المنظمة العالمية للأرصاد الجوية
النشرة الخاصة بغازات الدفيئة

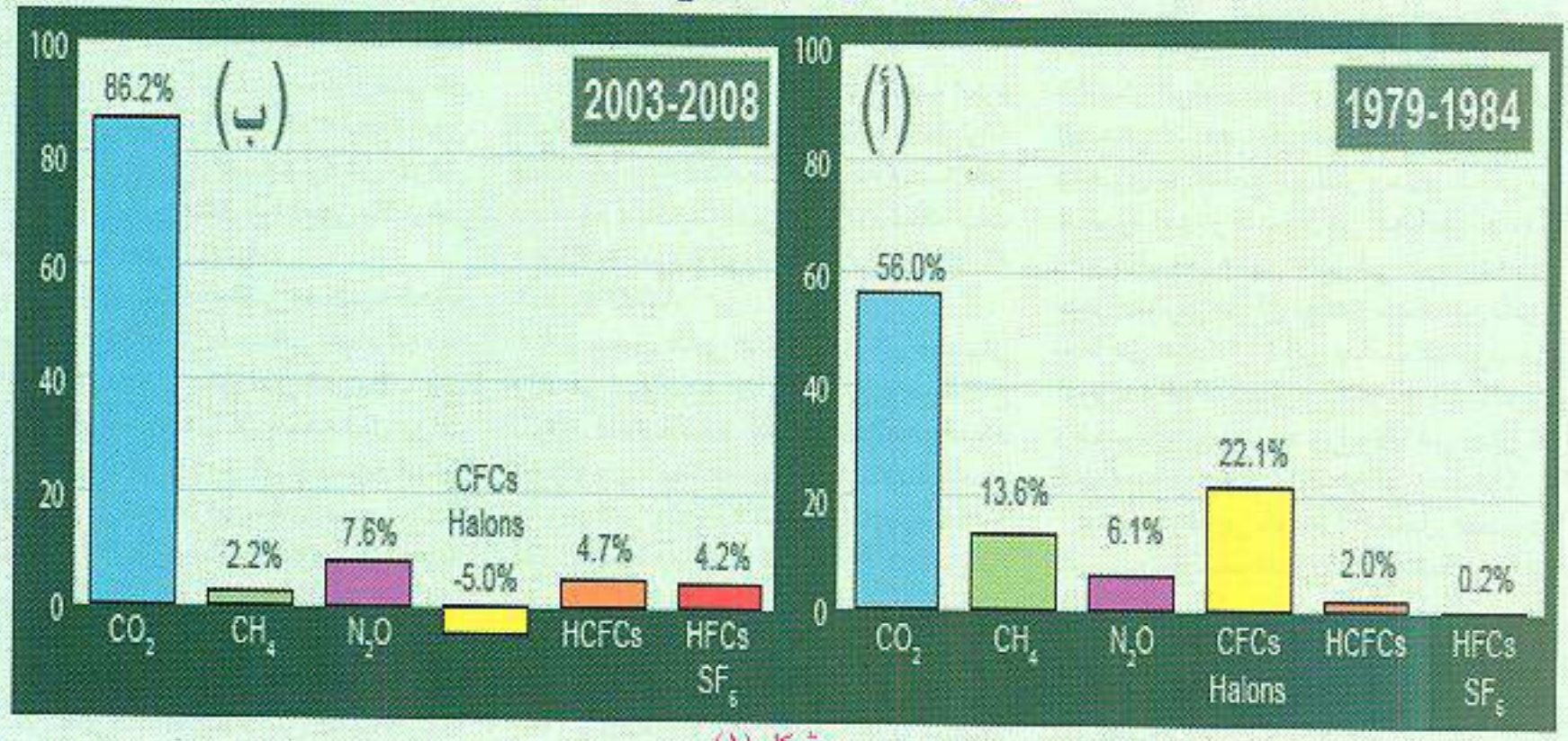
دراسة حالة غازات الدفيئة في الغلاف الجوي باستخدام الرصدات العلمية المنجزة عام ٢٠٠٨

تنسيق

مجدي حكيم بخيت
مدير عام بالتدريب

دكتور/ عماد صلاح عبد الحفيظ
مدير عام بالتدريب

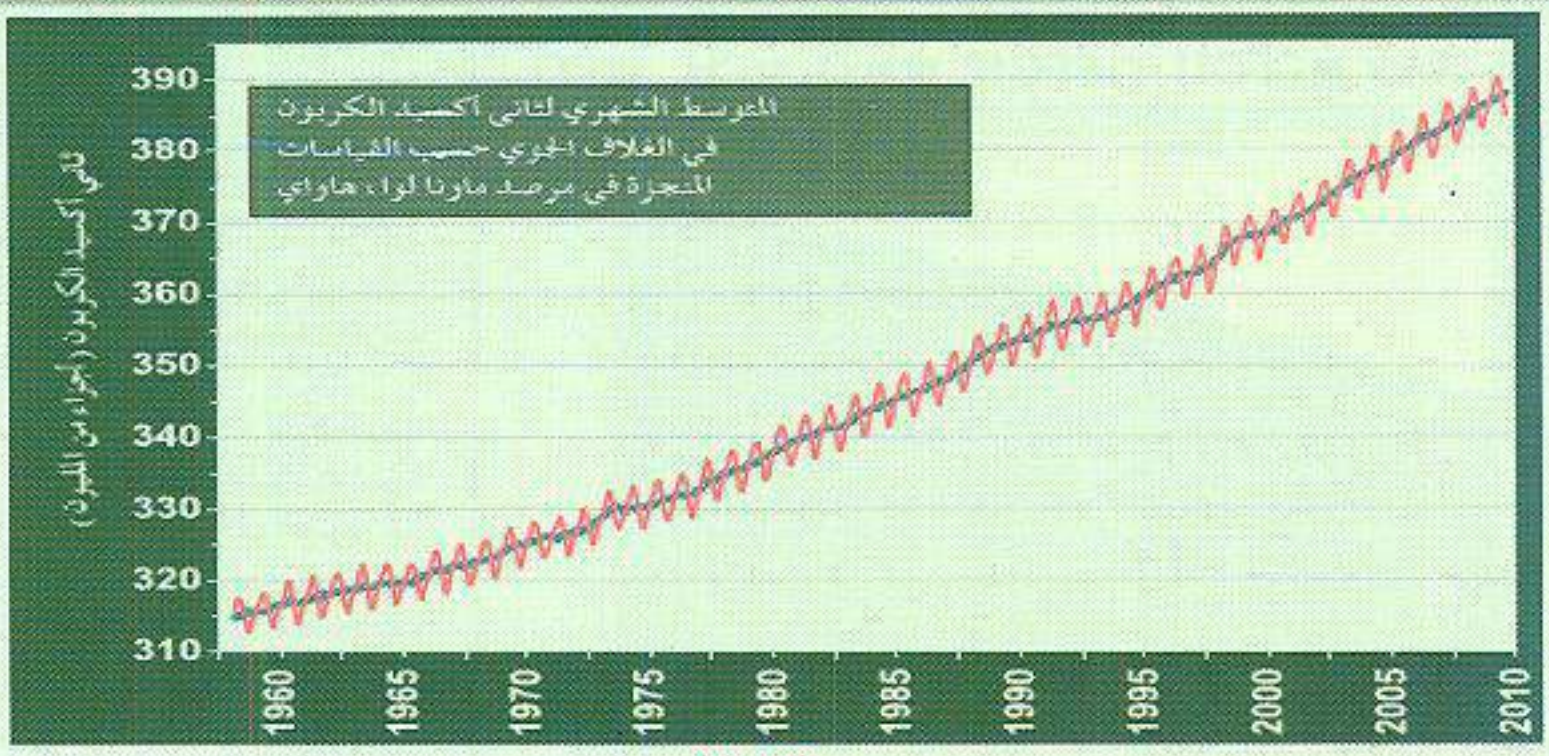
مركز القاهرة الإقليمي للتدريب



شكل (١)

يبين شكل (١) المساهمة النسبية لغازات الدفيئة الرئيسية في التغير العام للتأثير الإشعاعي القسري بين عامي ١٩٧٩ و ١٩٨٤ (أ) ومن عام ٢٠٠٣ إلى عام ٢٠٠٨ (ب). وثمة ارتفاع كبير في وجود ثاني أكسيد الكربون، في حين تراجعت مساهمات مركبات الكلوروفلوروكربون (CFCs) والهالونات لتصبح سلبية اليوم. فقد أخذت مساهمات المركبات الكلورية الفلورية الهيدروجينية (HCFCs) والمركبات الفلورية الهيدروجينية (HFCs) تتزايد بسرعة. ففي الفترة من ٢٠٠٣ إلى ٢٠٠٨، كانت هذه المركبات، إضافة إلى سداسي فلوريد الكبريت (SF6)، مسؤولة عن ٨,٩ ٪ من ارتفاع التأثير الإشعاعي القسري الناجم عن غازات الدفيئة الطويلة الأمد.

يشكل قياس ثاني أكسيد الكربون المنجز في مرصد ماونا لوا أطول سجل للقياس المباشر في الغلاف الجوي. ويوضح المنحنى القاتم اللون (شكل ٢) المتوسط الشهري للبيانات الفصلية المعدلة. وتزداد كمية ثاني



شكل (٢)

أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بشكل أسي بمعدل ٠,٥ ٪ تقريباً سنوياً. طبقا للبيانات التي توفرها مجاناً مؤسسة سكريبس لعلوم المحيطات وجامعة كاليفورنيا والإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA)

تبين آخر تحليلات أجريت للرصدات التي يقوم بها برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التابع للمنظمة (WMO) أن المتوسطات العالمية لنسب الخلط بين ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) وأكسيد النتروز (N_2O) قد بلغت مستويات عالية جديدة عام ٢٠٠٨، إذ وصل ثاني أكسيد الكربون إلى ٣٨٥,٢ جزء في المليون والميثان إلى ١٧٩٧ جزءاً من البليون وأكسيد النتروز إلى ٣٢١,٨ جزء من البليون، وهي معدلات تفوق تلك التي سادت في العصر ما قبل الصناعي (قبل عام ١٧٥٠) بنسب بلغت على التوالي ٣٨ ٪ و ١٥٧ ٪ و ١٩ ٪. وبقيت خلال عام ٢٠٠٨ نسب زيادة ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النتروز في الغلاف الجوي متسقة مع نسب زيادتهما في السنوات الأخيرة. فقد بلغت زيادة نسبة الميثان CH_4 في الغلاف الجوي ٧ أجزاء من البليون بين عامي ٢٠٠٧ و ٢٠٠٨ ، وهي نسبة مماثلة للزيادة التي شهدها العام السابق. وهذه الزيادات هي الأعلى منذ عام ١٩٩٨م. ويبين المؤشر السنوي لغازات الدفيئة (AGGI) الذي تصدره الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) سنوياً أن التأثير الإشعاعي القسري الناجم عن غازات الدفيئة الطويلة الأمد قد ارتفع بنسبة ٢٦,٢ ٪ بين عامي ١٩٩٠ و ٢٠٠٨ . وبلغ التأثير الإشعاعي القسري الموحد الناجم عن المركبات الهالوكربونية ضعف ذلك الناجم عن أكسيد النتروز تقريباً. وتنخفض بعض المركبات الهالوكربونية ببطء نتيجة خفض الانبعاثات وفقاً لبروتوكول مونتريال بشأن المواد المستنفدة لطبقة الأوزون.

عرض عام

هذه هي النشرة الخامسة من سلسلة نشرات سنوية تتعلق بغازات الدفيئة، يصدرها برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التابع للمنظمة (WMO). وتوفر هذه النشرات سنوياً معلومات حول التوافق العالمي بشأن آخر التغيرات والأعباء الجوية التي تشكلها غازات الدفيئة الرئيسية الطويلة الأمد، وهي: ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) وأكسيد النتروز (N_2O) والكلوروفلوروكربون (CFC-12)12 والكلوروفلوروكربون (CFC-11) ١١، كما تعطي ملخصاً يتناول مساهمة الغازات الأقل أهمية (الشكل ٣).

وتسهم هذه الغازات الرئيسية الخمسة بنسبة ٩٦ ٪ تقريباً في زيادة التأثير الإشعاعي القسري الناجم عن غازات الدفيئة الطويلة الأمد منذ عام ١٧٥٠.

ويضطلع برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التابع للمنظمة (WMO) بتنسيق الرصدات المنهجية وتحليل تركيبة الغلاف الجوي، بما في ذلك غازات الدفيئة و غيرها من الأنواع النزرة. وتشكل شبكتا برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) المتعلقتان بثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان(CH_4)، شبكتين شاملتين في إطار النظام العالمي لرصد المناخ (GCOS) ويبين الشكل ٢ المواقع التي تتم فيها مراقبة غازات الدفيئة. وتقدم البلدان المشاركة في البرنامج تقارير خاصة ببيانات القياس بينما يُعنى المركز العالمي لبيانات غازات الدفيئة (WDCGG) في الوكالة اليابانية للأرصاد الجوية (JMA) بأرشفتها وتوزيعها (الموقع الإلكتروني http:// gaw.kishou.go.jp/wdcgg)

وتتوافر الإحصاءات الخاصة بوفرة وتغيرات غازات الدفيئة الرئيسية الثلاثة في الغلاف الجوي العالمي في الجدول ١. ويتم الحصول على هذه النتائج من خلال منهجية تحليل عالمية (تقرير برنامج (GAW) رقم ١٨٤ ، المتاح على الموقع الإلكتروني http:// www.wmo.int/pages/prog/arep/gawdocuments/TD_1473_GAW184_web.pdf تستخدم

مجموعة من البيانات يمكن تتبعها بواسطة المعايير المرجعية العالمية التابعة للمنظمة (WMO) ولا تستخدم البيانات الآتية من المحطات المتحركة لإجراء

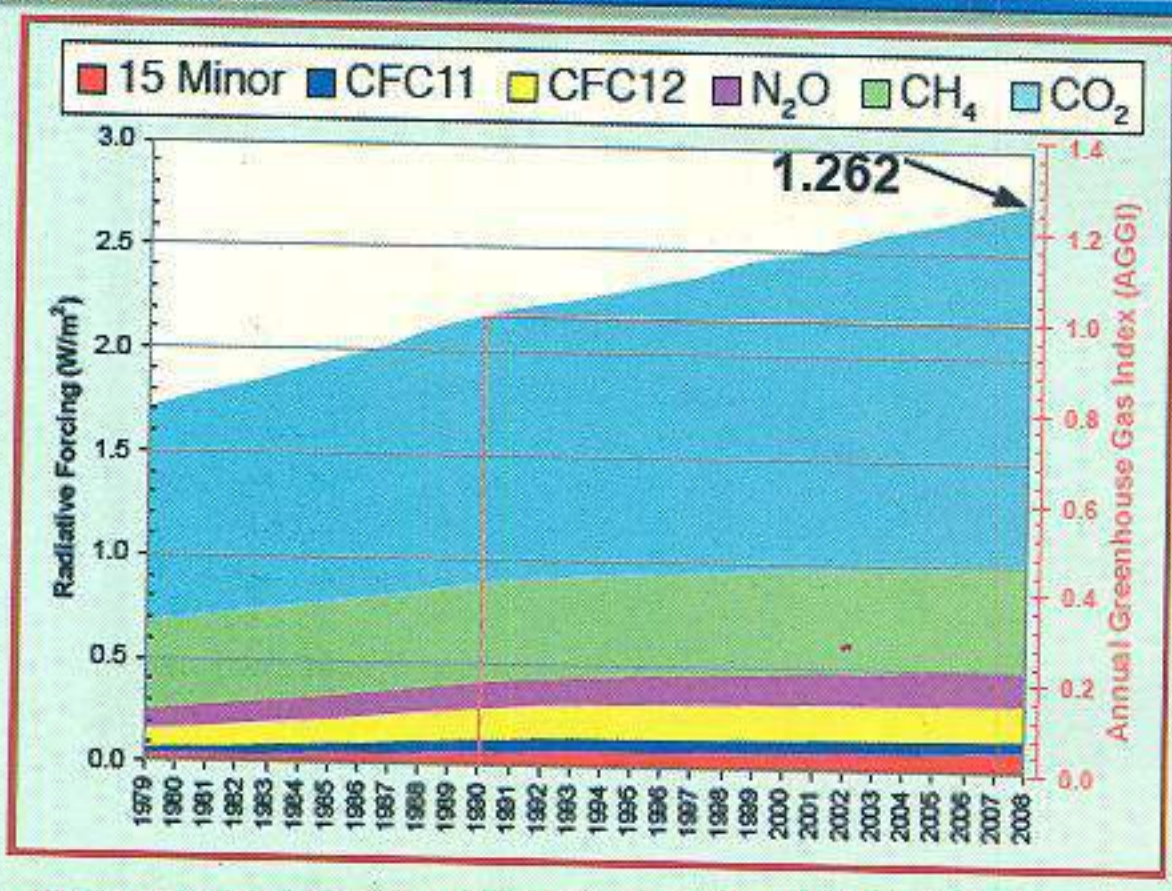
التحاليل العالمية، باستثناء عمليات أخذ العينات في قارورات التي تقوم بها الإدارة

الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA).

وتزداد غازات الدفيئة الرئيسية الثلاثة المبينة في الجدول ١ في الغلاف الجوي منذ بداية العصر الصناعي. وبخار الماء هو أبرز غازات الدفيئة لكن لا يتم ربطه بالنشاطات البشرية إلا من خلال التغذيات المرتدة للمناخ.

وتركز هذه النشرة على غازات الدفيئة التي تتأثر بشكل مباشر بالأنشطة البشرية والتي تبقى عامة في الغلاف الجوي لمدة أطول بكثير من بخار الماء . فغازات الدفيئة الرئيسية الثلاثة لا ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالأنشطة البشرية فحسب، بل إنها تتفاعل كذلك بشكل كبير مع الغلاف الحيوي والمحيطات. كما تؤثر التفاعلات الكيميائية في الغلاف الجوي على وفرة هذه الغازات. ويتطلب التنبؤ بتطور غازات الدفيئة في الغلاف الجوي فهماً جيداً لمصادرها ومصارفها الكثيرة.

ويبين المؤشر السنوي لغازات الدفيئة (AGGI) الذي تصدره الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) سنوياً أن التأثير الإشعاعي القسري الإجمالي الناجم عن غازات الدفيئة الطويلة الأمد قد ارتفع بنسبة ٢٦,٢ ٪ منذ عام ١٩٩٠ وبنسبة ١,٣ ٪ بين عامي ٢٠٠٧ و ٢٠٠٨

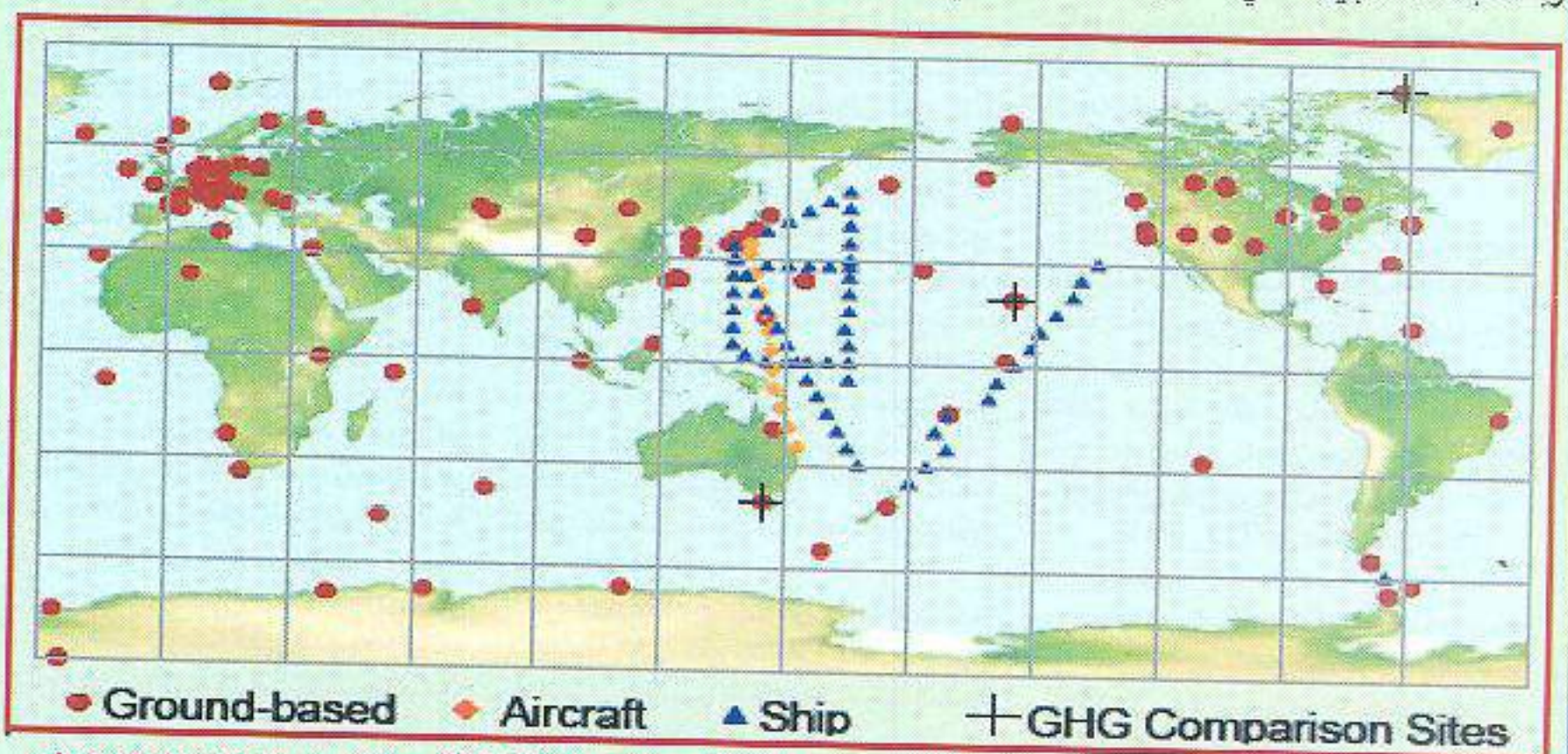


الشكل ٣ التأثير الإشعاعي القسري لغازات الدفيئة الطويلة الامد(بعد عام ١٧٥٠) والتحدث المنجز عام ٢٠٠٨ على المؤشر السنوي لغازات الدفيئة ((AGGIالذي تصدره الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي(NOAA). واختير عام ١٩٩٠ ليكون العام المرجعي بالنسبة للمؤشر (مؤشر AGGI=١).

(انظر الشكل ٣ والموقع الإلكتروني http:// www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/)

ثاني أكسيد الكربون CO_2

ثاني أكسيد الكربون هو أهم غاز من غازات الدفيئة المنبعثة في الغلاف الجوي بفعل الإنسان، ويساهم بنسبة ٦٣,٥ ٪ (هذه النسبة المئوية محسوبة باعتبارها الإسهام النسبي للغاز المذكور في الزيادة في التأثير



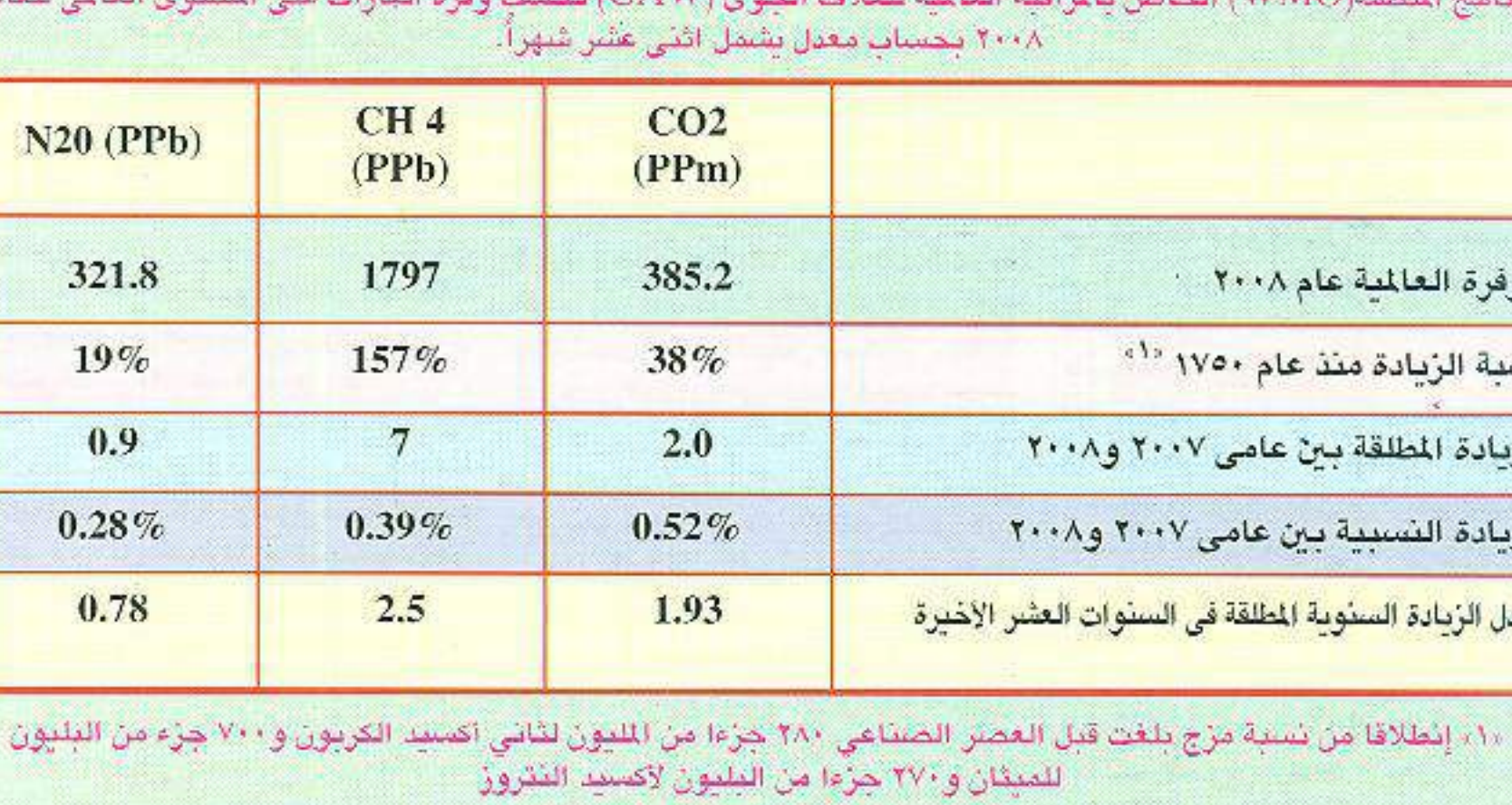
شكل ٤ الشبكة العالمية المعنية بثاني أكسيد الكربون التابعة لبرنامج المنظمة (WMO) الخاص بالمراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) تشابه الشبكة الخاصة بالميثان هذه الشبكة

الجدول ١ – وفرة غازات الدفيئة الرئيسية وتغيرها على المستوى العالمى وفقاً للشبكة العالمية لمراقبة غازات الدفيئة التابعة لبرنامج المنظمة(WMO) الخاص بالمراقبة العالمية للغلاف الجوى (GAW) تحسب وفرة الغازات على المستوى العالمى للعام ٢٠٠٨ بحساب معدل يشمل اثنى عشر شهراً.

	CO2 (PPm)	CH 4 (PPb)	N20 (PPb)
الوفرة العالمية عام ٢٠٠٨	385.2	1797	321.8
نسبة الزيادة منذ عام ١٧٥٠ «١»	38%	157%	19%
الزيادة المطلقة بين عامى ٢٠٠٧ و٢٠٠٨	2.0	7	0.9
الزيادة النسبية بين عامى ٢٠٠٧ و٢٠٠٨	0.52%	0.39%	0.28%
معدل الزيادة السنوية المطلقة فى السنوات العشر الأخيرة	1.93	2.5	0.78

«١» إنطلاقا من نسبة مزج بلغت قبل العصر الصناعي ٢٨٠ جزءا من المليون لثاني أكسيد الكربون و٧٠٠ جزء من البليون للميثان و٢٧٠ جزءا من البليون لأكسيد النتروز

الإشعاعي القسري العالمي الذي تسببت فيه جميع غازات الدفيئة طويلة الأمد منذ ١٧٥٠. (http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi) في التأثير الإشعاعي القسري العام على مستوى العالم. لكن ثاني أكسيد الكربون تسبب في ارتفاع التأثير الإشعاعي القسري بنسبة ٨٥ ٪ خلال العقد الماضي وبنسبة ٨٦ ٪ خلال السنوات الخمس الأخيرة. وبقيت وفرة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لما يقارب ١٠٠٠٠ عام قبل العصر الصناعي ثابتة بمعدل ٢٨٠ جزءاً من المليون (يعادل الجزء من المليون عدد جزئيات الغاز في مليون جزئية من جزئيات الهواء الجاف). وتساوي هذه الوفرة معدلاً بين الغلاف الجوي والمحيطات والغلاف الحيوي. وقد ارتفع ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنسبة ٣٨ ٪ منذ عام ١٧٥٠ وذلك، في المقام الأول، بفعل انبعاثات الوقود الأحفوري (٨,٦٢ جيجا طن كربون في ٢٠٠٧) وإزالة الغابات وتغيير استخدام الأراضي (٢,٥



شكل ٥: معدل ثاني اكسيد الكربون على المستوى العالمى(أ) ونسبة ارتفاعه (ب) بين عامى ١٩٨٣و٢٠٠٨.

٠,٥ جيجا طن كربون سنوياً في الفترة بين ٢٠٠٥و ٢٠٠٨) وبينت القياسات العالية الدقة لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي التي بدأت عام ١٩٥٨ أن معدل ارتفاع ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يوازي ما يقارب ٥٥ ٪ من ثاني أكسيد الكربون الناجم عن احتراق الوقود الأحفوري. وقد أزيل ثاني أكسيد الكربون المتبقي من الغلاف الجوي بفضل المحيطات وغلاف الأرض الحيوي. وبلغ المعدل العالمي لثاني أكسيد الكربون عام ٢٠٠٨ ، ٣٨٥,٢ جزءاً من المليون بارتفاع وصل إلى ٢,٠ جزء من المليون عن السنة السابقة)انظر الشكل٥) وتفوق نسبة الزيادة المذكورة معدل نسبة فترة التسعينات من القرن الماضي)ما يقارب ١,٥ جزء من المليون سنوياً) وذلك بشكل رئيسي بسبب زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن احتراق الوقود الأحفوري.

غاز الميثان CH_4

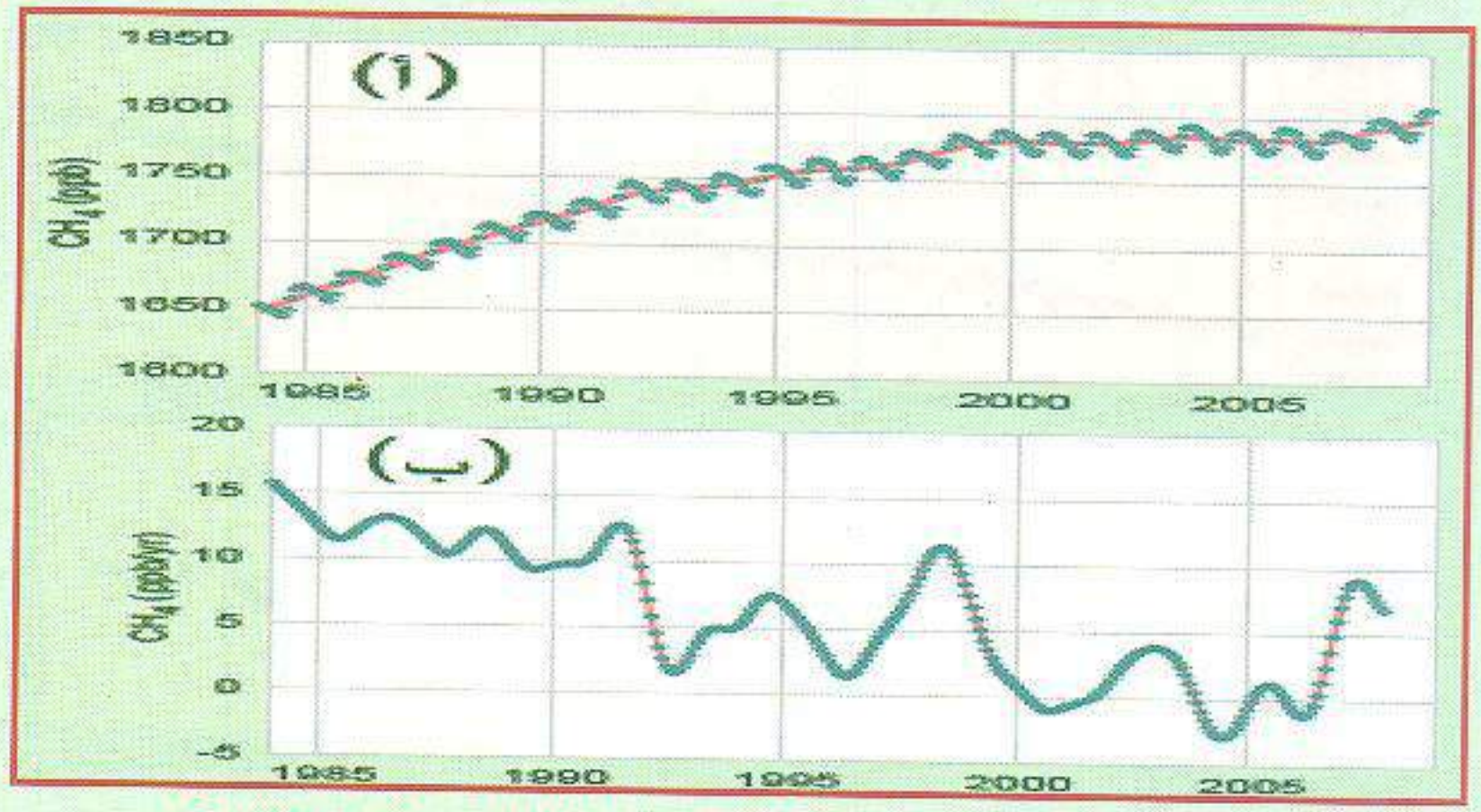
يساهم غاز الميثان بنسبة ١٨,٢ ٪ في التأثير الإشعاعي القسري العام على مستوى العالم. وينبعث الميثان في الجو من مصادر طبيعية (٤٠ ٪ تقريباً من الأراضي الرطبة والنمل الأبيض على سبيل المثال) وبشرية المنشأ (٦٠ ٪ تقريباً من الحيوانات المجترة وزراعة الأرز واستغلال الوقود الأحفوري ومدافن القمامة وحرق الكتلة الأحيائية). ويُزال الميثان من الغلاف الجوي، في المقام الأول، من خلال تفاعله مع شق الهيدروكسيل (OH). وكانت نسبة الميثان في الغلاف الجوي قبل العصر الصناعي تقارب ٧٠٠ جزء من البليون (يعادل جزء البليون عدد جزئيات الغاز في كل بليون (٩١٠ من جزئيات الهواء الجاف). وتتسبب الانبعاثات البشرية المنشأ بارتفاع الميثان الذي بلغ ١٥٧ ٪. هذا وبلغ المعدل العالمي للميثان عام ٢٠٠٨ ، ١٧٩٧ جزءاً من البليون، أي بزيادة بلغت ٧ أجزاء من البليون بالنسبة للعام السابق. ويفوق هذا المعدل أعلى مستوى سنوي سُجل حتى الآن وهو معدل عام ٢٠٠٧ (انظر الشكل ٦).

وكان الميثان يتزايد بنسبة ١٣ جزءاً من البليون في الثمانينات من القرن الماضي، في حين أن هذا المعدل تراجع في العقد الماضي. ويعقب الارتفاع البالغ ٧أجزاء من البليون بين عامي ٢٠٠٧و ٢٠٠٨ ارتفاعاً بلغ النسبة نفسها في العام السابق، وهما يمثلان أعلى نسبة ارتفاع سنوي سجل منذ عام ١٩٩٨ . ولا تتيح البيانات المتوفرة معرفة ما إذا كان الارتفاع البالغ ١٤جزءاً من البليون خلال سنتين هو بمثابة بداية توجه جديد نحو الارتفاع في نسب الميثان في الغلاف الجوي. ويتعين، بغية تحسين فهم العمليات التي تؤثر على انبعاثات الميثان، إجراء المزيد من عمليات القياس في المواقع، بقرب أماكن تواجد مصادر الميثان.

أكسيد النتروز N_2O

يساهم أكسيد النتروز بنسبة ٦,٢ ٪ في التأثير الإشعاعي القسري العام على مستوى العالم. وكان تركز أكسيد النتروز في الغلاف الجوي قبل العصر الصناعي يبلغ ٢٧٠ جزءاً من البليون. ينبعث أكسيد النتروز في الغلاف الجوي من مصادر طبيعية وبشرية المنشأ، بما في ذلك المحيطات والتربة وحرق الكتلة الأحيائية واستخدام الأسمدة والعمليات الصناعية المختلفة. ويحتمل أن تشكل المصادر البشرية المنشأ حوالي ٤٠ ٪ من إجمالي انبعاثات أكسيد النتروز. ويُزال أكسيد النتروز من الغلاف الجوي بواسطة العمليات الكيميائية الضوئية في الستراتوسفير. وبلغ المعدل العالمي من أكسيد النتروز عام ٢٠٠٨ ،٣٢١,٨ جزءاً من البليون بارتفاع يعادل ٠,٩ جزء من البليون بالنسبة للسنة السابقة (الشكل ٧) ومعدل يفوق معدل العصر ما قبل الصناعي بنسبة ١٩ ٪. وبلغ معدل الارتفاع ٠,٧٨ جزء من البليون سنوياً في العشر سنوات الأخيرة.

غازات الدفيئة الأخرى

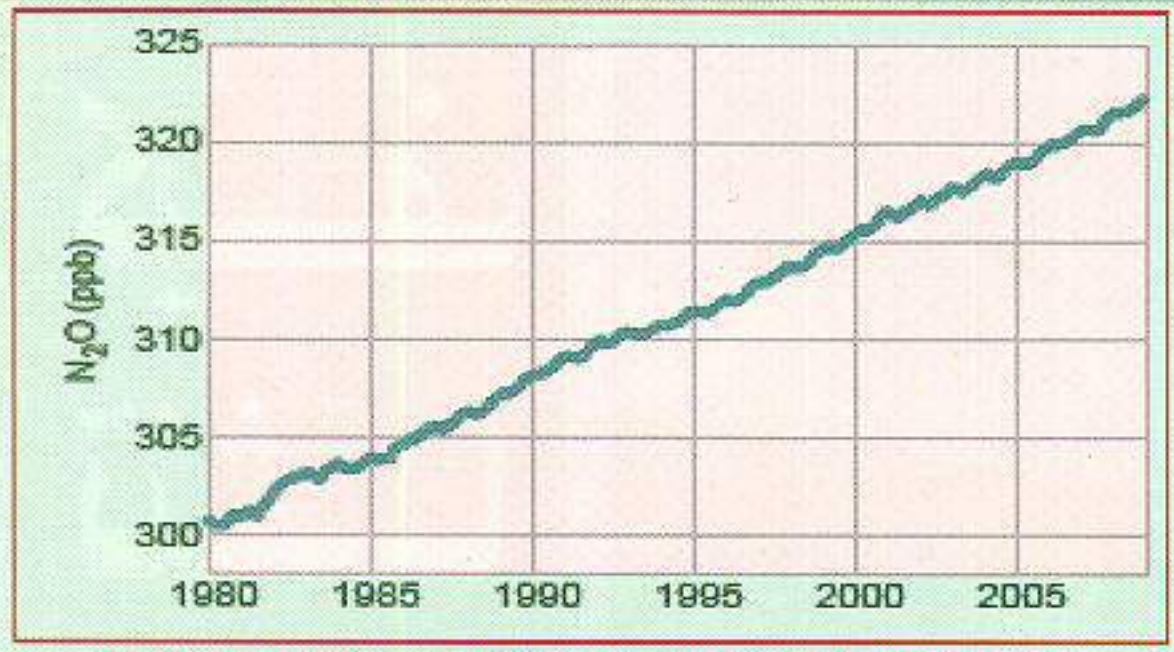


شكل ٦ : معدل الميثان على المستوى العالمي(أ) ونسبة ارتفاعه(ب) بين عامي ١٩٨٤و٢٠٠٨.

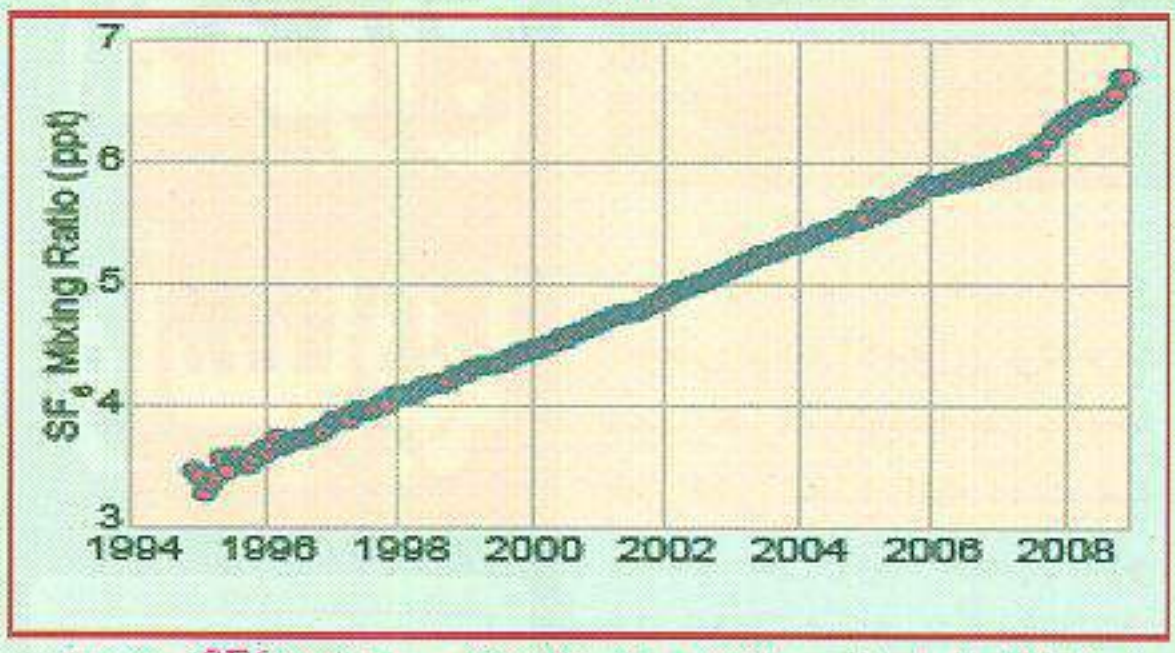
إن سداسي فلوريد الكبريب (SF6) غاز فعال ذو أمد بقاء طويل يخضع للمراقبة بموجب بروتوكول كيوتو. ينتج هذا الغاز بشكل اصطناعي ويستخدم كعازل للكهرباء في أجهزة توزيع الطاقة الكهربائية. وقد ارتفع معدل مزجه ليبلغ ضعف المعدل المسجل في منتصف التسعينات من القرن الماضي (الشكل ٨)

وتساهم مركبات الكلوروفلوروكربون CFCs المستنفدة للأوزون والغازات المهلجنة الضئيلة، بنسبة ١٢ ٪ في التأثير الإشعاعي القسري العام على مستوى العالم. وفي حين تتراجع نسبة الكلوروفلوروكربون (CFCs) ومعظم الهالونات، فإن المركبات الكلورية الفلورية الهيدروجينية HCFCs والمركبات الفلورية الهيدروجينية HFCs، التي هي بدورها غازات فعالة، تتزايد بسرعة وإن كانت لاتزال ضئيلة الوفرة (الشكل ٩).

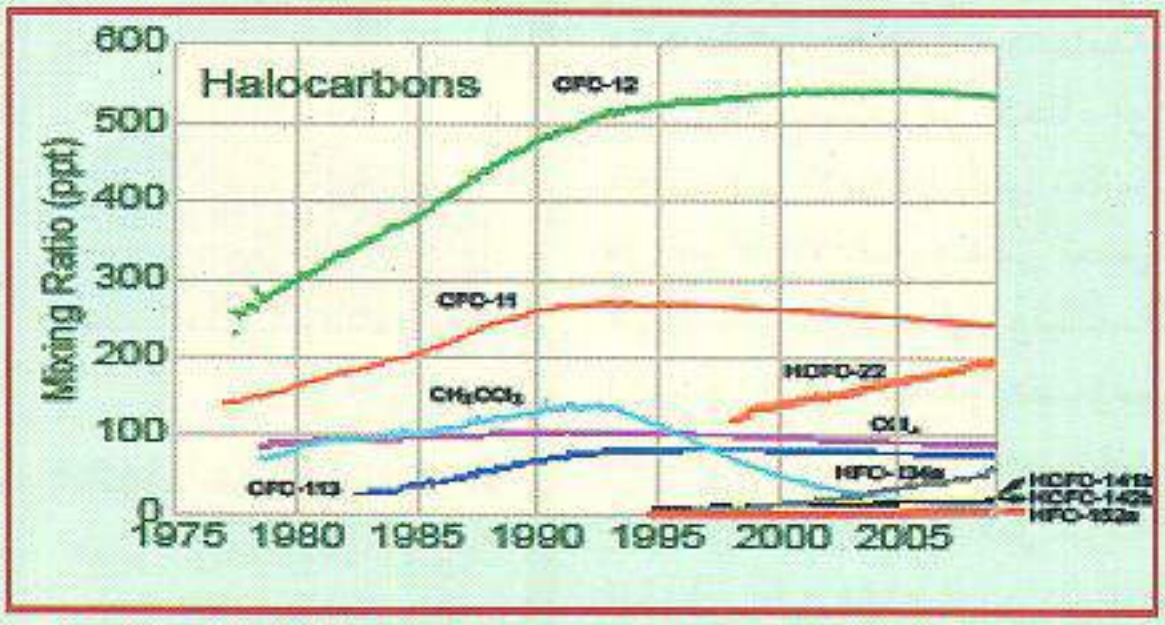
ولا يطول أمد بقاء الأوزون في التروبوسفير، لكن زيادة ظاهرة الدفيئة في طبقة أوزون التروبوسفير بفعل أنشطة الإنسان في القرن الماضي، تعادل زيادة الكربونات الهالوجينية، وإن كانت أقل منها حتمية. ومن الصعب تقييم التوزيع العالمي لأوزون التروبوسفير والمنحى الذي سيتخذه نظراً لتوزيعه الجغرافي غير المنتظم وتقلبيته الزمنية المرتفعة. كما أن الكثير من الملوثات الأخرى (مثل أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة)، وإن كانت ضئيلة الأهمية كغازات دفيئة، لها أثر غير مباشر على التأثير الإشعاعي القسري يعود إلى تأثيرها على أوزون التروبوسفير وثاني أكسيد الكربون والميثان. كما تشكل الأهباء (جسيمات دقيقة معلقة)، بما في ذلك الكربون الأسود، مواد قصيرة أمد البقاء لها تأثيرها على التأثير الإشعاعي. وتتم مراقبة جميع الغازات المذكورة في هذه النشرة والأهباء في إطار برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي التابع للمنظمة العالمية GAW للأرصاد الجوية WMO الذي تدعمه البلدان الأعضاء والشبكات المساهمة.



شكل ٧: المعدل الشهري على المستوى العالمي لنسب خلط أكسيد النتروز بين عامي ١٩٨٠و٢٠٠٨.



شكل ٨: المعدل الشهري لنسب مزج سداسي فلوريد الكبريت(SF6) بين عامي ١٩٩٥و ٢٠٠٨ الذي يقدر بحساب معدل نتائج ٢٤ محطة.



شكل ٩: المعدل الشهري لنسب أبرز الكربونات الهالوجينية بين عامي ١٩٧٧و ٢٠٠٨ الذي يقدر بحساب معدل نتائج الشبكة (بين ٧و٥٦ محطة).