

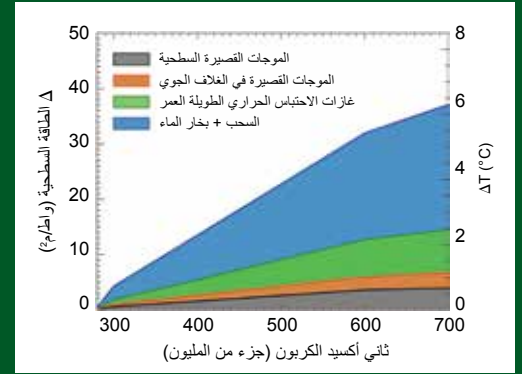
المنظمة العالمية للأرصاد الجوية نشرة غازات الاحتباس الحراري

دراسة حالة غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي
استناداً إلى الرصدات العالمية المنفذة خلال عام 2014



رقم 11 | 9 تشرين الثاني/نوفمبر 2015

**بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون (CO₂) هما الغازان
الرئيسيان من غازات الاحتباس الحراري، وثنائي أكسيد
الكربون هو القوة الدافعة الرئيسية لتغير المناخ، بينما
يحدث تغير بخار الماء في معظمه كرد فعل للتغير الحادث
في ثاني أكسيد الكربون (CO₂).**



كانت سائدة في العصر ما قبل الصناعي كان تدفق الطاقة على السطح أكبر بمقدار 160 واطم² مما هو عليه عند قمة الغلاف الجوي بسبب تأثير الاحتباس الحراري. ويوضح هذا الرقم التغير في التوازن العام في الطاقة السطحية قياساً بأوضاع العصر قبل الصناعي، مع تزايد تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO₂). ويشير المحور الرأسي على الجانب الأيمن إلى الزيادة في درجة الحرارة الأرضية اللازمة للوصول إلى نقطة التوازن بين الإشعاع الآتي (الموجات القصيرة والموجات الطويلة) والإشعاع الخارج (الموجات الطويلة).

والجزء الأخضر في الشكل يمثل الطاقة الحرارية الناجمة عن غازات الاحتباس الحراري، الطويلة العمر والمتمتجة بشكل جيد، لاسيما ثاني أكسيد الكربون (CO₂). أما الجزء الأزرق فهو يوضح التأثير التفاعلي للماء في الغلاف الجوي مع تزايد تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO₂). وشدة التأثير التفاعلي لبخار الماء تعني أن في ظل سيناريو يُفترض فيه تضاعف تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO₂) قياساً بأوضاع ما قبل العصر الصناعي (من 280 إلى 560 جزءاً في المليون¹)، يؤدي بخار الماء والسحب إجمالاً إلى زيادة الطاقة الحرارية بزهاء ثلاثة أمثال الطاقة الحرارية لغازات الاحتباس الحراري الطويلة العمر. (يستند الشكل إلى مطبوع Lacis وآخرين، 2013).

بعض غازات الاحتباس الحراري، مثل بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون (CO₂)، تمتص الطاقة تحت الحمراء من الغلاف الجوي ثم تعيد إطلاقها نحو الأرض. وهذه العملية، المعروفة باسم تأثير الاحتباس الحراري، تؤدي إلى زيادة في متوسط درجة الحرارة السطحية بمقدار 33 كلفن تقريباً، قياساً بما سيكون عليه الوضع في غياب هذه الغازات. غير أن غازات الاحتباس الحراري غير القابلة للتكثف (أساساً ثاني أكسيد الكربون (CO₂)، ولكن أيضاً الميثان (CH₄) وأكسيد النيتروز (N₂O) ومركبات الكلوروفلوروكربون (CFCs)) هي التي تعمل بمثابة عوامل التأثير القسري. وبخار الماء والسحب يعملان كعوامل تأثيرية تفاعلية سريعة. ويتجاوب بخار الماء سريعاً مع تغير درجة الحرارة من خلال التبخر والتكثف والهطول. وعمليات الرصد التي تجريها المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) تساعد على دراسة هذه المسألة بمزيد من التفصيل.

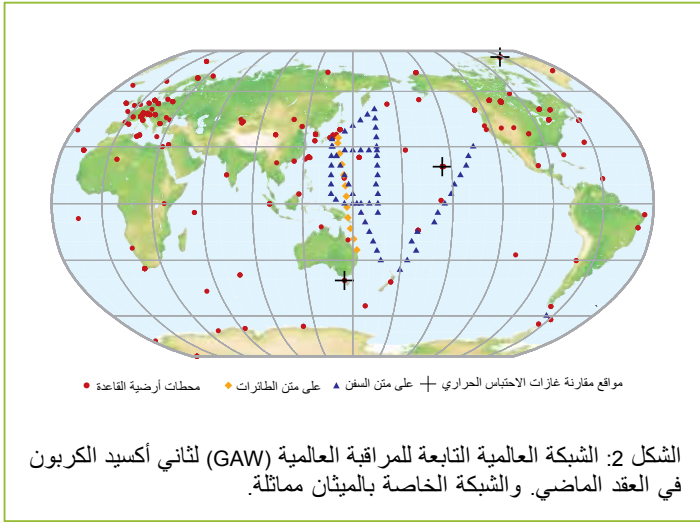
وتوفر الموجات القصيرة الآتية إلى الأرض من الإشعاع الشمسي زهاء 340 واطم² في قمة الغلاف الجوي، يعود 30 في المائة منها إلى الفضاء، أساساً بفعل السحب، ويمتص الغلاف الجوي 20 في المائة منها، بينما يمتص سطح الأرض 50 في المائة منها. وعند نقطة الاتزان، تتعادل تدفقات طاقة الموجات القصيرة الآتية والموجات الطويلة الخارجة عند قمة الغلاف الجوي. وفي ظل الأوضاع التي

العصر الصناعي (عام 1750). وكانت زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بين عامي 2013 و2014 مقارنة لمتوسط زيادته طوال العشر سنوات الماضية. وبالنسبة إلى كل من غاز الميثان (CH₄) وأكسيد النيتروز (N₂O)، كانت زيادتهما في الغلاف الجوي بين عامي 2013 و2014 أكبر من الزيادة المشهودة بين عامي 2012 و2013، ومن المعدل المتوسط لزيادته طوال العشر سنوات الماضية. ويبين المؤشر السنوي لغازات الاحتباس الحراري الصادر عن الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) أن التأثير الإشعاعي القسري الناجم عن غازات الاحتباس الحراري الطويلة العمر قد زاد بنسبة 36 في المائة في الفترة 1990 - 2014، ويمثل ثاني أكسيد الكربون نسبة 80 في المائة تقريباً من هذه الزيادة.

ملخص تنفيذي

التحليلات الأخيرة للرصدات التي قدمها برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التابع للمنظمة (WMO) توضح أن المتوسطات العالمية للكسور الجزيئية² لثاني أكسيد الكربون (CO₂) والميثان (CH₄) وأكسيد النيتروز (N₂O) قد بلغت أرقاماً قياسية مرتفعة جديدة في 2014، إذ بلغ ثاني أكسيد الكربون 397.7±0.1 جزء في المليون، وبلغ الميثان 1833±1 جزءاً في البليون²، وأكسيد النيتروز 327.1±0.1 جزء في البليون. وتشكل هذه القيم على التوالي 143 في المائة و262 في المائة و121 في المائة قياساً بمستويات ما قبل

* يمكن تفسير "الكسر الجزيئي" بأنه مقياس للتركيز.



وترتبط غازات الاحتباس الحراري الرئيسية الثلاثة المبينة في الجدول 1 ارتباطاً وثيقاً بالأنشطة البشرية، كما أنها تتفاعل بقوة مع الغلاف الحيوي والمحيطات. والتنبؤ بتطورات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي يتطلب فهماً كيميائياً لمصادرها ومصارفها الكثيرة وكذلك للتحويلات الكيميائية في الغلاف الجوي.

وقد بلغ المؤشر السنوي لغازات الاحتباس الحراري (AGGI) الذي تصدره الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) 1.36، مما يمثل زيادة في التأثير الإشعاعي القسري الإجمالي الناتج عن جميع غازات الاحتباس الحراري الطويلة العمر بنسبة 36 في المائة منذ 1990، وزيادة قدرها 1.2 من عام 2013 إلى عام 2014 (الشكل 1). ويمثل التأثير الإشعاعي القسري الإجمالي الناتج عن جميع الغازات (LLGHGs) في عام 2014 الكسر الجزئي المكافئ لثاني أكسيد الكربون وقدره 481 جزءاً في المليون (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi).

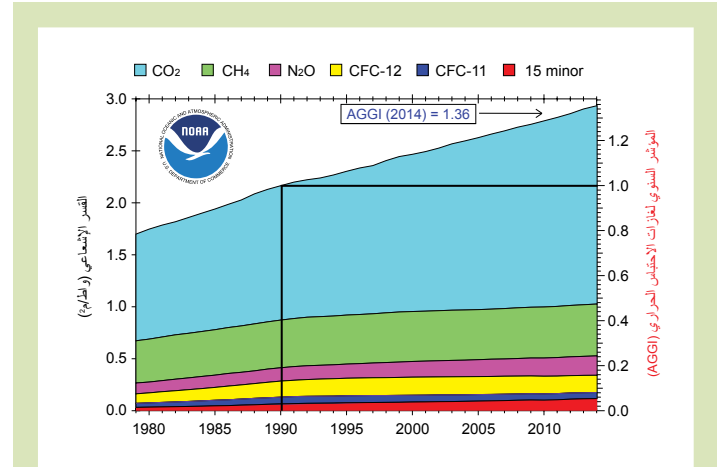
ثاني أكسيد الكربون (CO₂)

ثاني أكسيد الكربون هو أهم غاز من غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن الأنشطة البشرية في الغلاف الجوي، إذ يسهم بنسبة 65 في المائة تقريباً [3] في التأثير الإشعاعي القسري للغازات (LLGHGs). وهو مسؤول عن زهاء 83 في المائة من الزيادة في القسور الإشعاعي خلال العقد الماضي، وزهاء 82 في المائة طوال الخمس سنوات الماضية. وكان مستوى ثاني أكسيد الكربون ما قبل الثورة الصناعية البالغ تقريباً 278 جزءاً في المليون يمثل توازناً للتدفقات السنوية المتبادلة بين الغلاف الجوي والمحيطات والغلاف الحيوي. وقد بلغ مستوى ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في عام 2014، 143 في المائة من مستواه قبل الثورة الصناعية، ويرجع ذلك في المقام الأول إلى الانبعاثات الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري وإنتاج الأسمنت (بلغ مجموع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون 9.9±0.5 ببتاغرام [5] في 2013، طبقاً لما ورد على الموقع التالي (http://www.globalcarbonproject.org)، وإزالة الأشجار وتغيير أنماط استخدام الأراضي (0.9±0.5 ببتاغرام من الكربون [5] في 2013). ومتوسط الزيادة في ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي خلال العقد الماضي تعادل 44 في المائة تقريباً من كمية ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الأنشطة البشرية، أما النسبة المتبقية وقدرها 56 في المائة تقريباً فتمتصها المحيطات والغلاف الحيوي الأرضي. وثاني أكسيد الكربون المنبعث بسبب احتراق الوقود الأحفوري، والذي يظل في الغلاف الجوي (الجزء المحمول جواً)، تتفاوت نسبته بين الأعوام بسبب التقلبية الطبيعية الشديدة لبالوعات ثاني أكسيد الكربون، دون أن يكون هناك اتجاه عالمي مؤكد. وقد بلغ المتوسط العالمي لثاني أكسيد الكربون في عام 2014، 397.7±0.1 جزء في المليون (الشكل 3). ومتوسط الزيادة السنوية من عام 2013 إلى عام 2014، البالغ 1.9 جزء في المليون، أقل من الزيادة المشهودة من عام 2012 إلى عام 2013، ومن متوسط معدل الزيادة في العقد الماضي (~2.06 جزء في المليون سنوياً)، ولكن أكبر من متوسط معدل الزيادة في التسعينيات من القرن الماضي (~1.5 جزء في المليون سنوياً). وانخفاض معدل الزيادة في 2014، قياساً بالسنوات السابقة، يرجع على الأرجح إلى زيادة الامتصاص السنوي لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الحيوي الأرضي في المناطق المدارية وشبه المدارية.

توفر هذه النشرة الحادية عشرة من سلسلة النشرات السنوية المتعلقة بغازات الاحتباس الحراري، والتي يصدرها برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التابع للمنظمة (WMO)، معلومات حول وفرة أهم غازات الاحتباس الحراري الطويلة العمر (LLGHGs) - وهي ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز - ومعدلات تغيرها، كما تقدم ملخصاً لمساهمات الغازات الأخرى. وتسهم هذه الغازات الثلاثة، إلى جانب الكلوروفلوروكربون (CFC-12) - وكلوروفلوروكربون (CFC-11)، بنسبة 96 في المائة تقريباً [3] من التأثير الإشعاعي القسري الناتج عن غازات الاحتباس الحراري الطويلة العمر (LLGHGs) (الشكل 1).

وينسق برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التابع للمنظمة (http://www.wmo.int/gaw) الرصدات والتحليلات المنهجية لغازات الاحتباس الحراري وغيرها من الأنواع النزرية. ويبين الشكل 2 المواقع التي تمت فيها مراقبة غازات الاحتباس الحراري خلال العقد الماضي. وتدرج البلدان المشاركة بيانات القياس، بينما يُعنى المركز العالمي لبيانات غازات الاحتباس الحراري (WDCGG) في الوكالة اليابانية للأرصاء الجوية بأرشفتها وتوزيعها.

ويقدم الجدول 1 المتوسطات العالمية لوفرة غازات الاحتباس الحراري الطويلة العمر الرئيسية الثلاثة في الغلاف الجوي في 2014، والتغيرات في وفرتها منذ عام 2013 و عام 1750. ويتم التوصل إلى النتائج من تحليل مجموعات البيانات (WMO، 2009)، التي يمكن تتبعها بواسطة المعايير المرجعية العالمية التابعة للمنظمة (WMO). ولا تستخدم البيانات الصادرة عن المحطات المتحركة في إجراء هذا التحليل العالمي، باستثناء عملية أخذ العينات في قارورات على متن السفن التي تجريها الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) في المحيط الهادئ (المثلثات الزرقاء في الشكل 2).

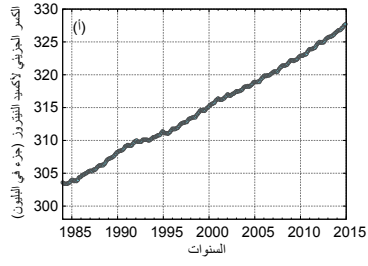


الشكل 1 - التأثير الإشعاعي القسري لغازات الاحتباس الحراري الطويلة العمر، مقارنة بعام 1750، وتحديث 2014 للمؤشر السنوي لغازات الاحتباس الحراري (AGGI) الذي تصدره الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA).

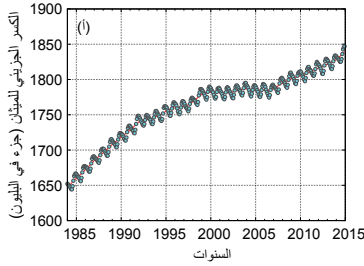
الجدول 1 - المتوسط العالمي السنوي لوفرة واتجاهات تطور غازات الاحتباس الحراري الرئيسية، الصادر عن الشبكة العالمية لمراقبة غازات الاحتباس الحراري التابعة للمراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التابعة للمنظمة (WMO). وتمثل الوحدات الكسور الجزئية للهواء الجاف، ويبلغ عدم اليقين 68 في المائة من حدود الثقة.

أكسيد النيتروز	الميثان	ثاني أكسيد الكربون	
327.1±0.1 ppb	1833±1 ppb	397.7±0.1 ppm	الوفرة العالمية عام 2014 [4]
121%	254%	143%	الوفرة عام 2014 قياساً بعام 1750*
1.1 ppb	9 ppb	1.9 ppm	الزيادة المطلقة بين عامي 2013 و 2014
0.34%	0.49%	0.48%	الزيادة النسبية بين عامي 2013 و 2014
0.87 ppb yr ⁻¹	4.7 ppb yr ⁻¹	2.06 ppm yr ⁻¹	متوسط الزيادة السنوية المطلقة في السنوات العشر الأخيرة

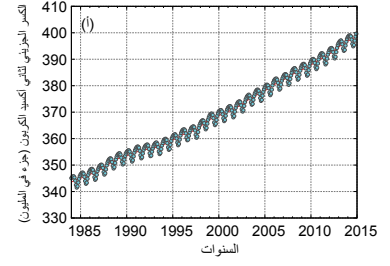
* انطلاقاً من كسر جزئي قبل العصر الصناعي، قدره 278 جزءاً في المليون لثاني أكسيد الكربون، و 722 جزءاً في المليون للميثان، و 270 جزءاً في المليون لأكسيد النيتروز. وبلغ عدد المحطات المستخدمة لتحليل ثاني أكسيد الكربون 122، والميثان 123، وأكسيد النيتروز 33.



الشكل 5 - المتوسط العالمي للحرارة لأكسيد النيتروز (أ) ومعدل زيادته (ب) في الفترة من عام 1984 إلى عام 2014. تبين الأعمدة الواردة في (ب) المتوسطات السنوية لمعدلات الزيادة.



الشكل 4 - المتوسط العالمي للحرارة لغاز الميثان (أ) ومعدل زيادته (ب) في الفترة من عام 1984 إلى عام 2014. تبين الأعمدة الواردة في (ب) المتوسطات السنوية لمعدلات الزيادة.



الشكل 3 - المتوسط العالمي للحرارة لثاني أكسيد الكربون (أ) ومعدل زيادته (ب) من عام 1984 إلى عام 2014. تبين الأعمدة الواردة في (ب) المتوسطات السنوية لمعدلات الزيادة.

غازات الاحتباس الحراري الأخرى

سداسي فلوريد الكبريت (SF_6) غاز فعال من غازات الاحتباس الحراري الطويلة العمر، وينتج قطاع الصناعات الكيماوية كعازل للكهرباء في أجهزة توزيع الطاقة الكهربائية. وقد زاد كسره الجزيئي الحالي ليلعب ضعف المعدل المرصود في منتصف التسعينات من القرن الماضي (الشكل 6 أ). وتسهم مركبات الكلورو فلورو كربون (CFCs) المستفدة للأوزون الستراتوسفيري، إلى جانب الغازات الهالوجينية الضئيلة، بنسبة 12 في المائة تقريباً [3] في التأثير الإشعاعي القسري للغازات (LLGHGs). وبينما تتناقص نسبة الكلوروفلوروكربون (CFCs) ومعظم الهالونات، فإن المركبات الكلورية الفلورية الهيدروجينية (HCFCs) والمركبات الفلورية الهيدروجينية (HFCs)، التي هي بدورها غازات فعالة ضمن غازات الاحتباس الحراري، تتزايد بمعدلات سريعة نسبياً، وإن كانت لا تزال ضئيلة الوفرة (المستويات مقيسة بجزء في التريليون [6])، (الشكل 6 أ) و(ب)).

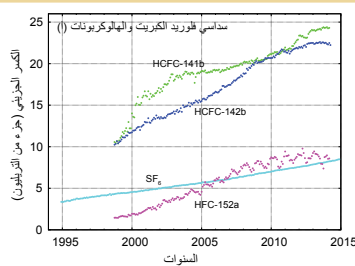
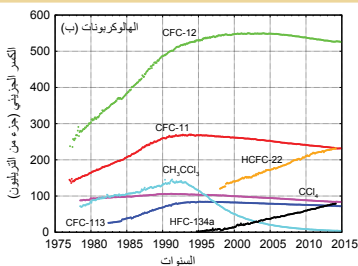
وتتناول هذه النشرة أساساً غازات الاحتباس الحراري الطويلة العمر (LLGHGs). والأوزون التروبوسفيري القصير العمر نسبياً له إشعاع قسري مماثل للإشعاع القسري للهالوكربونات. كما أن ملوثات أخرى، مثل أول أكسيد الكربون (CO) وأكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة، لها آثار محدودة مباشرة أو غير مباشرة في القسري الإشعاعي، وإن كان لا يشار إلى هذه الملوثات باعتبارها من غازات الاحتباس الحراري. والأهباء الجوية (جسيمات دقيقة معلقة) هي أيضاً مواد قصيرة العمر تؤثر في ميزانية الإشعاع. وتجري مراقبة جميع الغازات المذكورة هنا، فضلاً عن الأهباء الجوية، في إطار برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW)، بدعم من البلدان الأعضاء في المنظمة (WMO) والشبكات المساهمة.

الميثان (CH_4)

يسهم غاز الميثان (CH_4) بنسبة 17 في المائة [3] تقريباً في تأثير الإشعاع القسري الناتج عن غازات الاحتباس الحراري الطويلة العمر (LLGHGs). وينجم 40 في المائة تقريباً من غاز الميثان المنبعث في الغلاف الجوي عن مصادر طبيعية (مثل الأراضي الرطبة والنمل الأبيض)، بينما تمثل المصادر البشرية المنشأ (مثل الحيوانات المجترة وزراعة الأرز واستغلال الوقود الأحفوري ومدافن القمامة وحرق الكتلة الأحيائية) حوالي 60 في المائة من انبعاثات الميثان. وقد بلغت نسبة الميثان في الغلاف الجوي 254 في المائة من مستواه قبل الثورة الصناعية (~722 جزءاً في البليون) بسبب زيادة الانبعاثات البشرية المنشأ. وحقق المتوسط العالمي لغاز الميثان رقماً قياسياً جديداً قدره 1 ± 1833 جزءاً في البليون في 2014، بزيادة قدرها 9 أجزاء في البليون قياساً بالعام السابق (الشكل 4). وانخفض معدل زيادة الميثان من ~13 جزءاً في البليون سنوياً خلال بدايات الثمانينات من القرن الماضي إلى ما يقرب من الصفر خلال الفترة 1999 – 2006. ومنذ 2007، أخذ غاز الميثان يتزايد من جديد في الغلاف الجوي بسبب زيادة الانبعاثات في المناطق المدارية وعند خطوط العرض المتوسطة في نصف الكرة الشمالي. وتشير الدراسات التي تستخدم قياسات الميثان التي تجريها المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) إلى أن الأسباب المرجحة هي زيادة انبعاثات الميثان من الأراضي الرطبة في المناطق المدارية ومن المصادر البشرية المنشأ عند خطوط العرض المتوسطة في نصف الكرة الشمالي.

أكسيد النيتروز (N_2O)

يساهم أكسيد النيتروز (N_2O) بنسبة 6 في المائة [3] تقريباً في التأثير الإشعاعي القسري الناتج عن الغازات (LLGHGs). وهو ثالث أهم عنصر مساهم في التأثير الإشعاعي القسري المشترك. وينبعث أكسيد النيتروز في الغلاف الجوي من مصادر طبيعية (زهاء 60 في المائة) ومصادر بشرية (زهاء 40 في المائة) على السواء، بما في ذلك المحيطات والتربة واحتراق الكتلة الحيوية واستخدام السماد والعمليات الصناعية المختلفة. وبلغ المتوسط العالمي للحرارة الجزيئي لأكسيد النيتروز في 2014، 327.1 ± 0.1 جزء في البليون، وهو ما يزيد على العام السابق بمقدار 1.1 جزء في البليون (الشكل 5)، وما يمثل 121 في المائة من مستواه قبل العصر الصناعي (270 جزءاً في البليون). والزيادة السنوية من عام 2013 إلى 2014 أكبر من متوسط معدل الزيادة طوال العشر سنوات الماضية (0.87 في المائة جزء في البليون سنوياً).



الشكل 6 - المتوسط الشهري للحرارة الجزيئية لسداسي فلوريد الكبريت (SF_6) وأهم مركبات الهالوكربونات. ويرد في الشكل (أ) سداسي فلوريد الكبريت (SF_6) والحرارة الجزيئية الأقل للهالوكربونات، ويرد في الشكل (ب) الكسور الجزيئية الأكبر للهالوكربونات. وعدد المحطات المستخدمة في عمليات التحليل هي كما يلي: سداسي فلوريد الكبريت (SF_6) (23)، والكلوروفلوروكربون (CFC-11) (24)، والكلوروفلوروكربون (CFC-12) (24)، والكلوروفلوروكربون (CFC-113) (23)، ورباعي كلوريد الكربون (CCl_4) (21)، والميثيل كلوروفورم (23)، والمركب الكلوري الفلوري الهيدروجيني (HCFC-141b) (9)، والمركب الكلوري الفلوري الهيدروجيني (HCFC-142b) (13)، والمركب الكلوري الفلوري الهيدروجيني (HCFC-22) (13)، والمركب الفلوري الهيدروجيني (HFC-134a) (9)، والمركب الفلوري الهيدروجيني (HFC-152a) (8).

محطات مختارة لرصد غازات الاحتباس الحراري

تقع محطة إزانيا (28.31 درجة شمالاً، و16.50 درجة غرباً، و2373 متراً فوق مستوى سطح البحر)، (<http://izana.aemet.es>) فوق قمة جبل في تينيريف (جزر الكناريا، إسبانيا) فوق طبقة انعكاس حراري دون مدارية قوية. ويدير هذه المحطة مركز إزانيا لبحوث الغلاف الجوي التابع للوكالة الحكومية الإسبانية للأرصاد الجوية (AEMET). وقد بدأت القياسات الموضوعية لغازات الاحتباس الحراري (ثاني أكسيد الكربون والميثان) في إزانيا في 1984، بينما بدأت القياسات الموضوعية لأكسيد النيتروز وسداسي فلوريد الكبريت (SF₆) في 2007. ويرد مزيد من التفاصيل عن برنامج القياسات في إزانيا في تقرير مركز إزانيا لبحوث الغلاف الجوي عن الأنشطة في الفترة 2012-2014 (تقرير المراقبة العالمية للغلاف الجوي رقم 219، 2015).



تقع محطة اينمياندو (36.54 درجة شمالاً، و126.33 درجة شرقاً، و46 متراً فوق مستوى سطح البحر)، التي تشغلها الإدارة الكورية للأرصاد الجوية، على الساحل الغربي لشبه الجزيرة الكورية وتتعرض لتأثير الكتل الهوائية القارية من الشتاء إلى الربيع، وللكتل الهوائية البحرية من المحيط

الهادئ الشمالي في الصيف. وتعمل المحطة منذ عام 1999 على جمع قياسات لثاني أكسيد الكربون والميثان باستخدام مقياس مجوف للضوء الطيفي، بينما يقاس أكسيد النيتروز ومركبات الكلوروفلورو كربون وسداسي فلوريد الكربون بواسطة جهاز كوماتوغرافي للغازات مزود بجهاز كشف حجز الإلكترونات. وفي إطار التعاون مع الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) عبر شبكة أخذ العينات القارورية، تجمع المحطة بيانات عن التكوين المتناحي لثاني أكسيد الكربون.

تقع محطة بوي دو دوم (45.77 Puy - de - Dôme) درجة شمالاً، و2.97 درجة شرقاً، 1465 متراً فوق مستوى سطح البحر) ويشغلها المركز الوطني للبحث العلمي وجامعة بلاز باسكال (www.opgc.fr/SO/) المحيط بوف عينة تمثيلية للتكوين الجوي السينو بيئي للغلاف الجوي الإقليمي. وقد دأبت محطة



بوي دو دوم على قياس الكسور الجزيئية لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي منذ عام 2000. واستخدم منذ عام 2000 جهاز تحليل للغازات غير مشتمت للأشعة تحت الحمراء، ثم استعيض عنه في 2011 بجهاز للمسح الضوئي به تجويف (CRDS) يقيس كل من ثاني أكسيد الكربون والميثان (https://icos-atc.lsce.ipsl.fr/PUY). كما تم في هذه المحطة قياس ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز وسداسي فلوريد الكبريت بدءاً من عام 2010 حتى الآن، بنظام كوماتوغرافي لقياس الغاز. وستواصل مراقبة غازات الاحتباس الحراري في قمة محطة بوي دو دوم، في إطار النظام المتكامل لرصد الكربون التابع للبنية البحثية الأوروبية، ومن المقرر أن تجري كل من المنظمة (WMO) والنظام المتكامل لرصد الكربون (ICOS) عمليات مراجعة لهذه القياسات في 2016.

تعد أمانة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) هذه النشرات وتوزعها بالتعاون مع المركز العالمي لبيانات غازات الاحتباس الحراري التابع للوكالة اليابانية للأرصاد الجوية، والفريق الاستشاري العلمي التابع لبرنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) والمعني بغازات الاحتباس الحراري، وبمساعدة مختبر البحوث الخاص بالنظام الأرضي (ESRL) التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA). وهذه النشرات متاحة على الصفحة الشبكية لبرنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي أو المركز العالمي لبيانات غازات الاحتباس الحراري (WDCGG).

شكر وروابط إلكترونية

ساهم خمسون بلداً من البلدان الأعضاء في المنظمة (WMO) في توفير بيانات متعلقة بثاني أكسيد الكربون للمركز العالمي لبيانات غازات الاحتباس الحراري (WDCGG) التابع لبرنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW). ويأتي زهاء 46 في المائة من سجلات القياس المقدمة للمركز العالمي لبيانات غازات الاحتباس الحراري (WDCGG) من مواقع في الشبكة التعاونية لفحص عينات الهواء التابعة لمختبر البحوث الخاص بالنظام الأرضي التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA). وبالنسبة للشبكات والمحطات الأخرى، انظر تقرير الاجتماع السادس عشر المشترك بين المنظمة (WMO) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) بشأن أساليب قياس ثاني أكسيد الكربون وغازات الاحتباس الحراري الأخرى (GGMT-2011) (تقرير برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) رقم 206 المتاح على الموقع الإلكتروني (<http://www.wmo.int/gaw>). كما تسهم التجربة العالمية المتقدمة الخاصة بغازات الغلاف الجوي (AGAGE) برصدات في هذه النشرة. وعلاوة على ذلك، فإن محطات المراقبة التابعة لبرنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التي تساهم في توفير البيانات المستخدمة في هذه النشرة، والمبينة في الشكل 2، مدرجة في قائمة المساهمين على الموقع الشبكي للمركز العالمي لبيانات غازات الاحتباس الحراري (<http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg>). كما يتم التعريف بهذه المحطات في نظام معلومات محطات المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW/SIS) (<http://gaw.empa.ch/gawsis>) الذي تدعمه دائرة الأرصاد الجوية السويسرية، سويسرا.

المراجع

- Lacis, A.A., J.E. Hansen, G.L. Russell, V. Oinas and J. Jonas, 2013: The role of long-lived greenhouse gases as principal LW control knob that governs the global surface temperature for past and future climate change. *Tellus B*, **65**, 19734, doi:10.3402/tellusb.v65i0.19734.
- Conway, T.J., P.P. Tans, L.S. Waterman, K.W. Thoning, D.R. Kitzis, K.A. Masarie and N. Zhang, 1994: Evidence for interannual variability of the carbon cycle from the National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory global air sampling network, *J. Geophys. Res.*, **99**:22831–22855.
- WMO, 2009: *Technical Report of Global Analysis Method for Major Greenhouse Gases by the World Data Centre for Greenhouse Gases* (Y. Tsutsumi, K. Mori, T. Hirahara, M. Ikegami and T.J. Conway). GAW Report No. 184 (WMO/TD No. 1473), Geneva, 29 pp.

للاتصال

World Meteorological Organization
Atmospheric Environment Research Division,
Research Department, Geneva
E-mail: AREP-MAIL@wmo.int
Website: <http://www.wmo.int/gaw>

World Data Centre for Greenhouse Gases
Japan Meteorological Agency, Tokyo
E-mail: wdcgg@met.kishou.go.jp
Website: <http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg>

- [1] ppm = عدد جزيئات الغاز في المليون (10⁶) من جزيئات الهواء الجاف.
[2] ppb = عدد جزيئات الغاز في البليون (10⁹) من جزيئات الهواء الجاف.
[3] تُحسب هذه النسبة باعتبارها الإسهام النسبي للغاز المذكور (الغازات المذكورة) في زيادة التأثير الإشعاعي القسري العالمي الناتج عن جميع غازات الاحتباس الحراري الطويلة الأمد منذ عام 1750.
[4] تُحسب نطاقت عدم اليقين المشار إليها بطريقة الاستنهاض بناءً على كوني وأخرين، (1994). ويتم حساب عدم اليقين بمعدل ثقة قدره 68 في المائة (1 sigma).
[5] 1 PgC = 1 جيجا طن كربون (GTC) = 1 بليون (10⁹) طن من الكربون أو 10¹⁵ غرام من الكربون.
[6] ppt = عدد جزيئات الغاز في التريليون (10¹²) من جزيئات الهواء الجاف.