقد زادت قوة هذا الدليل على التأثير البشري منذ تقرير التقييم الرابع (AR4). ومن المرجح إلى حد شديد أن يكون التأثير البشري هو السبب الرئيسي في الاحترار الملحوظ منذ منتصف القرن العشرين . {10، 3، 6-10، 9}

- من المرجح إلى حد شديد أن أكثر من نصف الزيادة الملحوظة في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية في الفترة من عام 1951 إلى عام 2010 كان بسبب الزيادة في تركيزات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن عوامل بشرية وبسبب التأثيرات القسرية البشرية الأخرى معا . وأفضل تقدير للمساهمة البشرية في الاحترار مماثل للاحتراق الملحوظ أثناء هذه الفترة . {10، 3}
- من المرجح أن غازات الاحتباس الحراري التي ساهمت في احترار السطح بمتوسط عالمي كانت في نطاق يتراوح بين 0.5 درجة مئوية و1.3 درجة مئوية أثناء الفترة من عام 1951 إلى عام 2010، ومن المرجح أن المساهمات من التأثيرات القسرية البشرية الأخرى، بما في ذلك تأثير الأهباء الجوية التبريدي، كان في نطاق يتراوح من -0.6 درجة مئوية إلى 0.1 درجة مئوية، ومن المرجح أن المساهمة من التأثيرات القسرية الطبيعية كانت في نطاق يتراوح من -0.1 درجة مئوية إلى 0.1 درجة مئوية، ومن المرجح أن المساهمات من التقلبية الداخلية الطبيعية كانت في نطاق يتراوح من -0.1 درجة مئوية إلى 0.1 درجة مئوية . وهذه المساهمات المقدرتها تتسق مع الاحترار الملحوظ الذي يتراوح من 0.6 درجة مئوية إلى 0.7 درجة مئوية تقريبا خلال هذه الفترة . {10، 3}
- من المرجح أن التأثيرات القسرية البشرية، فوق كل إقليم قاري باستثناء المنطقة القطبية الجنوبية، ساهمت مساهمة كبيرة في الزيادات في درجة الحرارة السطحية منذ منتصف القرن العشرين (انظر الشكل SPM.6). وفيما يتعلق بالمنطقة القطبية الجنوبية، تسفر أوجه عدم اليقين في الرصد عن ثقة منخفضة في أن التأثيرات القسرية البشرية قد ساهمت في متوسط الاحترار الملحوظ فوق المحطات المتاحة . ومن المرجح حدوث مساهمة بشرية في الاحترار الكبير جداً الذي حدث في المنطقة القطبية الشمالية منذ منتصف القرن العشرين . {10، 3، 2، 4}
- من المرجح إلى حد كبير أن التأثير البشري، لا سيما غازات الاحتباس الحراري واستنفاد الأوزون في الستراتوسفير، قد أدى إلى نمط ملحوظ ويمكن كشفه لاحترار التروبوسفير وإلى تبريد مقابل في الطبقة المنخفضة من الستراتوسفير منذ عام 1961 . {10، 3، 9، 4، 2، 4}
- من المرجح إلى حد كبير أن التأثيرات القسرية البشرية ساهمت مساهمة كبيرة في الزيادات في المحتوى الحراري للطبقات العليا من المحيطات في العالم (0-700 متر) التي لوحظت منذ سبعينيات القرن العشرين (انظر الشكل SPM.6). ويوجد دليل على التأثير البشري في بعض أحواض محيطات فردية . {10، 4، 3، 2}
- من المرجح أن التأثيرات البشرية قد أثرت على الدورة المائية العالمية منذ عام 1960 . فقد ساهمت التأثيرات البشرية في الزيادات الملحوظة في محتوى الرطوبة في الغلاف الجوي (ثقة متوسطة)، وفي التغيرات على نطاق عالمي التي حدثت في أنماط الهطول فوق اليابسة (ثقة متوسطة)، وفي تكثيف الهطول الغزير فوق أقاليم اليابسة التي توجد بيانات كافية فيها (ثقة متوسطة)، وفي التغيرات في ملوحة سطح المحيطات وما تحت سطحه (من المرجح إلى حد كبير) . {10، 3، 2، 5، 6، 2}



الشكل 6 SPM.6 | مقارنة تغير المناخ الملحوظ والمحاكى استناداً إلى ثلاثة مؤشرات كبيرة النطاق في الغلاف الجوي، والغلاف الجليدي، والمحيطات: التغير في درجات حرارة الهواء القاري على سطح اليابسة (اللوحة الصفراء)، ومدى الجليد البحري في أيلول/سبتمبر في المنطقة القطبية الشمالية والمنطقة القطبية الجنوبية (اللوحة البيضاء)، والمحتوى الحراري في الطبقات العليا من المحيطات في أحواض المحيطات الرئيسية (اللوحة الزرقاء). ويوضح الشكل أيضاً تغيرات المتوسط العالمي، وأوجه الشذوذ بالنسبة إلى الفترة 1880-1919 في درجات الحرارة السطحية، والفترة 1960-1980 في المحتوى الحراري للمحيطات، والفترة 1979-1999 في الجليد البحري. وجميع السلاسل الزمنية هي متوسطات عقدية، مواقعها محددة عند مركز العقد. وفيما يتعلق بلوحات درجة الحرارة، تمثل الرصدات باستخدام خطوط مشرطة إذا كان المتوسط المكاني للمساحات التي تجري دراستها أقل من 50 في المائة. وفيما يتعلق بلوحات المحتوى الحراري للمحيطات والجليد البحري يوجد الخط الثابت حيث تكون تغطية البيانات جيدة وذات نوعية أعلى، بينما يوجد الخط المشرط حينما تكون تغطية البيانات مقبولة فقط ومن ثم يكون عدم اليقين أكبر. ونتائج النماذج المبينة هي نطاقات المجموعات المتعددة النماذج الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة، مع إشارة النطاقات المظللة إلى فواصل الثقة التي تتراوح من 5 إلى 95 في المائة. وللاطلاع على مزيد من التفاصيل الفنية، بما في ذلك تعاريف الأقاليم، انظر المواد التكميلية للملخص الفني (الشكل 10.21؛ الشكل 12.12 TS).

- تزايدت قوة الأدلة على التأثير البشري على درجات الحرارة منذ التقرير الخاص (SREX). ومن المرجح إلى حد كبير الآن أن التأثير البشري ساهم في التغييرات الملحوظة على نطاق العالم في تواتر وكثافة تطرفات درجات الحرارة اليومية منذ منتصف القرن العشرين، ومن المرجح أن التأثير البشري أدى إلى زيادة احتمال حدوث موجات حرارة في بعض الأماكن بأكثر من الضعف (انظر الجدول 1.SPM). {10.6}
- من المرجح إلى حد كبير أن التأثيرات البشرية ساهمت في فقدان كتل جليدية بحرية في المنطقة القطبية الشمالية منذ عام 1979. وتوجد ثقة منخفضة في الفهم العلمي للزيادة الضعيفة الملحوظة في حجم الجليد البحري في المنطقة القطبية الجنوبية وذلك نتيجة لعدم اكتمال التفسيرات العلمية لأسباب التغيير وتضارب تلك التفسيرات، وتوجد ثقة منخفضة في تقديرات الانقلابية الداخلية الطبيعية في ذلك الإقليم (انظر الشكل 6.SPM). {10.5}
- من المرجح أن التأثيرات البشرية ساهمت في تراجع الأنهار الجليدية منذ ستينيات القرن العشرين وفي زيادة فقدان الصفحة الجليدية في غربلاند كتلا سطحية منذ عام 1993. ونتيجة لانخفاض مستوى الفهم العلمي توجد ثقة منخفضة في عزو أسباب فقدان الملحوظ لكتل من الصفحة الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية خلال العقد الماضيين. {10.5، 4.3}
- من المرجح وجود مساهمة بشرية في الانخفاضات الملحوظة في الغطاء الجليدي الربيعي في نصف الكرة الأرضية الشمالي منذ عام 1970. {10.5}
- من المرجح إلى حد كبير وجود مساهمة بشرية كبيرة في ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر منذ سبعينيات القرن العشرين. وهذا يستند إلى الثقة العالية في وجود تأثير بشري على أكبر عاملين مساهمين في ارتفاع مستوى سطح البحر، وهما التوسع الحراري وفقدان الأنهار الجليدية كتلا جليدية. {10.4، 10.5، 13.3}
- توجد ثقة عالية في أن التغييرات في الإشعاع الشمسي الإجمالي لم تساهم في الزيادة التي حدثت في المتوسط العالمي لدرجات الحرارة السطحية خلال الفترة الممتدة من عام 1986 إلى عام 2008، استناداً إلى القياسات الساتلية المباشرة للإشعاع الشمسي الإجمالي. وتوجد ثقة متوسطة في أن دورة الانقلابية الشمسية التي تدوم 11 عاماً تؤثر على التقلبات المناخية العقدية في بعض الأقاليم. ولم يحدد وجود ارتباط قوي بين التغييرات في الأشعة الكونية والتغييم. {10.3، 7.4، الإطار 10.2}

هاء - تغيير المناخ العالمي والإقليمي في المستقبل

توضع إسقاطات التغييرات في النظام المناخي باستخدام مجموعة هرمية من النماذج المناخية تتراوح من النماذج المناخية البسيطة، إلى نماذج التعقد الوسيط، إلى النماذج المناخية الشاملة، ونماذج النظام الأرضي. وهذه النماذج تحاكي التغييرات استناداً إلى مجموعة من سيناريوهات التأثيرات القسرية البشرية. وقد استخدمت مجموعة جديدة من السيناريوهات، هي مسارات التركيز النمذجية (RCPs)، في عمليات المحاكاة باستخدام النماذج المناخية الجديدة التي أجريت في إطار المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) التابع للبرنامج العالمي لبحوث المناخ. وفي جميع مسارات التركيز النمذجية نجد أن تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أعلى في عام 2100 بالنسبة إلى الوقت الحاضر نتيجة لحدوث زيادة إضافية في الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أثناء القرن الحادي والعشرين (انظر الإطار 1.SPM). والإسقاطات الواردة في هذا الملخص لصانعي السياسات تتعلق بنهاية القرن الحادي والعشرين (2081-2100) وهي مبيّنة بالنسبة إلى الفترة 1986-2005، ما لم يُذكر خلاف ذلك. ولوضع هذه الإسقاطات في سياق تاريخي، من الضروري أن تؤخذ في الاعتبار التغييرات الملحوظة بين الفترات المختلفة. واستناداً إلى أطول مجموعة بيانات متاحة عن درجات الحرارة السطحية العالمية، يبلغ التغيير الملحوظ بين متوسط الفترة 1850-1900 ومتوسط الفترة المرجعية لتقرير التقييم الخامس (AR5) [0.55 إلى 0.67] درجة مئوية. غير أن الاحترار حدث بما يتجاوز متوسط الفترة المرجعية لتقرير التقييم الخامس (AR5). ومن ثم فإن هذا ليس تقديراً للاحترار التاريخي حتى وقتنا الحاضر (انظر الفصل 2).

استمرار انبعاثات غازات الاحتباس الحراري سيتسبب في زيادة الاحترار وفي حدوث تغييرات في جميع مكونات النظام المناخي. وسيطلب الحد من تغير المناخ حدوث انخفاضات كبيرة ومتواصلة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. {6، 11-14}

الحادي والعشرين ولكنها ذات حجم أصغر. وستظل الانقلابية الداخلية الطبيعية تمثل تأثيراً رئيسياً على المناخ، لا سيما في الأجل القريب وعلى نطاق إقليمي. وبحلول منتصف القرن الحادي والعشرين تتأثر أحجام التغييرات المسقطه تأثيراً كبيراً باختيار سيناريو الانبعاثات (الإطار 1.SPM). {11.3، الإطار 11.1، المرفق الأول}

- تغيير المناخ المسقط استناداً إلى مسارات التركيز النمذجية مماثل لما هو وارد في تقرير التقييم الرابع (AR4) من حيث الأنماط والحجم على حد سواء، بعد أخذ اختلافات السيناريوهات في الاعتبار. والامتداد العام للإسقاطات المتعلقة بمسارات التركيز النمذجية المرتفعة أقل مما هو عليه في حالة السيناريوهات المقارنة المستخدمة في تقرير التقييم الرابع (AR4) لأن مسارات التركيز النمذجية المستخدمة في تقرير التقييم الخامس (AR5)، على العكس من سيناريوهات

الانبعاثات الواردة في التقرير الخاص والمستخدم في تقرير التقييم الرابع، محددة كمسارات للتركيز ومن ثم فإن عمليات المحاكاة الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) التي توجهها التركيزات لا تأخذ في الاعتبار أوجه عدم اليقين الخاصة بدورة الكربون والتي تؤثر في تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. أما إسقاطات الارتفاع في مستوى سطح البحر فهي أكبر مما كانت في تقرير التقييم الرابع، وهذا يرجع في المقام الأول إلى تحسّن نماذج مساهمات الجليد البري. (3، 11، 12، 3، 12، 4، 13، 4، 13، 5)

هاء-1: الغلاف الجوي: درجة الحرارة

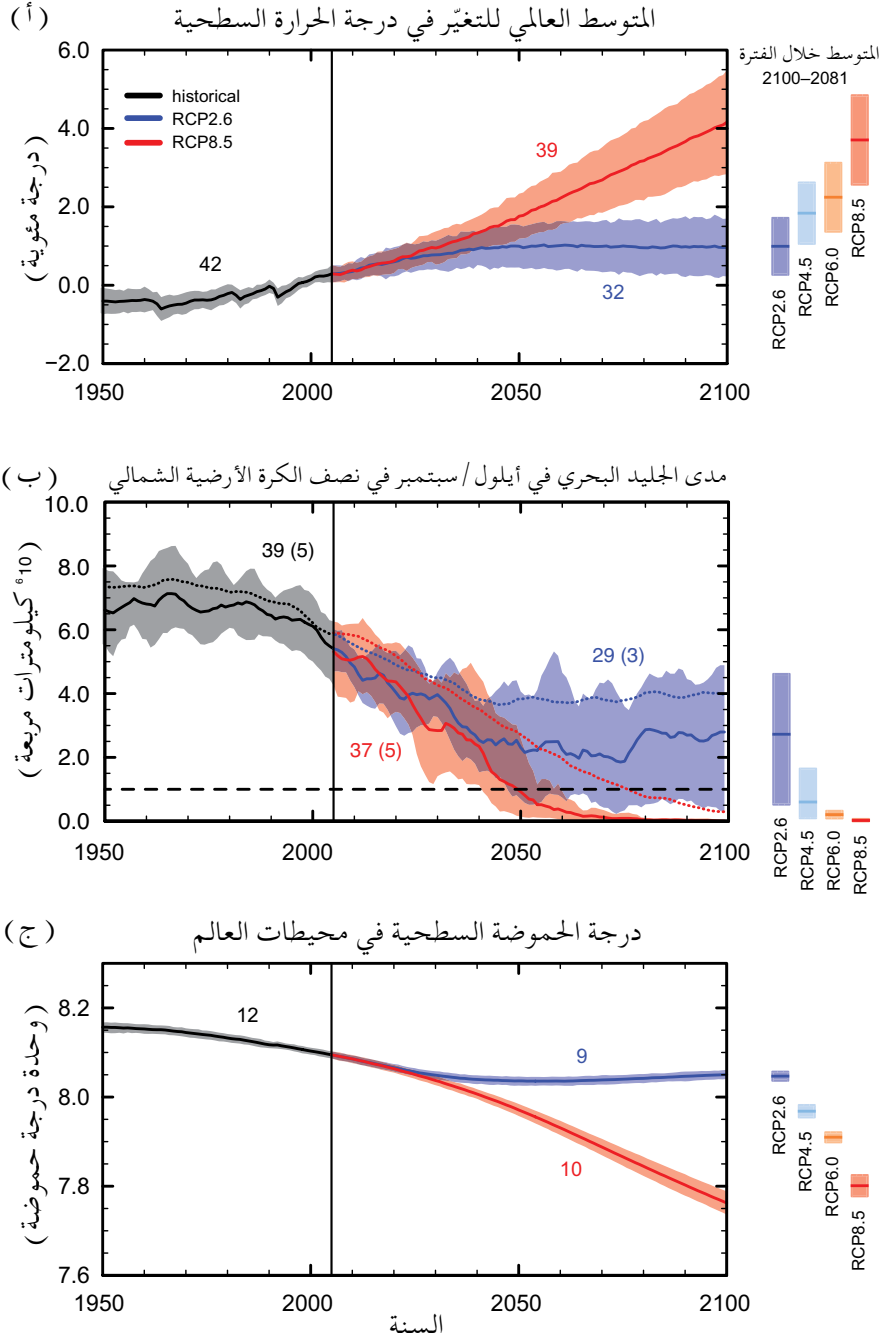
من المرجح أن يتجاوز التغيّر في درجة حرارة الأرض في نهاية القرن الحادي والعشرين 1.5 درجة مئوية بالنسبة إلى الفترة الممتدة من عام 1850 إلى عام 1900 في جميع سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية باستثناء مسار التركيز النموذجي 2.6. ومن المرجح أن يتجاوز هذا التغير درجتين مئويتين في سيناريو مسار التركيز النموذجي 6.0 وسيناريو مسار التركيز النموذجي 8.5، ومن الأرجح أن يتجاوز درجتين مئويتين في سيناريو مسار التركيز النموذجي 4.5. وسيستمر الاحترار بعد عام 2100 في جميع سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية باستثناء مسار التركيز النموذجي 2.6. وسيظل الاحترار يبدي تقلبية فيما بين السنوات إلى تقلبية فيما بين العقود ولن يكون موحداً على المستوى الإقليمي (انظر الشكلين SPM.7 و SPM.8). (3، 11، 12، 3، 12، 4، 14، 8)

- من المرجح أن يكون المتوسط العالمي لتغير درجة الحرارة السطحية في الفترة 2016-2035 بالنسبة إلى الفترة 1986-2005 في نطاق يتراوح من 0.3 درجة مئوية إلى 0.7 درجة مئوية (ثقة متوسطة). ويستند هذا التقييم إلى أدلة متعددة ويفترض عدم حدوث ثورات بركانية رئيسية أو تغيرات قرنية في الإشعاع الشمسي الإجمالي. وبالنسبة إلى التقلبية الداخلية الطبيعية، من المتوقع أن تكون الزيادات التي تحدث في الأجل القريب في المتوسط الموسمي والمتوسط السنوي لدرجة الحرارة أكبر في المناطق المدارية وفوق المدارية من الزيادات التي تحدث في خطوط العرض الوسطى (ثقة عالية). (3، 11)
- من المسقط أن يكون من المرجح أن تكون الزيادة في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية في الفترة 2081-2100 بالنسبة إلى الفترة 1986-2005 في حدود النطاقات المستخلصة من عمليات المحاكاة باستخدام النماذج الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) التي توجهها التركيزات، أي ما يتراوح من 0.3 درجة مئوية إلى 1.7 درجة مئوية (مسار التركيز النموذجي 2.6)، ومن 1.1 درجة مئوية إلى 2.6 درجة مئوية (مسار التركيز النموذجي 4.5)، ومن 1.4 درجة مئوية إلى 3.1 درجة مئوية (مسار التركيز النموذجي 6.0)، ومن 2.6 درجة مئوية إلى 4.8 درجة مئوية (مسار التركيز النموذجي 8.5). وسيحدث في المنطقة القطبية الشمالية احترار أسرع من المتوسط العالمي، وسيكون متوسط الاحترار فوق اليابسة أكبر من متوسط الاحترار فوق المحيطات (ثقة عالية جداً) (انظر الشكلين SPM.7 و SPM.8، والجدول SPM.2). (4، 12، 4، 14، 8)
- بالنسبة إلى متوسط الفترة الممتدة من عام 1850 إلى عام 1900، من المسقط أن يكون من المرجح أن يتجاوز التغير في درجات الحرارة السطحية العالمية بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين 1.5 درجة مئوية في حالة مسار التركيز النموذجي 4.5، ومسار التركيز النموذجي 6.0، ومسار التركيز النموذجي 8.5 (ثقة عالية). ومن المرجح أن يتجاوز الاحترار درجتين مئويتين في حالة مسار التركيز النموذجي 6.0 وحالة مسار التركيز النموذجي 8.5 (ثقة عالية)، ومن الأرجح أن يتجاوز درجتين مئويتين في حالة مسار التركيز النموذجي 4.5 (ثقة عالية)، ولكن من غير المرجح أن يتجاوز درجتين مئويتين في حالة مسار التركيز النموذجي 2.6 (ثقة متوسطة). ومن غير المرجح أن يتجاوز الاحترار 4 درجات مئوية في حالة مسار التركيز النموذجي 2.6، وفي حالة مسار التركيز النموذجي 4.5، وفي حالة مسار التركيز النموذجي 6.0 (ثقة عالية) وعلى الأرجح تقريباً أن يتجاوز 4 درجات مئوية في حالة مسار التركيز النموذجي 8.5 (ثقة متوسطة). (4، 12، 4)
- من المؤكد تقريباً أن تزايد تطرف سخونة درجة الحرارة وتضاؤل تطرف برودة درجة الحرارة في معظم مناطق اليابسة على نطاقات زمنية يومية وفصلية مع تزايد المتوسط العالمي لدرجة الحرارة. ومن المرجح إلى حد كبير أن موجات حرارة ستحدث بوتيرة أكبر وتطول مدة أطول. وسيستمر حدوث تطرفات عرضية في برودة الشتاء (انظر الجدول SPM.1). (4، 12، 4)

هاء-2: الغلاف الجوي: الدورة المائية

لن تكون التغيرات التي تحدث في الدورة المائية العالمية استجابة للاحترار خلال القرن الحادي والعشرين منتظمة. فسوف يزيد التناقض في الهطول بين الأقاليم الرطبة والأقاليم الجافة وبين الفصول الرطبة والفصول الجافة، وإن كان من المحتمل أن تكون هناك استثناءات إقليمية من ذلك (انظر الشكل SPM.8). (3، 12، 4، 14، 3)

- تبدي التغيرات المسقط في الدورة المائية خلال العقود القليلة المقبلة أنماطاً كبيرة النطاق مماثلة للأنماط الخاصة بالفترة القريبة من نهاية القرن، ولكن بحجم أصغر. والتغيرات التي ستحدث في الأجل القريب، وعلى النطاق الإقليمي، ستأثر تأثيراً شديداً بالتقلبية الداخلية الطبيعية وقد تتأثر بالانبعاثات الأهباء الجوية البشرية. (3، 11، 12، 3)



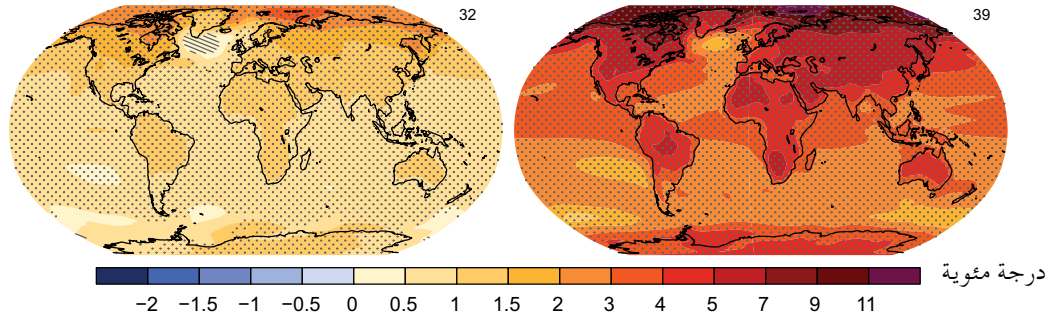
الشكل 7.SPM.7 السلاسل الزمنية المحاكاة باستخدام نماذج متعددة خاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) من عام 1950 إلى عام 2100 بخصوص (أ) التغير في المتوسط السنوي العالمي لدرجة الحرارة السطحية بالنسبة إلى الفترة 1986-2005، (ب) حجم الجليد البحري في أيلول/سبتمبر في نصف الكرة الأرضية الشمالي (متوسط المدة 5 سنوات)، (ج) المتوسط العالمي لدرجة الحموضة السطحية في المحيطات. وتبين سلاسل زمنية للإسقاطات ومقياس لدرجة عدم اليقين (التظليل) في حالة سيناريو مسار التركيز النموذجي 2.6 (الأزرق) ومسار التركيز النموذجي 8.5 (الأحمر). أما الأسود (التظليل الرمادي) فهو التطور التاريخي المنمذج باستخدام التأثيرات القسرية التاريخية المعاد بناؤها. ويبين المتوسط وكذلك متوسط ما يرتبط به من أوجه عدم يقين خلال الفترة 2100-2081 في حالة جميع سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية في أعمدة رأسية ملونة. وتبين أعداد النماذج الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) المستخدمة لحساب متوسط النماذج المتعددة. وفيما يتعلق بمدى الجليد البحري (ب) يبين المتوسط المسقط وعدم اليقين (نطاق الحد الأدنى - الحد الأقصى) للمجموعة الفرعية من النماذج التي تستنسخ على النحو الأوثق متوسط الحالة المناخية واتجاه الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية في الفترة الممتدة من عام 1979 إلى عام 2012 (عدد النماذج مبيّن بين أقواس). وتوخياً للاكتمال، يبين أيضاً متوسط النماذج المتعددة الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) بخطوط منقوطة. أما الخط المشطّ فهو يمثل الأحوال الحالية من الجليد تقريباً (أي عندما يكون مدى الجليد البحري أقل من 10⁶ كيلومترات مربعة لمدة خمس سنوات متتالية على الأقل). وللاطلاع على مزيد من التفاصيل الفنية انظر المواد التكميلية للملخص الفني {الشكل 6.28، 12.5، 12.28، 12.31، 12.31؛ والشكل 15.15، 17.17، 20.20}.

سيناريو مسار التركيز النموذجي 2.6

سيناريو مسار التركيز النموذجي 8.5

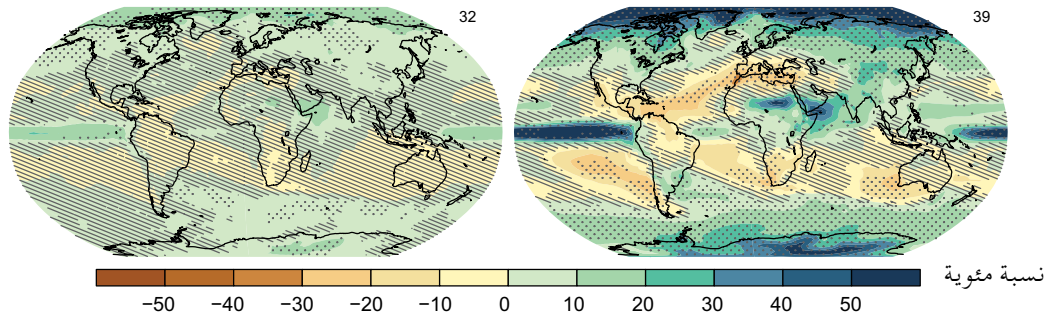
(أ)

التغير في متوسط درجة الحرارة السطحية (1986-2005 إلى 2081-2100)

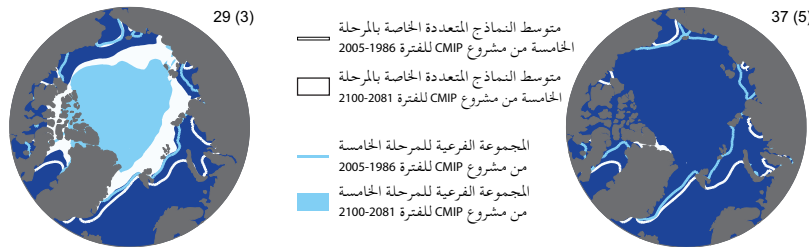


(ب)

التغير في متوسط الهطول (1986-2005 إلى 2081-2100)

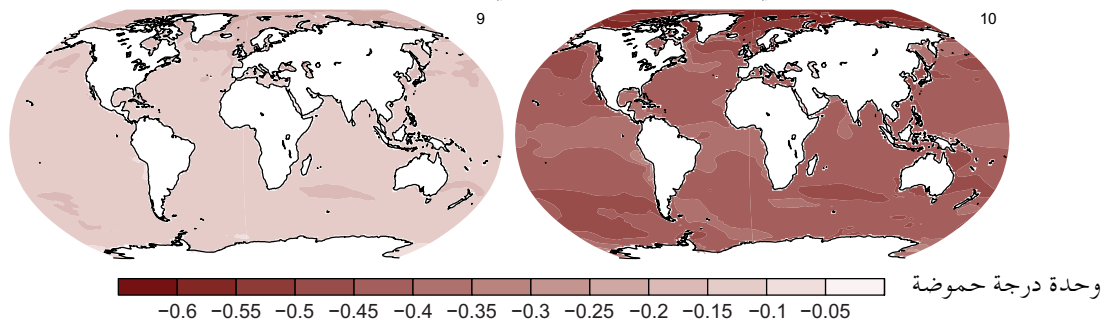


(ج) مدى الجليد البحري في أيلول/سبتمبر في نصف الكرة الأرضية الشمالي (متوسط الفترة 2100-2081)



(د)

التغير في درجة الحموضة السطحية في المحيطات (1986-2005 إلى 2100-2081)



الشكل 8 | SP8 | خرائط نتائج متوسط النماذج المتعددة الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) في حالة مسار التركيز النموذجي 2.6 ومسار التركيز النموذجي 8.5 في الفترة 2100-2081 الخاصة بما يلي (أ) المتوسط السنوي للتغير في درجة الحرارة السطحية، (ب) متوسط النسبة المئوية للتغير في المتوسط السنوي لهطول، (ج) مدى الجليد البحري في أيلول/سبتمبر في نصف الكرة الأرضية الشمالي، (د) التغير في درجة الحموضة السطحية في المحيطات. والتغيرات الواردة في اللوحات (أ) و(ب) و(د) مبيّنة بالنسبة إلى الفترة 1986-2005. أما عدد نماذج المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) المستخدمة لحساب متوسط النماذج المتعددة فهو مبيّن في الركن الأيمن العلوي من كل لوحة. وفي حالة اللوحتين (أ) و(ب) يشير خط التقليل إلى الأقاليم التي يكون فيها متوسط النماذج المتعددة ضعيفا مقارنة بالتقلبية الداخلية الطبيعية (أي أقل من انحراف معياري واحد للتقلبية الداخلية الطبيعية في متوسطات 20 سنة). أما النقش بالنقطة فهو يشير إلى الأقاليم التي يكون فيها متوسط النماذج المتعددة كبيرا مقارنة بالتقلبية الداخلية الطبيعية (أي أكبر من انحرافين معياريين للتقلبية الداخلية الطبيعية في متوسطات 20 سنة) وحيث تتفق نسبة قدرها 90 في المائة على الأقل من النماذج على علامة التغير (انظر الإطار 12.1). وفي اللوحة (ج)، تمثل الخطوط المتوسطة المنمذجة للفترة 2005-1986؛ أما المساحات المملوءة فهي تمثل نهاية القرن. ويبين متوسط النماذج المتعددة الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) باللون الأبيض، ويبين باللون الأزرق الفاتح المتوسط المسقط لمدى الجليد البحري الخاص بمجموعة فرعية من النماذج (عدد النماذج مبيّن بين أقواس) التي تستنسخ على النحو الأوثق متوسط الحالة المناخية واتجاه مدى الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية خلال الفترة من عام 1979 إلى عام 2012. وللاطلاع على مزيد من التفاصيل الفنية انظر المواد التكميلية للملخص الفني (الأشكال 6.28، 11.11، 12.22، 12.29، 12.29، 15.15، 16.16، 17.17، 20.20، TS).

- من المرجح أن تشهد المناطق البعيدة عن خط الاستواء ويشهد المحيط الهادئ الاستوائي زيادة في المتوسط السنوي للهطول بحلول نهاية هذا القرن في إطار سيناريو مسار التركيز النموذجي 8.5. وفي كثير من المناطق الواقعة على خطوط العرض الوسطى والمناطق الجافة فوق المدارية من المرجح أن ينخفض متوسط الهطول، بينما من المرجح أن يزيد متوسط الهطول في كثير من المناطق الرطبة الواقعة على خطوط العرض الوسطى بحلول نهاية هذا القرن في إطار سيناريو مسار التركيز النموذجي 8.5 (انظر الشكل 8 SPM). {7.6، 12.4، 14.3}
- من المرجح إلى حد كبير أن تزداد كثافة وتواتر ظواهر الهطول المتطرفة فوق معظم كتل اليابسة الواقعة على خطوط العرض الوسطى وفوق المناطق المدارية الرطبة بحلول نهاية هذا القرن، مع تزايد المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية (انظر الجدول 1 SPM). {7.6، 12.4}
- عالمياً، من المرجح أن تزيد المساحة التي تشملها نظم الرياح الموسمية خلال القرن الحادي والعشرين. وبينما من المرجح أن تضعف الرياح الموسمية، فمن المرجح أيضاً أن تزيد كثافة هطول الأمطار الموسمية نتيجة للزيادة في رطوبة الغلاف الجوي. ومن المرجح أن تحل تواريخ بداية الرياح الموسمية في وقت أبكر أو ألا تتغير كثيراً. ومن المرجح أن تتأخر تواريخ إنبات الرياح الموسمية، مما يسفر عن ازدياد طول موسم الرياح الموسمية في كثير من الأقاليم. {14.2}
- توجد ثقة عالية في أن ظاهرة النينو – التذبذب الجنوبي (ENSO) ستظل الشكل السائد للتقلبية في المنطقة المدارية من المحيط الهادئ فيما بين السنوات، مع حدوث تأثيرات عالمية لذلك في القرن الحادي والعشرين. ونتيجة للزيادة في توافر الرطوبة، فمن المرجح أن تزداد كثافة تقلبية الهطول ذات الصلة بظاهرة النينو – التذبذب الجنوبي (ENSO) على نطاقات إقليمية. والتباينات الطبيعية في سعة تلك الظاهرة (ENSO) وتمطها المكاني كبيرة ومن ثم تظل الثقة في حدوث أي تغير مسقط محدد في الظاهرة وما يتصل بها من ظواهر إقليمية في القرن الحادي والعشرين منخفضة. {5.4، 14.4}

الجدول 2 SPM التغير المسقط في المتوسط العالمي لدرجة حرارة الهواء السطحي والمتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر في منتصف وأواخر القرن الحادي والعشرين بالنسبة إلى الفترة المرجعية 1986–2005. {12.4؛ الجدول 12.2، الجدول 13.5}

2100–2081		2065–2046			
النطاق المرجح ^ع	المتوسط	النطاق المرجح ^ع	المتوسط	السيناريو	
1.7 إلى 0.3	1.0	1.6 إلى 0.4	1.0	RCP2.6	المتوسط العالمي للتغير في درجة الحرارة السطحية (درجة مئوية) ^أ
2.6 إلى 1.1	1.8	2.0 إلى 0.9	1.4	RCP4.5	
3.1 إلى 1.4	2.2	1.8 إلى 0.8	1.3	RCP6.0	
4.8 إلى 2.6	3.7	2.6 إلى 1.4	2.0	RCP8.5	
النطاق المرجح ^د	المتوسط	النطاق المرجح ^د	المتوسط	السيناريو	
0.55 إلى 0.26	0.40	0.32 إلى 0.17	0.24	RCP2.6	المتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر (بالمتر) ^ب
0.63 إلى 0.32	0.47	0.33 إلى 0.19	0.26	RCP4.5	
0.63 إلى 0.33	0.48	0.32 إلى 0.18	0.25	RCP6.0	
0.82 إلى 0.45	0.63	0.38 إلى 0.22	0.30	RCP8.5	

الحواشي:

- (أ) استناداً إلى مجموعة نماذج المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5)؛ وقد حُسبت أوجه الشذوذ المتعلقة بالفترة 1986–2005. وباستخدام مجموعة البيانات HadCRUT4 وتقدير عدم اليقين الخاص بها (فاصل الثقة يتراوح من 5 إلى 95 في المائة)، نجد أن الاحتمال الملحوظ حتى الفترة المرجعية 1986–2005 يبلغ [0.61 إلى 0.67] درجة مئوية من الفترة 1850–1900، ويبلغ 0.11 [0.09 إلى 0.13] درجة مئوية من الفترة 1980–1999، وهي الفترة المرجعية للإسقاطات المستخدمة في تقرير التقييم الرابع (AR4). ولم تُقِيم هنا النطاقات المرجحة فيما يتعلق بالفترات المرجعية الأسبق لأن الطرائق ليست متاحة عموماً في المؤلفات من أجل الجمع ما بين أوجه عدم اليقين في النماذج والرصدات. وإضافة تغيرات مسقطها وملحوظة لا يفسر التأثيرات المحتملة لتغيرات النماذج مقارنة بالرصدات، ولا يفسر التقلبية الداخلية الطبيعية أثناء الفترة المرجعية للرصدات {2.4، 11.2، الجدولان 12.2 و 12.3}
- (ب) استناداً إلى 21 نموذجاً من النماذج الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5)؛ وقد حُسبت أوجه الشذوذ المتعلقة بالفترة 1986–2005. وحيثما لم تكن نتائج تلك المرحلة من المشروع متاحة من أجل وضع نموذج معين للدوران العام للمحيطات والغلاف الجوي ولسيناريو معين بهذا الشأن، فإنها قدرت على النحو المشروح في الفصل 13، الجدول 13.5. وتعامل المساهمات من التغير الدينامي السريع في الصفحات الجليدية والتخزين البشري للمياه في الأرض على أنها ذات توزيعات احتمالية موحدة، وعلى أنها مستقلة إلى حد كبير عن السيناريو. ولكن هذه المعاملة لا تعني ضمناً أن المساهمات المعنية لن تعتمد على السيناريو المتبع، بل تعني فحسب أن الحالة الراهنة للمعركة لا تتيج إجراء تقييم كمي لدرجة الاعتماد. واستناداً إلى الفهم الحالي، فإن انهيار قطاعات بحرية من الصفحة الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية، إذا بدأ، هو وحده الذي يمكن أن يسبب ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر ارتفاعاً كبيراً يفوق النطاق المرجح أثناء القرن الحادي والعشرين. وتوجد ثقة متوسطة في أن هذه المساهمة الإضافية لن تتجاوز ارتفاع مستوى سطح البحر بعدة أعشار من المتر أثناء القرن الحادي والعشرين.
- (ج) حُسبت من إسقاطات كنطاقات لتتراوح من 5 إلى 95 في المائة. وتعتبر هذه النطاقات بعد ذلك نطاقات مرجحة بعد مراعاة أوجه عدم اليقين الإضافية أو المستويات المختلفة للثقة في النماذج. وفيما يتعلق بإسقاطات المتوسط العالمي للتغير في درجات الحرارة السطحية في الفترة 2046–2065، فإن الثقة متوسطة، لأن الأهمية النسبية للتقلبية الداخلية الطبيعية، وعدم اليقين في التأثير القسري للغازات التي لا تسبب احتباساً حرارياً والاستجابة لها، أكبر مما هما في الفترة 2081–2100. والنطاقات المرجحة المتعلقة بالفترة 2046–2065 لا تراعى فيها التأثير المحتمل للعوامل التي تؤدي إلى النطاق المقدر في الأجل القريب (2016–2035) للتغير في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية الأقل من نطاق النماذج الذي يتراوح من 5 إلى 95 في المائة لأن تأثير هذه العوامل على الإسقاطات الأطول أجلاً لم يحدد تحديداً كميًا لعدم كفاية الفهم العلمي. {11.3}
- (د) حُسبت من الإسقاطات بوصفها نطاقات للنماذج التي تتراوح من 5 إلى 95 في المائة. وتعتبر هذه النطاقات بعد ذلك نطاقات مرجحة بعد مراعاة أوجه عدم اليقين الإضافية أو المستويات المختلفة للثقة في النماذج. وفيما يتعلق بإسقاطات المتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر فإن الثقة متوسطة في كلا الأفقين الزمنيين.

هاء-3 الغلاف الجوي: نوعية الهواء

- إن النطاق الخاص بإسقاطات نوعية الهواء (الأوزون والجسيمات 2.5¹⁷ في الهواء القريب من السطح) ترجع بالأحرى في المقام الأول للانبعاثات (بما في ذلك الميثان)، لا لتغير المناخ الفيزيائي (ثقة متوسطة). وتوجد ثقة عالية في أن الاحتراق يؤدي، على المستوى العالمي، إلى حدوث نقصان في الأوزون السطحي الخلفي. ومن الممكن أن يعوّض عن هذا النقصان وجود مستويات مرتفعة للميثان (كما هو الحال في مسار التركيز النموذجي 8.5)، مما يرفع نسبة الأوزون السطحي الخلفي بحلول سنة 2100 بحوالي 8 أجزاء في البليون في المتوسط (25 في المائة من المستويات الحالية) بالنسبة إلى السيناريوهات التي تكون فيها التغيرات في الميثان ضئيلة (كما هو الحال في مسار التركيز النموذجي 4.5 ومسار التركيز النموذجي 6.0 (ثقة عالية)). {11.3}
- تشير الأدلة النابعة من الرصدات ومن النمذجة إلى أن درجات الحرارة السطحية الأعلى محلياً في الأقاليم الملوثة ستؤدي، في حالة ثبات جميع العوامل الأخرى، إلى تأثيرات تفاعلية إقليمية في الكيمياء والانبعاثات المحلية التي ستؤدي إلى زيادة مستويات ذروة الأوزون والجسيمات 2.5 (ثقة متوسطة). وفيما يتعلق بالجسيمات 2.5، قد يغيّر تغيير المناخ مصادر الأهباء الجوية الطبيعية وكذلك إزالتها بواسطة الهطول، ولكن لا يحدد مستوى من الثقة للأثر الإجمالي لتغير المناخ على توزيعات الجسيمات 2.5. {11.3}

هاء-4 المحيطات

سيواصل احترار المحيطات العالمية خلال القرن الحادي والعشرين. وستتخلل الحرارة من سطح المحيطات إلى أعماقها وستؤثر على دوران المحيطات. {11.3، 12.4}

- من المسقط حدوث أقوى احترار في المحيطات في سطح الأقاليم المدارية والأقاليم فوق المدارية في نصف الكرة الأرضية الشمالي. وفي الأعماق الأكبر سيبلغ الاحترار أشد درجات وضوحه في المحيط الجنوبي (ثقة عالية). وتبلغ أفضل تقديرات احترار المحيطات في أعلى مائة متر ما يتراوح من حوالي 0.6 درجة مئوية (مسار التركيز النموذجي 2.6) إلى 2.0 درجة مئوية (مسار التركيز النموذجي 8.5)، وحوالي 0.3 درجة مئوية (مسار التركيز النموذجي 2.6) إلى 0.6 درجة مئوية (مسار التركيز النموذجي 8.5) على عمق نحو 1000 متر بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين. {12.4، 14.3}
- من المرجح إلى حد كبير أن يضعف الدوران الانقلابي الجنوبي في المحيط الأطلسي (AMOC) خلال القرن الحادي والعشرين. وتبلغ أفضل التقديرات والنطاقات¹⁸ الخاصة بالانخفاض 11 في المائة (1 إلى 24 في المائة) في مسار التركيز النموذجي 2.6 و34 في المائة (12 إلى 54 في المائة) في مسار التركيز النموذجي 8.5. ومن المرجح حدوث بعض الانخفاض في ذلك الدوران (AMOC) في حوالي عام 2050، ولكن قد تكون هناك بعض العقود التي يزيد فيها نتيجة لتقلبية داخلية طبيعية كبيرة. {11.3، 12.4}
- من غير المرجح إلى حد كبير أن يشهد الدوران الانقلابي الجنوبي في المحيط الأطلسي (AMOC) تحولاً أو انهياراً مفاجئاً في القرن الحادي والعشرين في حالة السيناريوهات المدروسة. وتوجد ثقة منخفضة في تقييم تطور ذلك الدوران بعد القرن الحادي والعشرين بسبب محدودية عدد التحليلات والنتائج القاطعة. غير أنه لا يمكن استبعاد حدوث انهيار بعد القرن الحادي والعشرين نتيجة لحدوث احترار متواصل كبير. {12.5}

هاء-5 الغلاف الجليدي

من المرجح إلى حد كبير أن يستمر الغطاء الجليدي في المنطقة القطبية الشمالية في التقلص والترقق وأن يتقلص الغطاء الجليدي الربيعي في نصف الكرة الأرضية الشمالي خلال القرن الحادي والعشرين مع ارتفاع المتوسط العالمي لدرجات الحرارة السطحية. وسيزداد نقصان حجم الأنهار الجليدية العالمية. {12.4، 13.4}

- تشير متوسطات النماذج المتعددة إلى توقع حدوث انخفاضات على مدار السنة في حجم الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين. وتتراوح هذه الانخفاضات من 43 في المائة في حالة مسار التركيز النموذجي 2.6 إلى 94 في المائة في حالة مسار التركيز النموذجي 8.5 في أيلول/سبتمبر ومن 8 في المائة في حالة مسار التركيز النموذجي 2.6 إلى 34 في المائة في حالة مسار التركيز النموذجي 8.5 في شباط/فبراير (ثقة متوسطة) (انظر الشكلين SPM.7 و SPM.8). {12.4}

17 تشير الجسيمات 2.5 إلى جسيمات يقل قطرها عن 2.5 ميكرومتر، وهو مقياس لتركيز الأهباء الهوائية في الغلاف الجوي.

18 تشير النطاقات المذكورة في هذه الفقرة إلى امتداد لنموذج من نماذج المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5).

- استناداً إلى تقييم مجموعة فرعية من النماذج التي تستنسخ على النحو الأوثق متوسط الحالة المناخية واتجاه مدى الجليد البحري في المنطقة القطبية الشمالية خلال الفترة من عام 1979 إلى عام 2012، من المرجح أن يخلو المحيط القطبي الشمالي من الجليد تقريباً¹⁹ في أيلول/سبتمبر قبل منتصف القرن في حالة مسار التركيز النموذجي 8.5 (ثقة متوسطة) (انظر الشكلين SPM.7 و SPM.8). ولا يمكن وضع إسقاط بثقة للوقت الذي قد تصبح فيه المنطقة القطبية الشمالية خالية من الجليد تقريباً في أيلول/سبتمبر في القرن الحادي والعشرين في حالة السيناريوهات الأخرى. {12.5، 12.4، 11.3}
- في المنطقة القطبية الجنوبية، من المسقط بثقة منخفضة حدوث نقصان في مدى وحجم الجليد البحري في نهاية القرن الحادي والعشرين مع ارتفاع المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية. {12.4}
- بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين، من المسقط أن ينقص حجم الأنهار الجليدية العالمية، باستثناء الأنهار الجليدية الموجودة على أطراف القارة القطبية الجنوبية، بنسبة تتراوح من 15 إلى 55 في المائة في حالة مسار التركيز 2.6، وبنسبة تتراوح من 35 إلى 85 في المائة في حالة مسار التركيز النموذجي 8.5 (ثقة متوسطة). {13.4، 13.5}
- يشير متوسط النماذج (ثقة متوسطة) إلى أن من المسقط أن تنقص مساحة الغطاء الثلجي الربيعي في نصف الكرة الأرضية الشمالي بنسبة قدرها 7 في المائة في حالة مسار التركيز النموذجي 2.6 وبنسبة قدرها 25 في المائة في حالة مسار التركيز النموذجي 8.5 بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين. {12.4}
- من المؤكد تقريباً أن ينخفض مدى التربة الصقيعية القريبة من السطح والواقعة في المناطق المرتفعة من خطوط العرض الشمالية مع تزايد المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية. ويشير متوسط النماذج (ثقة متوسطة) إلى أن من المسقط بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين أن تنقص مساحة التربة الصقيعية القريبة من السطح (الـ 3.5 أمتار العلوية) بنسبة تتراوح من 37 في المائة (مسار التركيز النموذجي 2.6) إلى 81 في المائة (مسار التركيز النموذجي 8.5). {12.4}

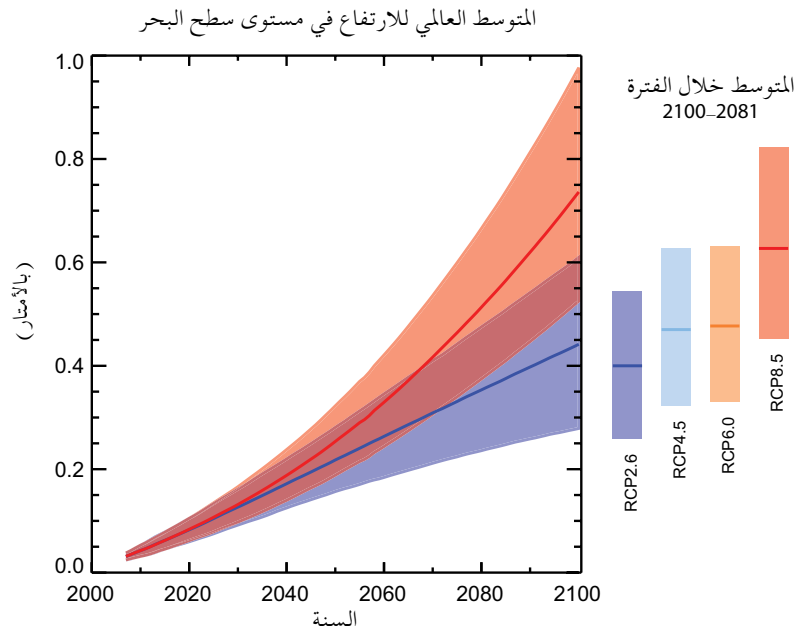
هاء-6

مستوى سطح البحر

سيستمر الارتفاع في المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر خلال القرن الحادي والعشرين (انظر الشكل SPM.9). ففي جميع سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية من المرجح إلى حد كبير أن يتجاوز معدل الارتفاع في مستوى سطح البحر المعدل الذي لوحظ أثناء الفترة 1971-2010 وذلك نتيجة لزيادة احتراق المحيطات وزيادة تقلص كتل جليدية من الأنهار الجليدية والصفحات الجليدية. {13.3، 13.5}

- زادت الثقة في إسقاطات المتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر منذ تقرير التقييم الرابع (AR4) بسبب تحسّن الفهم الفيزيائي لمكونات مستوى سطح البحر، وتحسّن توافق النماذج المستندة إلى العمليات مع الرصدات، وإدراج التغييرات الدينامية التي تحدث في الصفحات الجليدية. {13.3-13.5}
- من المرجح أن يكون المتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر خلال الفترة 2081-2100 بالنسبة إلى الفترة 1986-2005 في حدود نطاقات تتراوح من 0.26 إلى 0.55 متر في سيناريو مسار التركيز النموذجي 2.6، ومن 0.32 إلى 0.63 متر في سيناريو مسار التركيز النموذجي 4.5، ومن 0.33 إلى 0.63 متر في سيناريو مسار التركيز النموذجي 6.0، ومن 0.45 إلى 0.82 متر في سيناريو مسار التركيز النموذجي 8.5 (ثقة متوسطة). وفي سيناريو مسار التركيز النموذجي 8.5، نجد أن الارتفاع بحلول عام 2100 يتراوح من 0.52 إلى 0.98 متر، بمعدل يتراوح من 8 إلى 16 ملم سنوياً¹ (ثقة متوسطة) أثناء الفترة من عام 2081 إلى عام 2100. وهذه النطاقات مستمدة من الإسقاطات المناخية الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) مع تقييم النماذج المستندة إلى العمليات والمؤلفات لمساهمات الأنهار الجليدية والصفحات الجليدية (انظر الشكل SPM.9، الجدول SPM.2). {13.5}
- في إسقاطات مسارات التركيز النموذجية، نجد أن التمدد الحراري مسؤول عن نسبة تتراوح من 30 إلى 55 في المائة من المتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر في القرن الحادي والعشرين، ونجد أن الأنهار الجليدية مسؤولة عن نسبة قدرها 15 إلى 35 من ذلك الارتفاع. وسوف تتجاوز الزيادة في الذوبان السطحي للصفحة الجليدية في غرينلاند مقدار الزيادة في سقوط الثلوج، مما يؤدي إلى مساهمة إيجابية من التغييرات في توازن الكتلة السطحية في مستوى سطح البحر في المستقبل (ثقة عالية). وبينما سيظل الذوبان السطحي ضعيفاً، من المتوقع حدوث زيادة في سقوط الثلوج على الصفحة الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية (ثقة متوسطة)، مما يسفر عن مساهمة سلبية في مستوى سطح البحر في المستقبل من التغييرات في توازن الكتلة السطحية. ومن المرجح أن التغييرات في التدفق الخارجي من كلتا الصفحتين الجليديتين ستكون لها مساهمة في حدود نطاق يتراوح من 0.03 إلى 0.20 بحلول الفترة 2081-2100 (ثقة متوسطة). {13.3-13.5}
- استناداً إلى الفهم الحالي، فإن انهيار الأجزاء البحرية من الصفحة الجليدية الموجودة في المنطقة القطبية الجنوبية، إذا بدأ، هو وحده الذي يمكن أن يتسبب في ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر ارتفاعاً أكبر كثيراً من النطاق المرجح أثناء القرن الحادي والعشرين. ومع ذلك، توجد ثقة متوسطة في أن هذه المساهمة الإضافية لن تتجاوز ارتفاع مستوى سطح البحر عدة أعشار من المتر خلال القرن الحادي والعشرين. {13.4، 13.5}

19 يشار إلى الأحوال في المحيط القطبي الشمالي باعتباره خالياً تقريباً من الجليد عندما يقل مدى الجليد البحري عن 10 كيلومترات مربعة لمدة خمس سنوات متتالية على الأقل.



الشكل 9 SPM | إسقاطات المتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر خلال القرن الحادي والعشرين بالنسبة إلى الفترة 1986-2005 مستمدة من مزيج من مجموعة نماذج المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) والنماذج المستندة إلى العمليات، في سيناريو مسار التركيز النموذجي 2.6 ومسار التركيز النموذجي 8.5. ويبين النطاق المقدّر المرجح في شكل نطاق مظلّل أما النطاقات المقدرة المرجحة للمتوسط خلال الفترة 2081-2100 في جميع سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية فهي مبنية في أعمدة رأسية ملونة، مع بيان القيمة المتوسطة المقابلة كخط أفقي. وللاطلاع على مزيد من التفاصيل الفنية انظر المواد التكميلية للملخص الفني (الجدول 13.5، الشكلان 13.10 و 13.11، والشكلان TS.21، و TS.22).

- بُحث أساس الإسقاطات الأعلى للمتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر في القرن الحادي والعشرين وتم التوصل إلى عدم وجود أدلة كافية في الوقت الحاضر لتقييم احتمالية وجود مستويات محددة أعلى من النطاق المقدّر المرجح. وكثيرة من إسقاطات النماذج شبه التجريبية الخاصة بالمتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر أعلى من الإسقاطات الخاصة بالنماذج المستندة إلى العمليات (بما يصل إلى الضعف تقريباً)، ولكن لا يوجد توافق في الآراء في الأوساط العلمية بشأن موثوقيتها ومن ثم توجد ثقة منخفضة في إسقاطاتها. {13.5}
- لن يكون الارتفاع في مستوى سطح البحر موحدًا. فمن المرجح إلى حد كبير أن يرتفع مستوى سطح البحر، بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين، في أكثر من حوالي 95 في المائة من مساحة المحيطات. ومن المسقط أن حوالي 70 في المائة من خطوط السواحل على نطاق العالم ستشهد تغييراً في مستوى سطح البحر في حدود 20 في المائة من المتوسط العالمي للتغير في مستوى سطح البحر. {13.1، 13.6}

هاء-7 دورات الكربون وغيره من المواد الجيوكيميائية الحيوية

سوف يؤثر تغيير المناخ على عمليات دورة الكربون على نحو سيؤدي إلى تفاقم زيادة وجود ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (ثقة عالية). وستؤدي زيادة امتصاص المحيطات للكربون إلى زيادة تحمّض المحيطات. {6.4}

- سيستمر امتصاص المحيطات لثاني أكسيد الكربون الناجم عن أنشطة بشرية في جميع سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية الأربعة حتى عام 2100، مع كون الامتصاص أعلى في حالة مسارات التركيز الأعلى (ثقة عالية جداً). أما تطوّر امتصاص الأرض للكربون في المستقبل فهو مؤكد بدرجة أقل. وتُسقط غالبية النماذج استمرار امتصاص الأرض للكربون في جميع سيناريوهات مسارات التركيز، ولكن بعض النماذج تحاكي حالة فقدان الأرض للكربون نتيجة لتأثير تغير المناخ وتغير استخدام الأراضي معاً. {6.4}
- استناداً إلى نماذج النظام الأرضي، توجد ثقة عالية في أن التأثير التفاعلي بين المناخ ودورة الكربون إيجابي في القرن الحادي والعشرين؛ بمعنى أن تغير المناخ سيعوّض جزئياً عن الزيادات في بالوعات الكربون الموجودة في الأرض والمحيطات والناجمة عن ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ونتيجة لذلك فإن المزيد من ثاني أكسيد الكربون المنبعث سيبقى في الغلاف الجوي. ووجود تأثير تفاعلي إيجابي بين المناخ ودورة الكربون على نطاقات زمنية تتراوح من قرون إلى آلاف السنوات أمر تؤيده رصدات ونمذجة المناخ القديم. {6.2، 6.4}

الجدول 3 | الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون في الفترة 2012-2100 المتوافقة مع التركيزات في الغلاف الجوي حسب مسارات التركيز النموذجية المحاكاة بواسطة نماذج النظام الأرضي الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5). (4، 6، الجدول 6.12، الشكل 19، TS)

الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون في الفترة 2012-2100 ^أ				السيناريو
غيغا طن من ثاني أكسيد الكربون		غيغا طن من الكربون		
النطاق	المتوسط	النطاق	المتوسط	
1505 إلى 510	990	140 إلى 410	270	مسار التركيز النموذجي 2.6
3690 إلى 2180	2860	1005 إلى 595	780	مسار التركيز النموذجي 4.5
4585 إلى 3080	3885	1250 إلى 840	1060	مسار التركيز النموذجي 6.0
7005 إلى 5185	6180	1910 إلى 1415	1685	مسار التركيز النموذجي 8.5

ملاحظة:

- أ الغيغا طن الواحد من الكربون = طناً إجمالياً واحداً من الكربون = 1510 غرامات من الكربون. وهذا يعادل 3.667 غيغا طن من ثاني أكسيد الكربون.
- تُسقط نماذج النظام الأرضي زيادة عالمية في تحمُّض المحيطات في جميع سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية. والنقصان المقابل في درجة حموضة المنطقة السطحية من المحيطات بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين يتراوح نطاقه¹⁸ من 0.06 إلى 0.07 في سيناريو مسار التركيز النموذجي 2.6، ومن 0.14 إلى 0.15 في سيناريو مسار التركيز النموذجي 4.5، ومن 0.20 إلى 0.21 في سيناريو مسار التركيز النموذجي 6.0، ويتراوح من 0.30 إلى 0.32 في سيناريو مسار التركيز النموذجي 8.5 (انظر الشكلين SPM.7 و SPM.8). (6.4)
 - يتراوح نطاق¹⁸ الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون²⁰ في الفترة 2012-2100 المتوافقة مع تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي حسب مسارات التركيز النموذجية، كما هي مستمدة من 15 نموذجاً للنظام الأرضي، من 140 طناً إجمالياً إلى 410 أطنان إجمالية من الكربون في سيناريو مسار التركيز النموذجي 2.6، ومن 595 طناً إجمالياً إلى 1005 أطنان إجمالية من الكربون في سيناريو مسار التركيز النموذجي 4.5، ومن 840 إلى 1250 طناً إجمالياً من الكربون في مسار التركيز النموذجي 6.0، ومن 1415 طناً إجمالياً إلى 1910 أطنان إجمالية من الكربون في سيناريو مسار التركيز النموذجي 8.5 (انظر الجدول SPM.3). (6.4)
 - بحلول عام 2050، ستكون الانبعاثات السنوية لثاني أكسيد الكربون المستمدة من نماذج النظام الأرضي باتباع سيناريو مسار التركيز النموذجي 2.6 أقل من انبعاثات عام 1990 (بنسبة تتراوح من 14 إلى 96 في المائة)، وبحلول نهاية القرن الحادي والعشرين، يستنتج حوالي نصف النماذج انبعاثات أعلى بدرجة طفيفة من الصفر، بينما يستنتج النصف الآخر إزالة صافية لثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي. (4، 6، الشكل 19، TS)
 - يقدَّر أن يتراوح نطاق إطلاق ثاني أكسيد الكربون، أو الميثان، في الغلاف الجوي من ذوبان أرصدة الكربون في التربة الصقيعية خلال القرن الحادي والعشرين من 50 إلى 250 طناً إجمالياً من الكربون في سيناريو مسار التركيز النموذجي 8.5 (ثقة منخفضة). (6.4)

هاء-8 استقرار المناخ، والتزام تغيّر المناخ، وعدم القابلية للانعكاس

ستحدد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التراكمية إلى حد كبير المستوى العالمي لاحتراق سطح البحر بحلول أواخر القرن الحادي والعشرين وبعده (انظر الشكل SPM.10). وسوف تستمر معظم جوانب تغيير المناخ لعدة قرون حتى في حالة وقف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وهذا يمثل الحتمية الكبيرة والمتعددة القرون لتغيير المناخ الناجمة عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الماضي والحاضر والمستقبل. (12.5)

- يوجد ارتباط خطي تقريباً بين الانبعاثات الإجمالية التراكمية لثاني أكسيد الكربون والمتوسط العالمي لاستجابة درجة الحرارة السطحية (انظر الشكل SPM.10). ويرتبط أي مستوى معين للاحتراق بنطاق الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون²¹، ولذا، مثلاً، فإن ارتفاع الانبعاثات في العقود الأبعد يعني ضمناً انبعاثات أقل في وقت لاحق. (12.5)
- قصر الاحتراق الناجم عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية وحدها، باحتمالية نسبتها < 33 في المائة، و < 50 في المائة، و < 66 في المائة، على أقل من درجتين مئويتين منذ الفترة 1861-1880²²، سيقتضي بقاء انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التراكمية من جميع المصادر البشرية في نطاق يتراوح من 0 إلى حوالي 1570 غيغا طن من الكربون (5760 غيغا طن من ثاني أكسيد الكربون)، ومن 0 إلى حوالي 1210 غيغا طن من الكربون (4440 غيغا طن من ثاني أكسيد الكربون)، ومن 0 إلى حوالي 1000 غيغا طن من الكربون (3670 غيغا طن من ثاني أكسيد الكربون) منذ تلك الفترة، على التوالي²³. وهذه المقادير الأعلى تنخفض إلى حوالي 900 غيغا طن من الكربون (3300 غيغا طن من ثاني أكسيد الكربون)، و 820 غيغا طن من الكربون (3010 غيغا طن من ثاني أكسيد الكربون)، و 790 غيغا طن من الكربون (2900 غيغا طن من ثاني أكسيد الكربون)، على التوالي، عندما تؤخذ في الاعتبار التأثيرات القسرية لغير ثاني أكسيد الكربون كما في حالة

20 من قطاعات الوقود الأحفوري، والإسمنت، والصناعة، والنفايات.

21 يقتضي التحديد الكمي لهذا النطاق من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أن تؤخذ في الاعتبار العوامل الدافعة غير ثاني أكسيد الكربون.

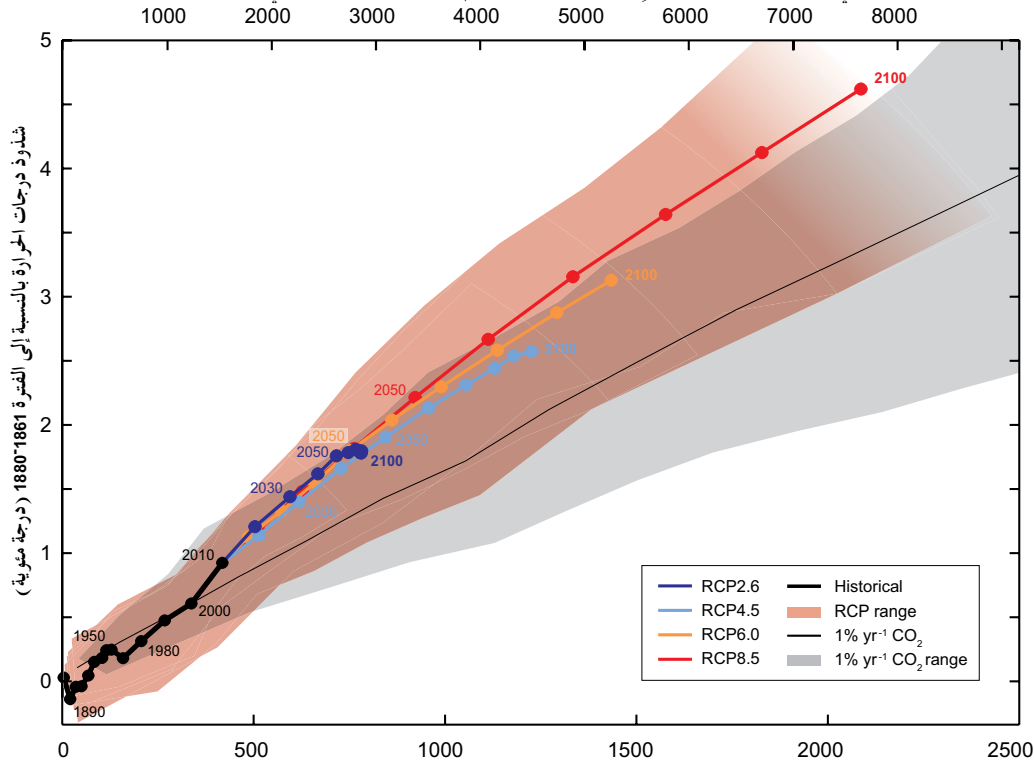
22 فترة أول 20 عاماً المتاحة من النماذج.

23 يستند هذا إلى تقييم الاستجابة المناخية العابرة لانبعاثات الكربون التراكمية (الاستجابة المناخية العابرة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون التراكمية (TCRE)، (انظر القسم دال - 2).

سيناريو مسار التركيز النموذجي 2.6. وقد انبعتت بالفعل بحلول عام 2011 كمية تبلغ 515 [من 445 إلى 585] غيغاطناً من الكربون (1890 [من 1630 إلى 2150] غيغاطناً من ثاني أكسيد الكربون). {12.5}

- سيقتضي استهداف احتراق أقل، أو أرجحية أكبر للبقاء دون مستوى احتراق محدد مستهدف، انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التراكمية. ومراعاة التأثيرات الاحترارية للزيادات في غازات الاحتباس الحراري غير ثاني أكسيد الكربون، أو الانخفاضات في الأهباء الجوية، أو إطلاق غازات احتباس حراري من التربة الصقيعية ستؤدي أيضاً إلى انخفاض الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون فيما يتعلق باحتراق مستهدف محدد (انظر الشكل 10 SPM). {12.5}
- نسبة كبيرة من تغير المناخ الذي يرجع إلى العوامل البشرية والناجم عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير قابل للانعكاس على نطاق زمني يتراوح من عدة قرون إلى آلاف السنين، إلا في حالة حدوث إزالة صافية كبيرة لثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي على امتداد فترة متواصلة. وستبقى درجات الحرارة السطحية ثابتة تقريباً عند مستويات أعلى لعدة قرون بعد توقف كامل لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية الصافية. ونتيجة لطول النطاقات الزمنية لانتقال الحرارة من سطح المحيطات إلى أعماقها، سيستمر احتراق المحيطات لمدة قرون. وتبعاً للسيناريو، ستبقى في الغلاف الجوي لمدة أطول من 1000 سنة نسبة تتراوح من حوالي 15 إلى 40 في المائة من ثاني أكسيد الكربون المنبعث. {الإطار 6.1، 12.4، 12.5}
- من المؤكد تقريباً أن المتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر سيستمر بعد عام 2100، مع استمرار الارتفاع في مستوى سطح البحر الناجم عن التمدد الحراري قروناً كثيرة. وتشير نتائج النماذج القليلة المتوافرة والتي تتجاوز عام 2100 إلى أن المتوسط العالمي للارتفاع في مستوى سطح البحر صوب مستوى ما قبل عصر الصناعة بحلول عام 2300 أقل من متر واحد لقسر إشعاعي يعادل تركيزات ثاني أكسيد الكربون التي تبلغ ذروة ثم تتدنى وتبقى أقل من 500 جزء في المليون، كما في حالة سيناريو مسار التركيز النموذجي 2.6. أما في حالة قسر إشعاعي يعادل تركيزاً لثاني أكسيد الكربون يتجاوز 700 جزء في المليون ولكنه يقل عن 1500 جزء في المليون، كما في حالة سيناريو مسار التركيز النموذجي 8.5، فإن الارتفاع المسقط يتراوح من متر واحد إلى أكثر من 3 أمتار (ثقة متوسطة). {13.5}

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية الإجمالية التراكمية من عام 1870 (بالغيغاطن من ثاني أكسيد الكربون)



انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية الإجمالية التراكمية من عام 1870 (بالغيغاطن من الكربون)

الشكل 10 SPM المتوسط العالمي للزيادة في درجة الحرارة السطحية كدالة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية التراكمية من أدلة شتى. ونتائج النماذج المتعددة المستمدة من تسلسل هرمي لنماذج دورة المناخ - الكربون في حالة كل سيناريو من سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية (RCPs) حتى عام 2100 مبنية بخطوط ملونة ومتوسطات عقدية (نقط) وبعض المتوسطات العقدية مبنية برقعة توخياً للوضوح (مثلاً، عام 2050 يشير إلى العقد 2040-2049). وتبين نتائج النماذج خلال الفترة التاريخية (1860-2010) باللون الأسود. أما العمود الملون فهو يصور امتداد النماذج المتعددة في سيناريوهات مسارات التركيز النموذجية الأربعة ويخبر مع تناقص عدد النماذج المتاحة في مسار التركيز النموذجي 8.5. ويبين بخط أسود رفيع ومساحة رمادية متوسط ونطاق النماذج المتعددة، المحاكاة باستعمال نماذج المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5)، للتأثير القسري لزيادة في ثاني أكسيد الكربون قدرها 1 في المائة سنوياً (عمليات المحاكاة لزيادة نسبتها 1 في المائة سنوياً¹ في ثاني أكسيد الكربون). وفيما يتعلق بكمية محددة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التراكمية، تُظهر عمليات المحاكاة لحدوث زيادة قدرها 1 في المائة سنوياً في ثاني أكسيد الكربون احتراقاً أقل مما تظهره عمليات المحاكاة التي توجهها مسارات التركيز النموذجية، والتي تشمل تأثيرات قسرية غير ثاني أكسيد الكربون. وتبين قسمة درجات الحرارة بالنسبة إلى الفترة الأساسية 1861-1880، والانبعاثات بالنسبة إلى عام 1870. ويوجد ربط بين المتوسطات العقدية بواسطة خطوط مستقيمة. وللاطلاع على مزيد من التفاصيل الفنية انظر المواد التكميلية للملخص الفني (الشكل 45، 12.4؛ TS TFE، الشكل 1)

- استمرار فقدان الصفحات الجليدية كتلاً جليدية من شأنه أن يسبب ارتفاعاً أكبر في مستوى سطح البحر، وقد يكون جزء ما من تقلص الكتل الجليدية غير قابل للانعكاس. وتوجد ثقة عالية في أن استمرار الاحترار الذي يزيد على عتبة ما من شأنه أن يؤدي إلى فقدان شبه كامل للصفحة الجليدية في غرينلاند خلال ألف سنة أو أكثر، مما يتسبب في ارتفاع المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر بما يصل إلى 7 أمتار. وتشير التقديرات الحالية إلى أن العتبة أكبر من متوسط عالمي للاحتار يبلغ حوالي درجة مئوية واحدة (ثقة منخفضة) ولكنه يقل عن حوالي 4 درجات مئوية (ثقة متوسطة) بالنسبة إلى ما قبل عصر الصناعة. ومن الممكن حدوث تقلص كتل جليدية مفاجئ وغير قابل للانعكاس من جراء انعدام استقرار محتمل للأجزاء البحرية من الصفحة الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية استجابة للتأثير القسري المناخي، ولكن لا تكفي الأدلة الحالية والفهم الحالي لتحديد تقدير كمي. {5, 8, 13.4, 13.5}
- اقترحت طرق تهدف إلى التغيير العمدي للنظام المناخي للتصدي لتغير المناخ، تسمى الهندسة الأرضية. وتحول محدودية الأدلة دون إجراء تقدير كمي شامل لكل من إدارة الإشعاع الشمسي (SRM) وإزالة ثاني أكسيد الكربون (CDR) وأثرهما على النظام المناخي. وطرق إزالة ثاني أكسيد الكربون تنطوي على أوجه قصور جيوكيميائية حيوية وتكنولوجيا من حيث إمكاناتها على نطاق عالمي. ولا توجد معرفة كافية من أجل التحديد الكمي لكمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي يمكن أن تعوض عنها جزئياً إزالة ثاني أكسيد الكربون على نطاق زمني قرني. وتشير النمذجة إلى أن طرق إدارة الإشعاع الشمسي (SRM)، إذا كان من الممكن أن تتحقق، تنطوي على إمكانية التعويض إلى حد كبير عن ارتفاع درجة الحرارة العالمية، ولكن من شأنها أن تعدل أيضاً الدورة المائية العالمية، ومن شأنها ألا تقلل من تَحْمُض المحيطات. وإذا أنهيت إدارة الإشعاع الشمسي لأي سبب، توجد ثقة عالية في أن درجات الحرارة السطحية العالمية من شأنها أن ترتفع بسرعة كبيرة لتصل إلى قيم تتسق مع التأثير القسري لغازات الاحتباس الحراري. كذلك تنطوي طرق إزالة ثاني أكسيد الكربون (CDR) وإدارة الإشعاع الشمسي (SRM) على تأثيرات جانبية طويلة الأجل على نطاق عالمي. {6, 5, 7.7}

الإطار 1.SPM: مسارات التركيز النموذجية (RCPs)

تقتضي إسقاطات تغير المناخ في إطار الفريق العامل الأول التابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ وجود معلومات عن انبعاثات أو تركيزات غازات الاحتباس الحراري، والأهباء الجوية، والعوامل الأخرى الدافعة للمناخ، في المستقبل. وكثيراً ما يجري التعبير عن هذه المعلومات كسيناريو لأنشطة البشرية، التي لا يرد تقييم لها في هذا التقرير. وقد ركزت السيناريوهات المستخدمة في إطار الفريق العامل الأول على الانبعاثات البشرية ولا تشمل التغيرات في العوامل الدافعة الطبيعية من قبيل التأثير القسري الشمسي أو البركاني أو الانبعاثات الطبيعية، مثلاً الميثان وأكسيد النيتروز.

وقد حددت الأوساط العلمية، من أجل تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، مجموعة من أربعة سيناريوهات جديدة، تسمى مسارات التركيز النموذجية (RCPs)، انظر مسرد المصطلحات). وهي تعرّف بتأثيرها القسري الإشعاعي الإجمالي التقريبي في سنة 2100 بالنسبة إلى سنة 1750: 2.6 وات في المتر المربع في حالة مسار التركيز النموذجي 2.6، و4.5 وات في المتر المربع في حالة مسار التركيز النموذجي 4.5، و6.0 وات في المتر المربع في حالة مسار التركيز النموذجي 6.0، و8.5 وات في المتر المربع في حالة مسار التركيز النموذجي 8.5. وفيما يتعلق بنتائج المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5)، ينبغي فهم هذه القيم على أنها إشارية فقط، لأن التأثير القسري المناخي الناجم عن جميع العوامل الدافعة الأخرى يتباين بين النماذج، نتيجة للخصائص المحددة للنماذج ولمعاملة عوامل التأثير القسري المناخي الطويلة الأجل. وتشمل المسارات النموذجية الأربعة هذه سيناريو تخفيفياً واحداً يؤدي إلى مستوى تأثير قسري منخفض جداً (مسار التركيز النموذجي 2.6)، وسيناريو هين للاستقرار (مسار التركيز النموذجي 4.5 ومسار التركيز النموذجي 6)، وسيناريو واحداً يتسم بتركيزات عالية جداً من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (مسار التركيز النموذجي 8.5). ومن ثم يمكن أن تصوّر مسارات التركيز النموذجية نطاقاً للسياسات المناخية في القرن الحادي والعشرين، مقارنة بعدم وجود سياسة مناخية في التقرير الخاص بشأن سيناريوهات الانبعاثات (SRES) الذي استخدم في تقرير التقييم الثالث وتقرير التقييم الرابع. وفي حالتها مسار التركيز 6.0 ومسار التركيز 8.5، لا يصل التأثير القسري الإشعاعي إلى ذروة بحلول عام 2100؛ ويبلغ ذروة ثم يتدنى في حالة مسار التركيز النموذجي 2.6؛ ويستقر بحلول عام 2100 في حالة مسار التركيز النموذجي 4.5. ويوفر كل مسار تركيز نموذجي مجموعة بيانات مقررة مكانياً بشأن التغير في استخدام الأراضي والانبعاثات القطاعية لمؤثبات الهواء، ويحدد التركيزات السنوية لغازات الاحتباس الحراري والانبعاثات البشرية حتى عام 2100. وتستند مسارات التركيز النموذجية إلى مزيج من نماذج التقييم المتكاملة، والنماذج المناخية البسيطة، ونماذج كيمياء الغلاف الجوي ودورات الكربون العالمية. وبينما تشمل مسارات التركيز النموذجية نطاقاً واسعاً من قيم التأثير القسري الإجمالي، فإنها لا تغطي النطاق الكامل للانبعاثات الواردة في المؤلفات، لا سيما فيما يتعلق بالأهباء الجوية.

وقد أجريت معظم عمليات المحاكاة باستخدام نماذج النظام الأرضي الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP5) وباستعمال تركيزات محددة لثاني أكسيد الكربون تصل إلى 421 جزءاً في المليون (مسار التركيز النموذجي 2.6)، و538 جزءاً في المليون (مسار التركيز النموذجي 4.5)، و670 جزءاً في المليون (مسار التركيز النموذجي 6.0)، و936 جزءاً في المليون (مسار التركيز النموذجي 8.5). وبحلول سنة 2100. وإذا شملت عمليات المحاكاة التركيزات المحددة للميثان وأكسيد النيتروز، فإن تركيزات مكافئات ثاني أكسيد الكربون تبلغ 475 جزءاً في المليون (مسار التركيز النموذجي 2.6)، و630 جزءاً في المليون (مسار التركيز النموذجي 4.5)، و800 جزء في المليون (مسار التركيز النموذجي 6.0)، و1313 جزءاً في المليون (مسار التركيز النموذجي 8.5). وفي حالة مسار التركيز النموذجي 8.5 أجريت عملية محاكاة إضافية باستخدام نماذج النظام الأرضي الخاصة بالمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النتائج المناخية المتقارنة (CMIP5) وباستعمال انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المحددة كما توفرها نماذج التقييم المتكاملة. وفي حالة جميع مسارات التركيز النموذجية (RCPs)، أجريت حسابات إضافية باستخدام بيانات ونماذج الغلاف الجوي الحديثة (بما في ذلك مكوّن كيمياء مناخ الغلاف الجوي من مكونات المرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة) وباستعمال انبعاثات الغازات المتفاعلة كيميائياً (الميثان، وأكسيد النيتروز، والمركبات الفلورية الهيدروجينية، وأكاسيد النيتروجين، وأكسيد الكربون، والمركبات العضوية غير المتطايرة التي لا تحتوي على الميثان). وعمليات المحاكاة هذه تتيح تحريّ أوجه عدم اليقين ذات الصلة بالتأثيرات التفاعلية لدورة الكربون وكيمياء الغلاف الجوي.

