حماية طبقة الأوزون والنظام المناخي العالمي

القضايا المتعلقة بمركبات الهيدروكربون الفلورية والمواد الكربونية الفلورية المشبعة

ملخص لصانعي السياسات والملخص الفني

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)
فريق التقييم التكنولوجي والاقتصادي

WMO

UNEP

يوفر التقرير الخاص "حماية طبقة الأوزون والنظام المناخي العالمي: القضايا المتعلقة بمركبات الهيدروكربون الفلورية والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة" معلومات ذات صلة باتخاذ القرارات المتعلقة بحماية طبقة الأوزون والنظام المناخي – وهما مسألتان بيئيتان عالميتان تشملان الاعتبارات العلمية والفنية المركبة. وقد أصدرته الهيئة (IPCC) وفريق التقييم التكنولوجي والاقتصادي (TEAP) التابع لبروتوكول مونتريال بناء على دعوة من اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول مونتريال.

وقد أدت البراهين العلمية التي تربط بين المركبات CFCs والمواد الأخرى المستنفدة للأوزون ونفاد الأوزون العالمي إلى المراقبة الأولية للمواد الكيميائية في إطار بروتوكول مونتريال لعام 1987 وإلى التعديلات والتنقيحات التي أدخلت في التسعينات والتي أضافت مواداً أخرى مستنفدة للأوزون ووافقت على الإزالة التدريجية وسرعة هذه الإزالة التدريجية. ومع تطور النهج الرامية إلى الإزالة التدريجية للمواد المستنفدة للأوزون اتضح أن بعض الإجراءات المتخذة للحد من استنفاد طبقة الأوزون في المستقبل، ولاسيما استنباط المركبات HFCs وPFCs يمكن أن تؤثر على الاحترار العالمي. وعند التفاوض على بروتوكول كيوتو في عام 1997 أصبحت هناك حوافز للبلدان على مراعاة كيفية تأثير الاختيارات بين البدائل على أهداف البروتوكولين.

وتتوقف إمكانية تأثير كل من بدائل المواد المستنفدة للأوزون على النظام المناخي، لا على الخواص الفيزيائية والكيميائية للمواد ذاتها فحسب، بل والعوامل التي تؤثر في انبعاثاتها إلى الغلاف الجوي، كالاحتواء وإعادة التدوير والإتلاف وكفاءة الطاقة في تطبيقات بعينها. ويقدم التقرير في أحد عشر فصلاً ومرفقات داعمة، السياق العلمي اللازم للنظر في الخيارات بين بدائل المواد المستنفدة للأوزون؛ والمنهجيات المحتملة لتقييم الخيارات؛ والقضايا الفنية المتعلقة بغرض الحد من انبعاثات غازات الدفيئة أمام كل القطاعات المعنية بما في ذلك التبريد وتكييف الهواء والرغاوى والهباءات والوقاية من الحريق والمذيبات. كذلك يعالج التقرير توافر المركبات HFCs في المستقبل.

وقد أنشئت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) مشاركة بين المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (يونيب). وأنشأت الأطراف في بروتوكول مونتريال الفريق TEAP. وهذه الأفرقة توفر تقييمات دولية ذات حجية للمعلومات العلمية والفنية والاقتصادية الاجتماعية بشأن تغير المناخ، وبشأن حالة تكنولوجيا حماية طبقة الأوزون الستراتوسفيري.

والتقرير الخاص الكامل تنشره مطابع جامعة كمبريدج (http://www.cambridge.org) والنسخة الرقمية يمكن الحصول عليها عبر موقع أمانة الهيئة IPCC على الشبكة (http:www.ipcc.ch) أو يمكن الحصول عليها على أقراص مدمجة بذاكرة للقراءة فقط من أمانة الهيئة IPCC. وتتضمن هذه النشرة الملخص لصانعي السياسات والملخص الفني للتقرير.

التقرير الخاص لفريق التقييم التكنولوجي الاقتصادي TEAP

التابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)
والخاص بحماية طبقة الأوزون والنظام المناخي العالمي:
القضايا المتعلقة بمركبات الهيدروكربون الفلورية
والمواد الكربونية الفلورية المشبعة

ملخص لصانعي السياسات

تقرير أعده الفريقان العاملان الأول والثالث التابعان للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ

والملخص الفني

تقرير وافق عليه الفريقان العاملان الأول والثالث التابعان
للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ولكن لم يقراه بالتفصيل

أصدرت هذا التقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) وفريق التقييم التكنولوجي الاقتصادي (TEAP) بناءً على دعوة من اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول مونتريال

© الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2005
ISBN: 92-9169-518-1

تمهيـــد

أنشئت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) في عام 1988 مشاركة بين المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، لتقييم المعلومات المتاحة عن علم تغير المناخ وتأثيراته واقتصادياته والخيارات الخاصة بتخفيض آثاره و/أو التكيف معه. وفضلاً عن هذا فالهيئة IPCC تسدي عند الطلب المشورة العلمية والفنية والاقتصادية الاجتماعية إلى مؤتمر الأطراف (COP) فى اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC). وقد أصدرت الهيئة IPCC سلسلة من تقارير التقييم والتقارير الخاصة والورقات الفنية والمنهجيات ومنتجات أخرى أصبحت أعمالاً مرجعية وانتشر استخدامها بين صانعي السياسات والعلميين وسائر الخبراء.

وقد أعد التقرير الخاص لفريق التقييم التكنولوجي والاقتصادي (TEAP) عن حماية طبقة الأوزون والنظام المناخي العالمي استجابة لدعوات من الاتفاقية الإطارية (UNFCCC)[1]وبورتوكول مونتريال بشأن المواد المستنفدة لطبقة الأوزون[2]. وقد طلب إلى الهيئة IPCC وفريق التقييم TEAP المعني ببروتوكول مونتريال العمل معاً لوضع تقرير خاص متوازن علمي وفني وذي صلة بالسياسات. وشمل الطلب تقييماً علمياً لارتباط طبقة الأوزون وتغير المناخ وإعداد معلومات ملائمة للمستخدمين ومحايدة من ناحية السياسات لمساعدة جميع الأطراف وأصحاب المصلحة في اتخاذ القرارات الواعية عند تقييم بدائل المواد المستنفدة للأوزون.

وترجع المناقشات بشأن هذه المواضيع إلى زمن بعيد وتشمل المداولات في المؤتمر الرابع عشر للأطراف في الاتفاقية UNFCCC (المعقود في عام 1998 في بوينس آيريس) الذي دعا الأطراف وجميع الكيانات المعنية إلى تقديم معلومات إلى أمانة الاتفاقية عن السبل والوسائل المتاحة والمحتملة للحد من انبعاثات مركبات الهيدروكربون الفلورية (HFCs) والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs) عندما تستخدم كبدائل للمواد المستنفدة للأوزون. وفي عام 1999 عقد اجتماع للخبراء من الفريقين TEAP/IPCC[3]، تصدى للقضية وشكّل أساساً هاماً للجهد الحالي، مع المعلومات الجديدة عن العلم والتكنولوجيا واحتياجات السياسات.

ميشيل جارو
الأمين العام،
المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

وعقب قرار المؤتمر الثامن للأطراف في الاتفاقية UNFCCC رحب الاجتماع الرابع عشر للأطراف في بروتوكول مونتريال (روما، إيطاليا 25-29 تشرين الثاني/نوفمبر 2002 بهذا القرار وطلب إلى الفريق TEAP العمل مع الهيئة IPCC في إعداد التقرير الخاص، وطالب بتقديم التقرير في الوقت نفسه إلى الفريق العامل المفتوح العضوية في إطار بروتوكول مونتريال وSBSTA UNFCCC. وأقرت الهيئة نطاق وهيكل ومخطط التقرير الخاص، في جلسات عامة في دورتها العشرين في باريس، فرنسا، في الفترة 19-21 شباط/فبراير 2003.

وكما هى العادة في الهيئة IPCC كان النجاح في إعداد هذا التقرير مرهوناً في المقام الأول بحماس وتعاون الخبراء من جميع أنحاء العالم في كثير من التخصصات وإن كانت مختلفة. ونحن نعرب عن امتناننا لكل من ساهم في هذا العمل من المؤلفين ومحرري الاستعراض والخبراء المستعرضين. فقد كرس هؤلاء الأفراد الكثير من الوقت والجهد لإصدار هذا التقرير ونحن نعرب عن امتناننا الشديد لالتزامهم بعملية الهيئة IPCC.

ونعرب عن شكرنا الخالص للجنة التوجيهية لهذا التقرير التي تتألف من الرؤساء المشاركين من الفريق TEAP والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC):

ستيفن أندرسن، ولامبرت كوجبرز، وخوسيه بونس من الفريق TEAP

وسوزان سولومون، وأوغونلاد ديفيدسون، وويبرت ميتس (رئيس اللجنة التوجيهية) من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC).

ونحن على ثقة بأن هذا التقرير الخاص يوفر تقييماً متوازناً علمياً ومتصلاً بالسياسات سوف يساعد كل المعنيين في اتخاذ القرارات عند النظر في بدائل المواد المستنفدة للأوزون.

كلاوس طوبفير
المدير التنفيذي
لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة
والمدير العام لمكتب الأمم المتحدة في نيروبي

1 المقرر 1 Add/7/CP/2002/FCCC, CP.8، 12 الصفحة 30. المؤتمر الثامن للأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، نيودلهي، الهند، 23 تشرين الأول/أكتوبر 1 - تشرين الثاني/نوفمبر 2002.
2 المقرر XIV/10 UNEP/OzL.Pro.14/9، الصفحة 42. الاجتماع الرابع عشر للأطراف في بروتوكول مونتريال، روما، إيطاليا، 29-25 تشرين الثاني/نوفمبر 2002.
3 محاضر اجتماع الخبراء المشترك TEAP/IPCC بشأن خيارات الحد من انبعاثات المركبات HFCs وPFCs، بيتين، هولندا، 28-26 أيار/مايو 1999. وانظر
http://www.ipcc-wg3.org/docs/IPCC-TEAP99/index.html

تصديـــر

هذا التقرير الخاص عن حماية طبقة الأوزون والنظام المناخي العالمي أعد استجابة لدعوات من الأطراف فى اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول مونتريال. وهو يعرض معلومات تتعلق بعملية اتخاذ القرارات المتعلقة بحماية طبقة الأوزون والنظام المناخي العالمي: قضيتان بيئيتان عالميتان تنطويان على اعتبارات علمية وفنية معقدة. وقد اعتمد نطاق وهيكل هذا التقرير الخاص من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ فى دورتها الحادية والعشرين فى باريس، فرنسا 19-21 شباط/فبراير 2003. وأعطيت المسؤولية عن إعداد هذا التقرير مشاركة بين الفريقين العاملين الأول والثالث التابعين للهيئة وفريق التقييم التكنولوجي الاقتصادي لبروتوكول مونتريال (TEAP). وقد أنشئت لجنة مشتركة بين الهيئة IPCC والفريق TEAP (انظر أدناه) لإدارة عملية إعداد التقرير طبقاً لإجراءات الهيئة IPCC.

معلومات أساسية

أسفرت القرائن العلمية التى تربط المركبات الكربونية الفلورية الكلورية (CFCs) والمواد الأخرى المستنفدة للأوزون (ODSs) بنفاد الأوزون العالمي، عن مراقبة أولية على المواد الكيميائية الخاضعة لبروتوكول مونتريال لعام 1987، والتعديلات والتنقيحات التي أدخلت فى التسعينات والتي أضافت مواد إضافية مستنفدة للأوزون، وعمليات إزالة تدريجية متفق عليها، وسرعت هذه العمليات للإزالة التدريجية. وأسفرت هذه العملية الدولية عما يلي: (1) القضاء على إنتاج معظم المركبات الكربونية الفلورية الكلورية (CFCs)، وكلوروفورم الميثيل، والهالونات؛ (2) وزيادة استخدام المركبات (HCFCs) الموجودة؛ (3) والإنتاج الجديد لطائفة كبيرة من المواد الكيميائية الصناعية المحتوية على الكلور، بما فيها الأنواع الجديدة من المركبات (HCFCs)، والمركبات (HFCs) والمركبات (PFCs)؛ (4) واستخدام بدائل كيميائية غير مهلجنة مثل مركبات الهيدروكربون، وثاني أكسيد الكربون والأمونيا؛ (5) واستحداث طرائق بديلة غير نوعية مثل إجراءات التنظيف القائمة على المياه.

وأول ما حدد احتمال تأثير المركبات CFCs وغيرها من المواد المستنفدة للأوزون (ODSs) أيضاً على النظام المناخي، كان في السبعينات، وعلى مدى العقود الثلاثة الماضية ازدادت المعلومات عن فعالية مركبات الهالوكربون في الاحترار العالمي، بما في ذلك المركبات HFCs. وعلى سبيل المثال فقد شمل التقدير العالمي لأوزون الستراتوسفير لعام 1989 فصلاً عن احتمالات تأثير الهالوكربون في الاحترار العالمي. وعرض التقدير التكنولوجي لعام 1989 هذه الاحتمالات العالمية في مناقشة أهمية كفاءة الطاقة في رغاوى العزل وفي التبريد وتكييف الهواء. ومع أوجه التقدم المختلفة في مجال الإزالة التدريجية للمواد المستنفدة للأوزون بموجب بروتوكول مونتريال، ساد إدراك بعض الإجراءات المتخذة للحد من استنفاد طبقة الأوزون في المستقبل، وخاصة استحداث المركبات HFCs و PFCs التي أمكن أن تزيد أو تنقص تأثير الاحترار العالمي.

وقد أتاحت المعلومات العلمية والفنية للأطراف فى بروتوكول مونتريال انتقاء خيارات للإحلال محل المواد المستنفدة للأوزون، روعي فيها تأثير الاحترار العالمي، وظهر ذلك في بعض القرارات الاستثمارية بموجب الصندوق المتعدد الأطراف لبروتوكول مونتريال. وعند التفاوض على بروتوكول كيوتو فى عام 1997، كانت لدى البلدان حوافز جديدة لمراعاة إمكانية تأثير الاختيار بين البدائل، على أهداف البروتوكولين. وأوجدت هذه الاعتبارات حاجة إلى مزيد من المعلومات الشاملة المتعلقة بخيارات للاستعاضة عن المواد المستنفدة للأوزون التى تراعي ضرورة حماية طبقة الأوزون وكذلك النظام المناخي العالمي. وفى أيار، مايو 1999، عقدت الهيئة IPCC والفريق TEAP اجتماع خبراء مشتركاً بشأن خيارات الحد من انبعاثات المركبات HFCs وPFCs. وفي تشرين الأول/أكتوبر 1999 نشر الفريق TEAP تقريره المعنون "آثار بروتوكول مونتريال على إدراج المركبات HFCs وPFCs فى بروتوكول كيوتو". وهذا التقرير الخاص لعام 2005 هو آخر جهد تعاوني في هذا الصدد.

وتتوقف احتمالات كل بديل للمواد المستنفدة للأوزون في التأثير على النظام المناخي، ليس على الخواص الفيزيائية والكيميائية للمادة ذاتها فحسب بل وعلى العوامل التى تؤثر في الانبعاثات إلى الغلاف الجوي، مثل الاحتواء وإعادة التدوير والإتلاف وكفاءة الطاقة في تطبيقات معينة. أما الغازات والتطبيقات والقطاعات التي نوقشت في التقرير فهي متعلقة بانبعاثات المركبات CFCs وHCFCs وHFCs وPFCs بالإضافة إلى بدائل استخدام المركبات HFCs وPFCs. ولا يتناول التقرير الاستخدامات الصناعية أو الاستخدامات الأخرى غير ذات الصلة بالمواد الكيميائية نفسها. ويغطي التقرير المواد الكيميائية والتكنولوجيات المستخدمة أو التي يحتمل أن تستخدم في العقد القادم.

تنظيم التقرير

يوفر التقرير السياق العلمي اللازم للنظر في الخيارات بين بدائل المواد المستنفدة للأوزون (الفصلان 1و2)؛ والمنهجيات المحتملة لتقرير الخيارات (الفصل 3)؛ والقضايا الفنية المتعلقة بفحص الحد من انبعاثات غازات الدفيئة في كل من القطاعات المعنية، بما في ذلك التبريد وتكييف الهواء والرغاوى والهباءات، والوقاية من الحريق، والمذيبات (الفصول 4 إلى 10). كما يتناول التقرير احتمالات توافر المركبات HFCs في المستقبل (الفصل 11).

ويتناول الفصلان 1 و2 الصلات بين استنفاد طبقة الأوزون وتغير المناخ، ويستندان إلى التقديرات العلمية الدولية السابقة، وخاصة التقديرات الدورية التي تجري برعاية المنظمة WMO وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (ومنها مثلاً أحدثها وهو تقدير علمي لنفاد الأوزون، 2002، وتقدير الآثار البيئية لنفاد الأوزون، 2002، وتغير المناخ: الأساس العلمي 2001). ويغطي الفصل 1 كيمياء وديناميات الستراتوسفير واقترانها بتغير المناخ، في حين يشمل الفصل 2 التأثير الإشعاعي لكل من

الغازات ذات الصلة وكذلك أدوارها في كيمياء التروبوسفير وجودة الهواء. ولا يهدف هذا التقرير إلى تغطية عرض وعمق تقديرات الأوزون وتغير المناخ الأكثر تخصيصاً، بل يقتصر على ملخص لأهم التفاعلات بين القضيتين البيئيتين للمساعدة في تفهم وتطبيق بقية أجزاء التقرير.

ويلخص الفصل 3 المنهجيات المتاحة لبيان خصائص التكنولوجيات أو مقارنتها (ومن ذلك مثلاً معلمات أداء الدورة المناخية، ودورة عمر الأداء المناخي LCCP)، وخاصة النهج التي تطبق في شتى القطاعات التي يشملها هذا التقرير.

وتقدم الفصول من 4 حتى آخر الفصل 10 أوصافاً فنية ومعلومات لكل من قطاعات استخدام مركبات الهالوكربون الرئيسية: التبريد (4)، وتكييف الهواء والتدفئة في المنازل وعلى المستوى التجاري (5)، وتكييف الهواء المتنقل (6)، والرغاوى (7)، والهباءات الطبية (8)، والوقاية من الحريق (9)، والهباءات غير الطبية، والمذيبات، وانبعاثات المنتجات الثانوية من المركبات HFC-23 من إنتاج المركبات HCFC-22 (10). فكل فصل يقدم عرضاً مجملاً لقطاعه والتكنولوجيات المتعلقة به والمعلومات عن استهلاك وانبعاثات الغازات ذات الصلة، والممارسات والتكنولوجيات البديلة الرامية إلى الحد من الانبعاثات، والتأثيرات الصافية للاحترار. ويشمل هذا النظر في تحسين العمليات في مجالات التطبيقات، وتحسين الاحتواء، والاستعادة والتدوير أثناء التشغيل، والاستعادة في نهاية العمر، والتصريف والإتلاف. وتشمل الاختيارات بين البدائل داخل كل قطاع اعتبارات تفصيلية للعوامل الفنية التي تشمل الأداء وصحة البيئة والسلامة والتكلفة وتوافر البدائل والكفاءات الكلية فى مجالي الطاقة والموارد.

ويشمل الفصل 11 قضايا العرض والطلب للمركبات HFCs ويدمج تقديرات الانبعاثات عبر القطاعات والأقاليم. ويفصل معلومات الانبعاثات بالنسبة لشتى المواد الكيميائية من قطاعات مختلفة ويبحث في التوازن بين العرض والطلب بالنسبة للمركبات HFCs.

وكما جرت العادة في التقارير السابقة للهيئة IPCC، فإن هذا التقرير يتضمن ملخصاً لصانعي السياسات (SPM) وملخصاً فنياً (TS)، بالإضافة إلى الفصول الأساسية. وكل فرع من الملخص SPM والملخص TS زود بالمراجع الخاصة بكل فرع من الفصل المعني، بحيث يمكن بسهولة متابعة المواد الواردة في الملخصين.بمزيد من التفصيل في الفصول. وكذلك يتضمن التقرير مرفقات مع قائمة بالمؤلفين والمراجعين الخبراء، ومسرد للمصطلحات وقائمة بالرموز والمختصرات وقائمة بوحدات وعوامل التحويل، وعرضاً مجملاً للمعادلات الكيميائية الرئيسية والتسميات للمواد التى بحثت فى هذا التقرير.

وتم تجميع هذا التقرير فيما بين آب/أغسطس 2003 ونيسان/أبريل 2005 على يد 145 خبيراً من 35 بلداً. وجرى تعميم مشروع التقرير على الخبراء لاستعراضه حيث قدموا اقتراحات قيمة للتحسين. وتبع ذلك استعراض ثان من الحكومات والخبراء. وفي هاتين الجولتين من الاستعراض تم تلقي نحو 6600 تعليق من نحو 175 خبيراً وحكومة ومنظمة غير حكومية. وعملية الاستعراض هذه والإشراف عليها من مراجعين خارجيين مستقلين عن أفرقة التأليف، جزء أصيل في أى تقدير تجريه الهيئة IPCC وهو جزء هام من ضمان جودة ومصداقية المنتج.

وقد نظرت في التقرير النهائي، جولة مشتركة من الفريقين العاملين الأول والثالث التابعين للهيئة IPCC، عقدت في أديس أبابا، في الفترة من 6 إلى 8 نيسان/أبريل 2005، حيث اعتمد الملخص سطراً سطراً وقبل فريق الهيئة IPCC التقرير الأساسي.

كلمات الشكر

تعرب اللجنة التوجيهية عن خالص تقديرها لجميع المؤلفين الرئيسيين للتنسيق، والمؤلفين الرئيسيين ومراجعي الاستعراض الذين كانت درايتهم ويقظتهم وصبرهم وراء النجاح في إكمال هذا التقرير والذين أسهموا بسخاء.بمقادير كبيرة من وقتهم الشخصي وحذقهم المهني، وكذلك لإسهام الكثير من المساهمين والمراجعين لما أبدوه من تفان وأعمال قيمة ومرهقة.

كما نتوجه بالشكر إلى ماركو غونزاليز وميغومى سيكي من أمانة الأوزون ببرنامج الأمم المتحدة للبيئة، لما قدماه من رعاية ودعم مالي والتزام بالعملية التي أدت إلى إنتاج هذا التقرير.

ونشكر أيضاً حكومات هولندا والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والأرجنتين لاستضافة اجتماعات صياغة التقرير الأربعة؛ وحكومات إثيوبيا ومركز الأمم المتحدة في أديس أبابا لاستضافتهما الدورتين المشتركتين للفريقين العاملين الأول والثالث.

كما نتوجه بالشكر إلى رينات كريست، أمينة الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، وموظفي أمانة الهيئة (IPCC) الذين قدموا الدعم اللوجستي للاتصال الحكومي وسفر الخبراء من البلدان النامية والبلدان التي تمر اقتصاداتها بمرحلة انتقالية.

وأخيراً فنحن نشكر موظفي وحدات الدعم الفني بالفريقين العاملين الأول والثالث على عملهم في إعداد التقرير، ونشكر بوجه خاص السيد ديفيد ديجاغير (أمين اللجنة التوجيهية، TSU WG III)، ومارتين مانينغ (رئيس وحدة الدعم الفني للفريق العامل الأول وليوميير (رئيس وحدة الدعم الفني للفريق العامل الثالث) على ما قدموه من دعم علمي وإداري، ونشكر تاهل كستين وسكوت لونغمور، وميليندا تيغنور (بالفريق العامل الأول)، وهيلين تيلما فان دينبرنك (بالفريق العامل الثالث) لما قدموه من دعم فني ولوجستي. ونتوجه بشكر خاص إلى كريستين اينيس وداف توماس وبيت توماس لإسهامهم فى إعداد نسخ من المشروع النهائي لهذا التقرير.

وتتألف اللجنة التوجيهية لهذا التقرير من:

ستيفن أ. اندرسن، الرئيس المشارك للفريق TEAP

أوغونلاد دافيدسون، الرئيس المشارك للفريق العامل الثالث للهيئة الحكومة الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC

لامبرت كويجبرس، الرئيس المشارك للفريق TEAP

بيرت ميتز، الرئيس المشارك للفريق العامل الثالث التابع للهيئة الحكومة الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC (رئيس اللجنة التوجيهية)

خوسيه بونس، الرئيس المشارك للفريق TEAP

سوزان سولومون، الرئيسة المشاركة للفريق العامل الأول بالهيئة الحكومة الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC

المحتويـــات

ملخص لصانعي السياسات

1. مقدمـة 2

2. مركبات الهالوكربون واستنفاد الأوزون وتغير المناخ 4
2.1 ماهي الآثار الماضية والحاضرة للمواد المستنفدة للأوزون وبدائلها على مناخ الأرض وطبقة الأوزون؟ 4
2.2 كيف تؤثر الإزالة التدريجية للمواد المستنفدة للأوزون في الجهود الرامية إلى مواجهة تغير المناخ ونفاد الأوزون؟ 5
2.3 ما هي آثار الاستعاضة عن المواد المستنفدة للأوزون بالنسبة لجودة الهواء والقضايا البيئية الأخرى المتعلقة بكيمياء الغلاف الجوي؟ 6

3. الإنتاج والركام والانبعاثات 8
3.1 ما هي العلاقة بين الإنتاج والركام والانبعاثات في أي سنة بعينها؟ 8
3.2 ماذا تحكي لنا رصدات التركيزات في الغلاف الجوي، عن الركام والانبعاثات؟ 8
3.3 كيف يتوقع أن يتطور الركام والانبعاثات المقدرة في الفترة من 2002 إلى 2015؟ 8

4. خيارات الإزالة التدريجية للمواد المستنفدة للأوزون وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة 11
4.1 ما هي الفرص الرئيسية السانحة التي حددت لتخفيضات انبعاثات غازات الدفيئة وكيف يمكن تقديرها؟ 11
4.2 ما هي احتمالات تخفيض الانبعاثات القطاعية في عام 2015 وما هى التكاليف المرتبطة بذلك؟ 12
4.3 ما هي السياسات والتدابير والأدوات الراهنة؟ 14
4.4 ماذا يمكن أن يقال عن توافر المركبات PFCs/HFCs في المستقبل لاستخدامها في البلدان النامية؟ 14

الملخص الفني

1. مقدمة 16

2. مركبات الهالوكربون واستنفاد الأوزون وتغير المناخ 18
2.1 كيف تسهم المركبات CFCs وبدائلها في التأثير الإشعاعي للنظام المناخي ؟ 18
2.2 إلى أى مدى تظل المركبات CFCs وبدائلها في الغلاف الجوي بعد انبعاثها؟ 20
2.3 كيف تتغير التركيزات والانبعاثات الجوية للمركبات CFCs والهالونات والمركبات HCFCs والمركبات HFCs والمركبات PFCs؟ 20
2.4 ما مقدار إسهام غازات الهالوكربون وبدائلها في التأثير الإشعاعي الإيجابي في النظام المناخي بالنسبة للأزمنة السابقة للعصر الصناعي؟ وماذا عن النسبة إلى عام 1970؟ 22
2.5 كيف تغير أوزون الستراتوسفير في العقود الأخيرة وما سبب ذلك ؟ 23
2.6 كيف أثر نفاد الأوزون على التأثير الإشعاعي للنظام المناخي؟ 23
2.7 ما هي العوامل التي ينتظر أن تتحكم في الأوزون في القرن المقبل؟ وهل سيعود الأوزون إلي قيم فترة ما قبل ثقب الأوزون؟ وهل بدأت هذه العودة؟ 24
2.8 ما مدى التأثير المتوقع للمركبات CFCs وHCFCs وبدائلها الممكنة على التأثير الإشعاعي للنظام المناخي في المستقبل؟ 25
2.9 ما هو احتمال الاحترار العالمي وكيف يستخدم؟ 26
2.10 هل يتوقع أن تكون للمركبات HCFCs وHFCs أو بدائلها آثار أخرى على مستقبل الكيمياء البيئية؟ 28

3. خيارات الإزالة التدريجية للمواد المستنفدة للأوزون والحد من انبعاثات غازات الدفيئة 29
3.1 أين تحدث انبعاثات غازات الدفيئة التي تتعلق باستخدام المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها؟ 29
3.2 ما هي إسقاطات تطور الركام والانبعاثات المقدرة خلال الفترة 2002 إلى 2015؟ 29
3.3 ما هي الخيارات المتاحة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة؟ 36
3.4 ما هي أدوات التقييم التي يمكن أن توفر معلومات عن اختيارات التكنولوجيا ؟ 36

3.5 ما هي الفروق الإقليمية ؟ 39

3.6 ما هي الفرص الهامة التي تم تحديدها للحد من انبعاثات غازات الدفيئة المتصلة باستخدام المواد المستنفدة للأوزون، وبدائلها وما يتعلق بها من انبعاثات غير مباشرة ؟ 39

3.7 ما هي أدوات السياسات المتاحة لتحقيق تخفيضات فى انبعاثات غازات الدفيئة المفصلة في هذا التقرير؟ 46

3.8 ما الذي يمكن أن يقال عن مستقبل توافر المركبات HFCs / PFCs للاستخدام في البلدان النامية؟ 46

4. النتائج الهامة بالنسبة للقطاعات التي تستخدم المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها 48

4.1 ما أهم النتائج بالنسبة لقطاع التبريد؟ 48

4.2 ما أهم النتائج بالنسبة لتكييف الهواء والتدفئة في المساكن وفي القطاع التجاري؟ 55

4.3 ما أهم النتائج بالنسبة لتكييف الهواء المتنقل؟ 57

4.4 ما أهم النتائج بالنسبة للرغاوى؟ 60

4.5 ما أهم النتائج بالنسبة للهباءات الطبية؟ 67

4.6 ما أهم النتائج بالنسبة للوقاية من الحريق؟ 69

4.7 ما أهم النتائج بالنسبة للهباءات غير الطبية والمذيبات وبالنسبة لانبعاثات المركبات HFC-23؟ 74

المرفق الأول مسرد المصطلحات 81

المرفق الثاني المعادلات والمصطلحات الرئيسية 85

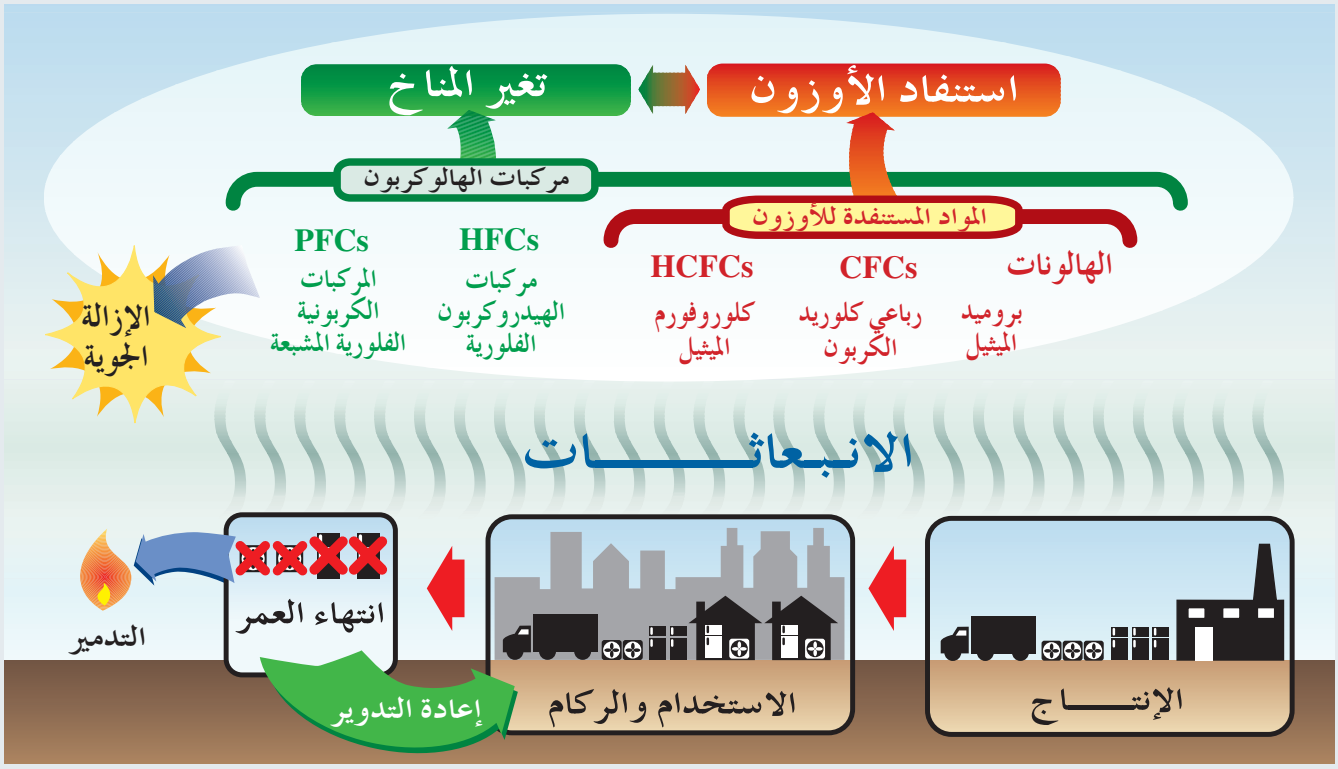
التقرير الخاص للهيئة الحكوميةالدولية المعنية بتغير المناخ
وفريق التقييم التكنولوجي والاقتصادي:
حماية طبقة الأوزون والنظام المناخي العالمي:
القضايا المتعلقة بمركبات الهيدروكربون الفلورية والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة

ملخص لصانعي السياسات

1. مقدمة

هذا التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أُعد استجابة لدعوات من اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC)[1] وبروتوكول مونتريال بشأن المواد التي تستنفد طبقة الأوزون [2] لإعداد تقرير متوازن علمي فني ومتعلق بالسياسات، خاص ببدائل المواد المستنفدة للأوزون (ODSs) التي تؤثر في النظام العالمي للمناخ. وقد أعدته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ وفريق التقييم التكنولوجي والاقتصادي (TEAP) لبروتوكول مونتريال.

ولأن المواد المستنفدة للأوزون تسبب نفاد طبقة الأوزون الستراتوسفيري[3] فإن إنتاج هذه المواد واستهلاكها يخضعان لبروتوكول مونتريال وبالتالي يتم التخلص منها تدريجياً، بفضل جهود البلدان المتقدمة والبلدان النامية الأطراف في بروتوكول مونتريال. و المواد المستنفدة للأوزون، وعدد من بدائلها، هي غازات دفيئة (GHGs) تسهم في تغير المناخ (انظر الشكل 1 من الملخص لصانعي السياسات). وبعض بدائل المواد المستنفدة للأوزون، و خاصة المركبات الهيدروكربونية الفلورية الكلورية (FCs) والمركبات الهيدروكربونية الكاملة الفلورة (PFCs) مشمولة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) و بروتوكول كيوتو الملحق بها. والخيارات المنتقاة لحماية طبقة الأوزون يمكن أن تؤثر في تغير المناخ. وتغير المناخ يمكن أيضاً أن يؤثر بطريق غير مباشر في طبقة الأوزون.



الشكل 1 من الملخص لصانعي السياسات، رسم تخطيطي للقضايا الأساسية التي يتناولها هذا التقرير. مركبات الكربون الفلورية الكلورية (CFCs)، و مركبات الهالون والمركبات الهيدروكربونية الفلورية الكلورية (HCFCs) تسهم في نفاد الأوزون وتغير المناخ، بينما لا تسهم مركبات الهيدروكربون الفلورية (HFCs) والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs) إلا في تغير المناخ وهي من بين بدائل المواد المستنفدة للأوزون وهي غير مستنفدة للأوزون. ويشير اللون الأحمر إلى الغازات الداخلة في بروتوكول مونتريال و تعديلاته وتنقيحاته[4] في حين أن اللون الأخضر يدل على الغازات الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول كيوتو الملحق بها. والخيارات التي يتناولها هذا التقرير هي لتحسين الاحتواء والاسترجاع وإعادة التدوير وتدمير المنتجات الثانوية و الركام القائم[5] واستخدام عمليات بديلة أو المواد التي تقل فيها احتمالات الاحترار العالمي أو لاتكون لها أهمية.

1 التقرير 12 CP.8,FCCC/CP/2002/7/Add.1,page 30.

2 التقرير XIV/10 UNEP/OzL.Pro.14/9,page 42.

3 الأوزون في هذا التقرير يشير إلى الأوزون الستراتوسفيري ما لم ينص على غير ذلك.

4 يشار إليه هنا فيما بعد بعبارة بروتوكول مونتريال.

5 الركام هو المقدار الإجمالي للمواد التي تحتويها المعدات القائمة و المخزونات الكيميائية والرغاوى و المنتجات الأخرى التي لم تنطلق بعد إلى الغلاف الجوي.

ويتناول هذا التقرير آثار جملة الانبعاثات من المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها على النظام المناخي وطبقة الأوزون. وهذا يوفر بوجه خاص سياقاً لتفهم كيفية تأثير الخيارات البديلة على الاحترار العالمي. ولا يسعى التقرير إلى التغطية الشاملة لتأثير خيارات الاستبدال على طبقة الأوزون.

ويتناول التقرير، حسب القطاعات، خيارات الحد من انبعاثات الهالوكربون، و الخيارات المنطوية على مواد بديلة وتكنولوجيات بديلة للتصدي للحد من انبعاثات غازات الدفيئة. وهو يتناول انبعاثات مركبات الهيدروكربون الفلورية (HFC) والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFC) بقدر ما تتعلق هذه باستبدال المواد المستنفدة للأوزون. ولايغطي التقرير انبعاثات هذه المركبات من إنتاج الألومنيوم أو أشباه الموصلات أو القطاعات الأخرى.

وتشمل قطاعات التطبيقات الرئيسية التي تستخدم المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها المركبات الكربونية الفلورية/ المركبات الكربونية الفلورية المشبعة والتبريد و تكييف الهواء والرغاوى والهباءات والوقاية من الحريق و المذيبات. وتنشأ انبعاثات هذه المواد من التصنيع وانطلاقات أي مواد ثانوية غير مقصودة، والتطبيقات التي تنطلق منها الانبعاثات عمداً، و التبخر والتسرب من المصارف التي تحتوي عليها المعدات والمنتجات أثناء ممارسات الاستخدام والاختبار والصيانة وممارسات نهاية العمر.

وفيما يتعلق بخيارات الحد من انبعاثات معينة، فإن التقرير يقتصر في تغطيته عموماً على الفترة حتى عام 2015 التي تتوافر عنها معلومات موثوقة بشأن خيارات الاستعاضة مع احتمالات السوق الكبيرة لهذه القطاعات السريعة التطور. والأداء الفني ومنهجيات تقدير الاحتمالات والانبعاثات غير المباشرة[6] المتعلقة باستخدام الطاقة يبحثها هذا التقرير إلى جانب التكاليف والسلامة البشرية والصحية والآثار على جودة الهواء وقضايا التوافر في المستقبل.

6 جدير بالملاحظة أن أوساط الإبلاغ عن الجرد الوطني تستخدم مصطلح "الانبعاثات غير المباشرة" إشارة إلى انبعاثات غازات الدفيئة التي تنشأ عن تحلل مادة أخرى في البيئة. وهذا يتعارض مع استخدام المصطلح في هذا التقرير، حيث يشير على وجه التحديد إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتصلة بالطاقة و المرتبطة بمناهج تقدير دورة الحياة (LCA) من قبيل التأثيرات الكلية المكافئة للاحترار (TEWI) أو دورة عمر الأداء المناخي (LCCP).

2. مركبات الهالوكربون، واستنفاد الأوزون، وتغير المناخ

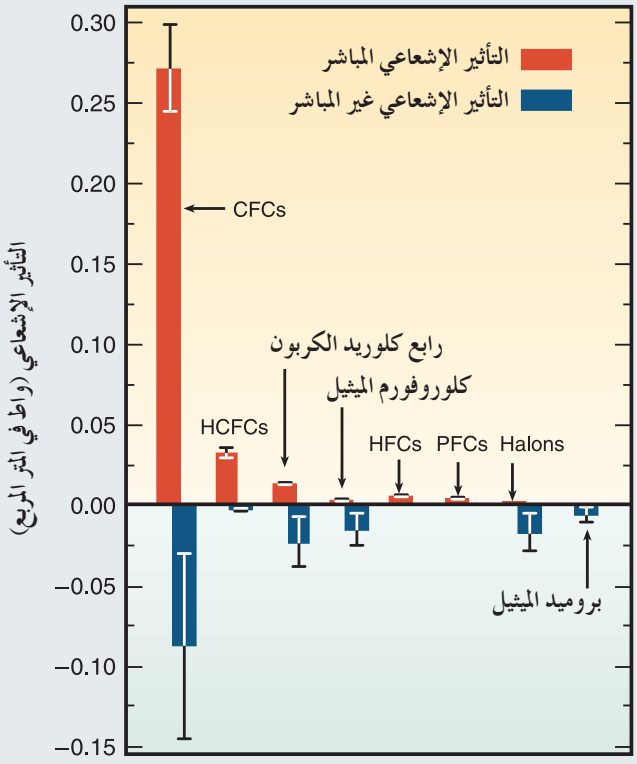
1.2 ما هي الآثار الماضية والحاضرة للمواد المستنفدة للأوزون وبدائلها على مناخ الأرض و طبقة الأوزون؟

لقد أسهمت مركبات الهالوكربون، وخاصة المواد المستنفدة للأوزون، في التأثير الإشعاعي المباشر الإيجابي[7] و ما يرتبط به من زيادات في متوسط درجة حرارة السطح العالمي (انظر الشكل 2 من الملخص لصانعي السياسات). ويقدر مجموع التأثير الإشعاعي المباشر الإيجابي الذي يعزى إلى الزيادات في المواد المستنفدة للأوزون و غير المستنفدة للأوزون المنتجة صناعياً ومركبات الهالوكربون غير المستنفدة للأوزون في الفترة من عام 1750 إلى عام 2000 بالمعادلة 0.3 ± 0.33 واط في المتر المربع التي تمثل نحو 13% من المجموع الذي يعزى إلى غازات الدفيئة المخلوطة جيداً جميعها طوال تلك الفترة. و لقد حدثت معظم الزيادات في الهالوكربون في العقود الأخيرة. و كانت تركيزات المركبات الهيدروكربونية الفلورية الكلورية مستقرة أو هي تناقصت في الفترة 2000-2003 (0 إلى 3%- رهناً بالغاز المحدد) بينما زادت الهالونات والمركبات الهيدروكربونية الفلورية الكلورية البديلة (HCFCs) و المركبات الكربونية الفلورية (من +1 إلى +3% سنوياً، ومن +3 إلى +7% سنوياً، ومن +13 إلى +17% سنوياً، على التوالي) [1.1 و1.2 و1.5 و2.3][8].

ونفاد الأوزون الستراتوسفيري الذي شوهد منذ عام 1970 ناجم أساساً عن الزيادات في تركيزات مركبات الكلور والبروم المشعة التي ينتجها تدهور المواد المستنفدة للأوزون بفعل البشر وهي تشمل الهالونات والمركبات الكربونية الفلورية الكلورية والمركبات الهيدروكربونية الفلورية الكلورية، وكلوروفورم الميثيل ورابع كلوريد الكربون، وبروميد الميثيل [1.3 و1.4].

ونفاد الأوزون ينتج تأثيراً إشعاعياً سلبياً في المناخ، و هو تأثير مبرد غير مباشر للمواد المستنفدة للأوزون (انظر الشكل 2 من الملخص لصانعي السياسات). ويعتقد أن التغييرات في الأوزون تسهم حالياً بتأثير إشعاعي عالمي متوسطه نحو −0.10 ± 0.15 واط في المتر المربع. وينشأ القدر الكبير من عدم اليقين في التأثير الإشعاعي غير المباشر للمواد المستنفدة للأوزون، بصفة أساسية بسبب أوجه عدم اليقين في التوزيع الرأسي المفصل لنفاد الأوزون. وهذا التأثير الإشعاعي السلبي يرجح جداً[10] أن يكون أصغر من التأثير الإشعاعي المباشر الإيجابي الذي يعزى إلى المواد المستنفدة للأوزون وحدها (0.03 ± 0.32 واط في المتر المربع) [1.1 و1.2 و1.5].

والاحترار الناجم عن المواد المستنفدة للأوزون و التبريد المرتبط بنفاد الأوزون هما آليتان واضحتان للتأثيرات المناخية لا تؤثران ببساطة إحداهما في الأخرى. والتوزيعات الفضائية و الموسمية للتأثير المبرد لنفاد الأوزون تختلف عن توزيعات تأثير الاحترار. و هناك عدد محدود من دراسات نمذجة المناخ العالمي والدراسات الإحصائية توحي بأن نفاد الأوزون هو آلية قد تؤثر في أنماط تقلبية المناخ وهي مهمة للدورة التروبوسفيرية و درجات الحرارة



الشكل 2 من الملخص لصانعي السياسات. التأثير الإشعاعي المباشر وغير المباشر (RF) الذي يعزى إلى التغييرات في مركبات الهالوكربون في الفترة من عام 1750 إلى عام 2000[9] . وأعمدة الخطأ تبين ± 2 من أوجه عدم اليقين المدفوعة بالانحراف المعياري [على أساس الجدول 1.1].

7 التأثير الإشعاعي هو قياس تأثير أي عامل في تغيير ميزان الطاقة الداخلة والخارجة في نظام الغلاف الجوي للأرض، وهو دليل إرشادي على أهمية العامل باعتباره آلية لتغير محتمل في المناخ. ويعبر عنها بالواط في المتر المربع. وغاز الدفيئة يسبب تأثيراً إشعاعياً مباشراً عن طريق امتصاص الإشعاع وإطلاقه وقد يسبب تأثيراً إشعاعياً مباشراً عن طريق التفاعلات الكيميائية التي تؤثر على غازات الدفيئة الأخرى أو جزيئاتها.

8 الأرقام الموضوعة بين أقواس مربعة تشير إلى الفروع الواردة في التقرير الأساسي التي توجد بها المواد والإشارات إلى الفقرة.

9 لا تمثل المركبات الكربونية الفلورية المشبعة المستخدمة كبدائل للمواد المستنفدة للأوزون إلا نسبة صغيرة من مجموع التأثير الإشعاعي من المركبات الكربونية الفلورية المشبعة.

10 في هذا الملخص لصانعي السياسات، استخدمت العبارة التالية حسب الاقتضاء لبيان تقديرات الحكم بالثقة: محتمل جداً (90 إلى 99%)؛ ومحتمل (66 إلى 90%)؛ وغير محتمل (10 إلى 33%)؛ وغير محتمل بقدر كبير (1 إلى 10%).

في نصفي الكرة الأرضية. ومع ذلك فالتغيرات الملاحظة في هذه الأنماط من التغيرية بحيث لا يمكن أن تعزى إلى نفاد الأوزون بمفرده [1.3 و1.5].

ولقد كان لكل نوع من الغازات تأثيرات مختلفة في احتراق غازات الدفيئة ونفاد الأوزون (انظر الشكل 2 من الملخص لصانعي السياسات) رهنا أساساً بانبعاثاته التاريخية و فعاليته باعتباره من غازات الدفيئة، وعمره ومقدار الكلور و/أو البروم في كل جزيء. و تسهم الغازات المحتوية على البروم في الوقت الحاضر إسهاماً في التبريد أكثر كثيراً منه في الاحترار، بينما المركبات CFCs وHCFCs تسهم في الاحترار أكثر مما تسهم في التبريد. ولاتسهم المركبات HFCs وPFCs إلا في الاحترار [1.5 و2.5].

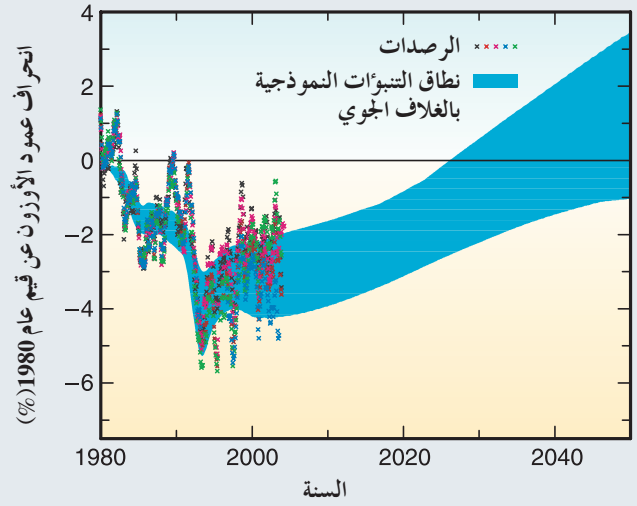
2.2 كيف توثر الإزالة التدريجية للمواد المستنفدة للأوزون في الجهود الرامية إلى مواجهة تغير المناخ و نفاد الأوزون؟

إن الإجراءات المتخذة في إطار بروتوكول مونتريال قد أدت إلى الاستعاضة عن المركبات CFCs بالمركبات HCFCs والمركبات HFCs ، والمواد والعمليات الأخرى. ولما كانت قدرة الأنواع المستعاض بها علي توليد الاحترار العالمي[11] (GWPs) أقل ولأن مجموع انبعاثات مركبات الهالوكربون قد تناقص فإن انبعاثاتها المجمعة من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (إمكانية الاحترار العالمي المباشر الموزونة) قد انخفضت. و قد هبطت الانبعاثات المجمعة من مكافئ ثاني أكسيد الكربون من المركبات CFCs وHCFCs وHFCs المشتقة من الرصدات الجوية، من نحو 5.7 ± 4.0 جيغاطن من مكافيء ثاني أكسيد الكربون في السنة حوالي عام 1990 الى 0.2 ± 2.5 جيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة حوالي عام 2000، أي ما يعادل 33% و10% على التوالي، من الانبعاثات السنوية من ثاني أكسيد الكربون بسبب إحراق الوقود الأحفوري عالمياً. و قد استقر معدل الكلور الستراتوسفيري وربما بدأ في الهبوط [1.2 و2.3 و2.5].

ويتراوح عمر النشادر والمركبات الهيدروكربونية (HCs) المستخدمة كبدائل للهالوكربون من أيام إلى شهور، ويحتمل جداً أن يكون للتأثيرات الإشعاعية المباشرة وغير المباشرة المرتبطة باستخدامها بدائل تأثيرات لا تذكر على المناخ العالمي. و يتعين دراسة التغيرات في الانبعاثات المتعلقة بالطاقة المصاحبة لاستخدامها. (انظر الفرع 4 للاطلاع على معالجة للتقديرات الشاملة لخيارات بدائل المواد المستنفدة للأوزون) [2.5].

وبناء على سيناريو العمل المعتاد المشروح في هذا التقرير، فإن تأثير الإشعاع المباشر التقديري لمركبات الهيدروكربون الفلورية في عام 2015 يصل إلى نحو 0.030 واط في المتر المربع؛ وعلى أساس السيناريوهات من التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ شأن سيناريوهات الانبعاثات (SRES)، فإن التأثير الإشعاعي للمركبات الكربونية الفلورية المشبعة[9] في عام 2015 يصل إلى نحو 0.006 واط في المتر المربع. وتقابل هذه التأثيرات الإشعاعية لمركبات الهيدروكربون الفلورية. والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة تمثل نحو 0.1% و0.2%، على التوالي، من التأثير الإشعاعي المقدر لجميع غازات الدفيئة المخلوطة جيداً في عام 2015، حيث يبلغ إسهام المواد المستنفدة للأوزون نحو 10%. و بينما يركز هذا التقرير بشكل خاص على السيناريوهات للفترة حتى عام 2015 فقد بحثت سيناريوهات التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في الفترة بعد عام 2015 ولكنها لم تقدر من جديد. و سيناريوهات التقدير الخاص هذه تعرض النمو الهام في التأثير الإشعاعي من مركبات الهيدروكربون الفلورية على مدى العقود التالية، ولكن يرجح أن تكون التقديرات غير مؤكدة نظراً لتزايد أوجه عدم اليقين في الممارسات والسياسات التكنولوجية [1.5 و2.5 و5.11].

و توحي الرصدات و الحسابات النموذجية بأن المتوسط العالمي لمقدار نفاد الأوزون قد استقر الآن (وعلى سبيل المثال، انظر الشكل 3 من الملخص لصانعي السياسات). وعلى الرغم من توقع التقلب الكبير في الأوزون من سنة لأخرى، بما في ذلك التقلبات بالمناطق القطبية حيث يكون الاستنفاد في أقصى درجاته، يتوقع أن تبدأ طبقة الأوزون في الانتعاش في العقود المقبلة بالنظر إلى هبوط تركيزات المواد المستنفدة للأوزون، بافتراض الامتثال الكامل لبروتوكول مونتريال [1.2 و1.4].



الشكل 3 من الملخص لصانعي السياسات. مقادير عمود الأوزون المرصودة والمنمذجة للارتفاعات المنخفضة والمتوسطة (60 جنوباً إلى 60 شمالاً) كنسبة مئوية من قيم عام 1980 [الإطار 1.7].

11 احتمالات الاحترار العالمي هي مؤشرات دليلية تقارن التأثير المناخي لانبعاث نبضات غاز دفيئة بالنسبة إلى تأثير إطلاق المقدار نفسه من ثاني أكسيد الكربون المجمع على أفق محدد زمنياً.

وعلى المدى الطويل فإن الزيادات المتوقعة في غازات الدفيئة الأخرى يمكن أن تؤثر بشكل متزايد في طبقة الأوزون بتبريد الستراتوسفير وتغيير الدورة الستراتوسفيرية. فنتيجة لأثر التبريد وانخفاض تركيزات المواد المستنفدة للأوزون يرجح أن يزيد الأوزون في قسم كبير من الستراتوسفير، ولكنه يمكن أن يتناقص في بعض المناطق بما في ذلك المنطقة القطبية. ومع هذا يمكن أن تكون تأثيرات التغييرات في الدورة الجوية المصاحبة لتغير المناخ أكبر من تلك العوامل، ويكون التأثير الصافي على الأوزون كله بسبب الزيادات في تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي غير مؤكدة حالياً من حيث الحجم أو الدلالة. وعلى أساس النماذج الراهنة فالاحتمال ضعيف جداً أن يحدث ثقب في الأوزون مماثل للمشاهد حالياً فوق منطقة أنتاركتيكا [1.4].

يتفاوت الاحترار المستقبلي النسبي و تأثيرات البرودة لانبعاثات CFCs وHCFCs وHFCs وPFCs والهالونات، بتباين أعمار الغازات و الخصائص الكيميائية ووقت الانبعاث (انظر الجدول 1 من الملخص لصانعي السياسات). وتتراوح الأعمار في الغلاف الجوي ما بين عام واحد و عقدين بالنسبة لمعظم المركبات HFCs وHCFCs، وما بين عقود إلى قرون بالنسبة لبعض مركبات HFCs ومعظم مركبات الهالون والمركبات CFCs، و ما بين 1000 و50000 سنة للمركبات PFCs. وتتراوح الاحتمالات المباشرة للاحترار العالمي بالنسبة لمركبات الهالوكربون من 5 إلى أكثر من 10000. ويتوقع أن يتوقف التبريد غير المباشر للمواد المستنفدة للأوزون بمجرد انتعاش طبقة الأوزون، حتى أن احتمالات الاحترار العالمي المصاحبة لتأثير التبريد غير المباشر تتوقف على سنة الانبعاثات والامتثال لبروتوكول مونتريال و أعمار الغازات. و هذه الاحتمالات غير المباشرة للاحترار العالمي تخضع لأوجه عدم يقين أكثر كثيراً من الاحتمالات المباشرة للاحترار العالمي [1.5و2.2 و2.5].

2.3 ما هي آثار الاستعاضة عن المواد المستنفدة للأوزون بالنسبة لجودة الهواء و القضايا البيئية الأخرى المتعلقة بكيمياء الغلاف الجوي؟

من غير المنتظر أن تكون لبدائل المواد المستنفدة للأوزون في أجهزة تكييف الهواء والتبريد ونفخ الرغاوى باستخدام المركبات HFCs وPFCs والغازات الأخرى من قبيل مركبات الهيدروكربون، آثار هامة على كيمياء التروبوسفير العالمي. وقد تحدث آثار بسيطة ولكن لا يمكن إهمالها على جودة الهواء قرب مصادر محددة للانبعاثات، وقد تكون هذه الآثار مدعاة لشيء من القلق، وعلى سبيل المثال في المناطق التي لا تستوفي حالياً المعايير المحلية [2.4 و2.6].

ونواتج التدهور المستمر (مثل حامض ثلاثي الفلوروأسيتيك، TFA) للغازات HFCs وHCFCs، يتم التخلص منها من الغلاف الجوي عبر عمليات الترسيب والغسيل. ومع ذلك تشير الدراسات الجارية لتقدير المخاطر البيئية ومراقبتها، إلى أن من غير المتوقع ان تؤدي هذه النواتج إلى تركيزات بيئية قادرة على التسبب في أضرار هامة للنظام الإيكولوجي. وتبين قياسات الحامض TFA في مياه البحار أن مصادر الحامض TFA البشرية المنشأ أقل من المصادر الطبيعية، و لكن المصادر الطبيعية غير محددة بالكامل [2.4] .

الجدول 1 من الملخص لصانعي السياسات. احتمالات الاحترار العالمي من مركبات الهالوكربون التي يبلغ عنها عادة بموجب بروتوكول مونتريال و اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول كيوتو الملحق بها والمقدرة في هذا التقرير بالنسبة إلى ثاني أكسيد الكربون، لأفق زمني قدره 100 سنة، مع عمر هذه المركبات واحتمالات الاحترار العالمي المستخدمة في الإبلاغ بموجب الاتفاقية الإطارية UNFCCC . والغازات المبينة باللون الأزرق (مع تظليل داكن) مشمولة في بروتوكول مونتريال، والغازات المبينة باللون الأخضر (التظليل الأفتح) مشمولة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية UNFCCC [الجدولان 2.6 و2.7].

الغاز	احتمالات الاحترار العالمي من جراء التأثير الإشعاعي المباشر [أ]	احتمالات الاحترار العالمي من جراء التأثير الإشعاعي غير المباشر (الانبعاث في عام 2005 [ب])	العمر بالسنوات	اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية UNFCCC الإبلاغ عن احتمالات الاحترار العالمي [ج]
CFCs				
CFC-12	10,720 ± 3750	–1920 ± 1630	100	غير متاحة [د]
CFC-114	9880 ± 3460	البيانات غير متاحة	300	غير متاحة [د]
CFC-115	7250 ± 2540	البيانات غير متاحة	1700	غير متاحة [د]
CFC-113	6030 ± 2110	–2250 ± 1890	85	غير متاحة [د]
CFC-11	4680 ± 1640	–3420 ± 2710	45	غير متاحة [د]
HCFCs				
HCFC-142b	2270 ± 800	–337 ± 237	17.9	غير متاحة [د]
HCFC-22	1780 ± 620	–269 ± 183	12	غير متاحة [د]
HCFC-141b	713 ± 250	–631 ± 424	9.3	غير متاحة [د]
HCFC-124	599 ± 210	–114 ± 76	5.8	غير متاحة [د]
HCFC-225cb	586 ± 205	–148 ± 98	5.8	غير متاحة [د]
HCFC-225ca	120 ± 42	–91 ± 60	1.9	غير متاحة [د]
HCFC-123	76 ± 27	–82 ± 55	1.3	غير متاحة [د]
HFCs				
HFC-23	14,310 ± 5000	~0	270	11,700
HFC-143a	4400 ± 1540	~0	52	3800
HFC-125	3450 ± 1210	~0	29	2800
HFC-227ea	3140 ± 1100	~0	34.2	2900
HFC-43-10mee	1610 ± 560	~0	15.9	1300
HFC-134a	1410 ± 490	~0	14	1300
HFC-245fa	1020 ± 360	~0	7.6	— [هـ]
HFC-365mfc	782 ± 270	~0	8.6	— [هـ]
HFC-32	670 ± 240	~0	4.9	650
HFC-152a	122 ± 43	~0	1.4	140
PFCs				
C_2F_6	12,010 ± 4200	~0	10,000	9200
C_6F_{14}	9140 ± 3200	~0	3200	7400
CF_4	5820 ± 2040	~0	50,000	6500
مركبات الهالون				
Halon-1301	7030 ± 2460	–32,900 ± 27,100	65	غير متاحة [د]
Halon-1211	1860 ± 650	–28,200 ± 19,600	16	غير متاحة [د]
Halon-2402	1620 ± 570	–43,100 ± 30,800	20	غير متاحة [د]
مركبات الهالوكربون الأخرى				
رباعي كلوريد الكربون (CCl_4)	1380 ± 480	–3330 ± 2460	26	غير متاحة [د]
كلوروفورم الميثيل (CH_3CCl_3)	144 ± 50	–610 ± 407	5.0	غير متاحة [د]
بروميد الميثيل (CH_3Br)	5 ± 2	–1610 ± 1070	0.7	غير متاحة [د]

أ. أوجه عدم اليقين في احتمالات الاحترار العالمي بالنسبة للتأثير الإشعاعي الإيجابي المباشر مأخوذة على أنها ±35% (انحرافان قياسيان) (IPCC-2001).

ب. أوجه عدم اليقين في احتمالات الاحترار العالمي بالنسبة للتأثير الإشعاعي السلبي غير المباشر تعتبر أوجه عدم اليقين المقدرة وقت انتعاش طبقة الأوزون و كذلك أوجه عدم اليقين في التأثير الإشعاعي السلبي بسبب نفاد الأوزون.

ج. المبادئ التوجيهية للإبلاغ بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية UNFCCC تستخدم قيم احتمالات الاحترار العالمي من تقرير التقييم الثاني للهيئة الحكومية الدولية IPCC (انظر FCCC/SBSTA/2004/8,http://unfccc.int/resource/docs/2004/sbsta/08.pdf).

د. المواد المستنفدة للأوزون غير مشمولة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية UNFCCC.

هـ. لا يحتوي تقرير التقييم الثاني للهيئة الحكومية الدولية IPCC على قيم احتمالات الاحترار العالمي بالنسبة إلى المركبات HFC-245 fa وHFC-365 mfc. ومع ذلك تحتوي المبادئ التوجيهية للإبلاغ بموجب الاتفاقية الإطارية UNFCCC أحكاماً تتعلق بالإبلاغ عن الانبعاثات من جميع غازات الدفيئة الموجود لها قيم باحتمالات الاحترار العالمي مقدرة من الهيئة.

3. الإنتاج والركام والانبعاثات

3.1 ما هي العلاقة بين الإنتاج و الركام والانبعاثات في أي سنة بعينها؟

تحدد الانبعاثات الراهنة من المواد المستنفدة للأوزون و بدائلها، بقدر كبير بأنماط الاستخدام التاريخية. فبالنسبة لمركبات CFCs والمركبات HCFCs يأتي إسهام كبير (الآن وفي العقود المقبلة) من ركام هذه المركبات. ولا توجد أي التزامات تنظيمية تحد من انبعاثات المركبات CFC وHCFC لابموجب بروتوكول مونتريال ولابموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول كيوتو الملحق بها رغم أن بعض البلدان لديها سياسات وطنية فعالة لهذا الغرض.

والركام هي المقدار الكلي للمواد الداخلة في الموجود حالياً من المعدات والمخزونات الكيميائية و الرغاوى وسائر المنتجات التي لم تنطلق بعد إلى الغلاف الجوي (انظر الشكل 1 من الملخص لصانعي السياسات). وتكدس ركام التطبيقات الجديدة (نسبياً) لمركبات HFCs سوف يحدد بقدر كبير - في ظل عدم وجود تدابير إضافية لإدارة الركام - الانبعاثات لما بعد عام 2015.

3.2 ماذا تحكي لنا رصدات التركيزات في الغلاف الجوي، عن الركام والانبعاثات؟

إن رصدات التركيزات في الغلاف الجوي، المقترنة بإنتاج و استخدام بيانات نمطية يمكن أن تدل على أهمية الركام ولكن ليس على حجمه الدقيق.

وأدق تقديرات انبعاثات المركبات CFC-11 وCFC-12 تستقى من رصدات التركيزات في الغلاف الجوي. فهذه الانبعاثات أصبحت الآن أكبر من التقديرات للانطلاقات المتعلقة بالإنتاج الراهن، مما يدل على أن جزءاً كبيراً من هذه الانبعاثات يأتي من الركام المتكون خلال الإنتاج السابق. وتدل رصدات التركيزات في الغلاف الجوي على أن الانبعاثات العالمية من المركبات HFC-13 4a أصغر حالياً من الإنتاج المبلغ عنه مما يعني أن هذا الركام متزايد. ويعتقد أن إجمالي المقدار العالمي لمركبات HFC-13 4a الموجود حالياً في الغلاف الجوي يعادل تقريباً المقدار في المصارف [2.5 و11.3.4].

وفي حالة المركبات CFC-11 وبعض الغازات الأخرى فإن نقص المعلومات عن أنماط الاستخدام يصعب معه تقدير الإسهام في الانبعاثات المرصودة من الإنتاج الحالي و الاستخدام الحالي. و يلزم بذل مزيد من الجهد في هذا المجال لتوضيح المصادر.

3.3 كيف يتوقع أن يتطور الركام والانبعاثات المقدرة في الفترة من 2002 إلى 2015؟

قدر ركام المركبات CFCs وHCFCs وHFCs وPFCs، بنحو 21 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2002[12،13] وفي سيناريو العمل المعتاد (BAU) يتوقع أن يتراجع الركام إلى نحو 18 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2015[14]! [7 و11.3 و11.5]

و في عام 2002 كان ركام المركبات CFC وHCFC وHFC نحو 16 و4 و1 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (احتمالات الاحترار العالمي المباشر بالوزن)، على التوالي (انظر الشكل 4 من الملخص لصانعي السياسات). وفي عام 2015 كان الركام قرابة 8 و5 و5 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، على التوالي، في سيناريو العمل المعتاد (BAU). وكان ركام المركبات PFCs المستخدمة كبدائل للمواد المستنفدة للأوزون نحو 0.005 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2002.

والمتوقع أن ينخفض ركام المركبات CFC المتصلة بأجهزة التبريد وتكييف الهواء الثابت 15(AC) و تكييف الهواء المتنقل (MAC)، من نحو 6 إلى 1 جيغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون على مدى الفترة 2002 إلى 2015، ويعزى هذا أساساً إلى الإطلاقات في الغلاف الجوي ويعزى جزئياً إلى الاسترداد في نهاية العمر والتدمير. والمتوقع أن ينخفض ركام المركبات CFC في الهباءات بشكل أبطأ بكثير في الفترة نفسها (من 10-7 جيغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون) مما يعكس الإطلاق الأبطأ كثيراً لركام عوامل النفخ من الرغاوى عندما تقارن بركام التبريد ذات الحجم المماثل في قطاع التبريد و تكييف الهواء.

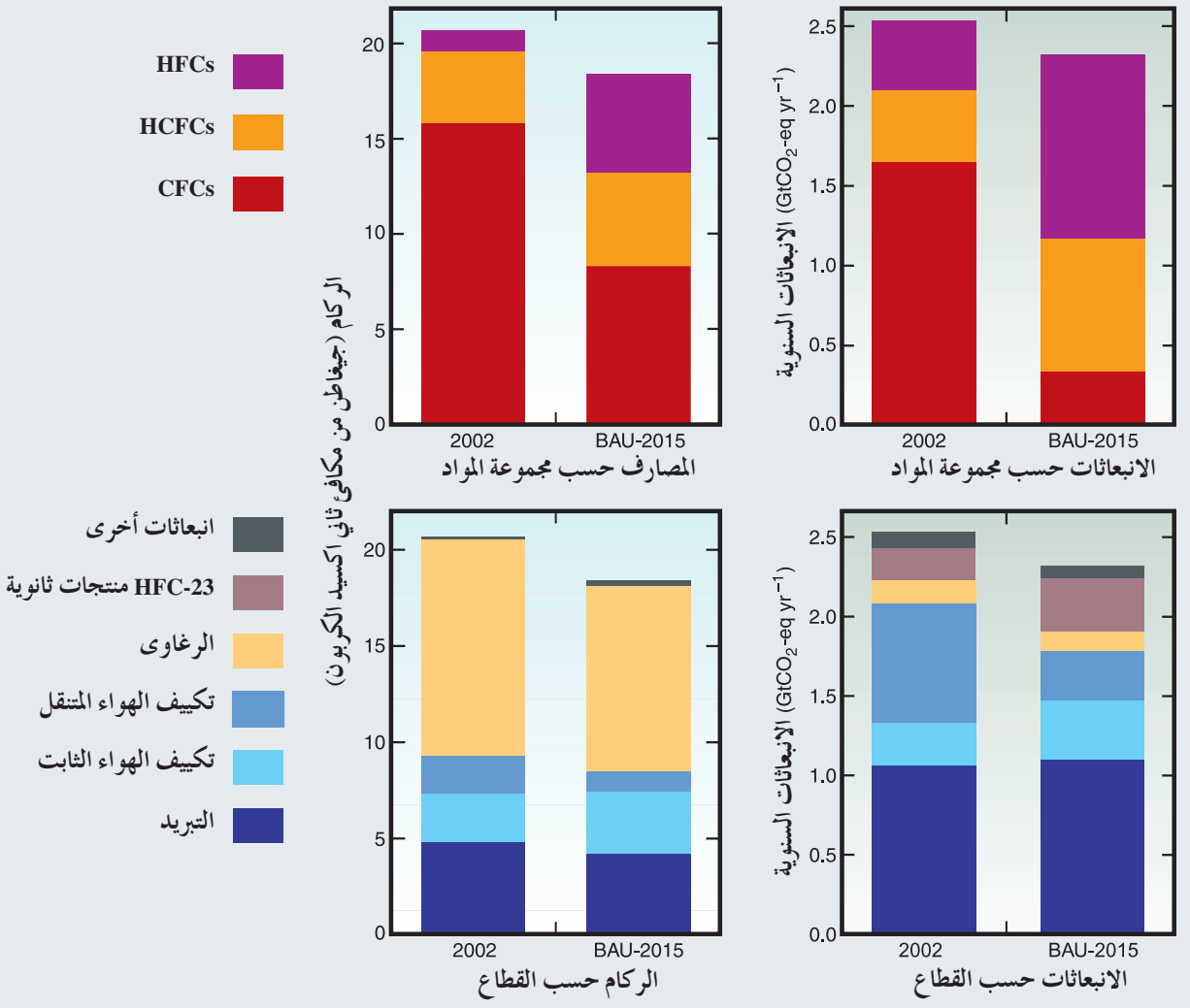
ولقد بدأ ركام المركبات HFC يتزايد ويتوقع أن يصل إلى 5 جيغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2015. ومن بين هذه الركامات تمثل المركبات HFCs في ركام الرغاوى 0.6 جيغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون فقط، ولكن يتوقع أن تزداد مرة أخرى بعد عام 2015.

12 إن انبعاثات غازات الدفيئة وركامها معبراً عنها بمكافئات ثاني أكسيد الكربون تستخدم احتمالات الاحترار العالمي للتأثير الإشعاعي المباشر لأفق زمني يبلغ 100 عام. وأحدث القيم العلمية لاحتمالات الاحترار العالمي تستخدم، ما لم ينص على خلاف ذلك، باعتبارها مقدرة في هذا التقرير وباعتبارها معروضة في الجدول 1 – الملخص لصانعي السياسات (العمود الخاص باحتمالات الاحترار العالمي للتأثير الإشعاعي المباشر).

13 تتسبب الهالونات في تأثير إشعاعي سلبي غير مباشر أكبر من التأثير المباشر الايجابي ولزيادة الوضوح فإن تأثيراتها لم تذكر هنا.

14 في إسقاطات العمل المعتاد، من المؤكد أن جميع التدابير القائمة مستمرة، بما في ذلك بروتوكول مونتريال (الإزالة التدريجية) والسياسات الوطنية ذات الصلة. والاتجاهات الراهنة في الممارسات واختيار البدائل وعوامل الانبعاثات محافظ عليها حتى عام 2015. ويقدر ألاتزداد كفاءة الاسترداد في نهاية العمر.

15 في هذا الملخص لصانعي السياسات يشمل قطاع "التبريد" وتجهيز الأغذية محلياً وتجارياً وصناعياً (بما في ذلك تجهيز الأغذية والتخزين البارد) والتبريد في وسائل النقل. [4] ويشمل "تكييف الهواء الثابت (SAC)" تكييف الهواء والتدفئة المنزلي والتجاري. [5] وينطبق "تكييف الهواء المتنقل (MAC)" على السيارات والحافلات وقمرات الركاب في الشاحنات.



الشكل 4 من الملخص لصانعي السياسات - تتعلق البيانات التاريخية لعام 2002 وتوقعات العمل المعتاد (BAU) لعام 2015 بركام مكافئ ثاني أكسيد الكربون في غاز الدفيئة (يسار) والانبعاثات السنوية المباشرة (يمين)، فيما يتعلق باستخدام المركبات CFCs وHCFCs وHFCs. أما التفاصيل حسب مجموعات غازات الدفيئة (أعلى) وحسب قطاع الانبعاث (أسفل) و"الانبعاثات الأخرى" فتشمل الهباءات الطبية والوقاية من الحريق، والهباءات والمذيبات غير الطبية [11.3 و11.5]

وفي سيناريو العمل المعتاد (BAU) يتوقع أن تمثل الانبعاثات الكلية المباشرة من المركبات CFCs وHCFCs وHFCs و PFCs نحو 2.3 جيغا طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنويا بحلول عام 2015 (مقابل نحو 2.5 جيغا طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة في عام 2002). وتتناقص انبعاثات المركبات CFC وHCFC معاً من 2.1 (2002) إلى 1.2 جيغا طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة (2015)، و تزداد انبعاثات مركبات HFCs من 0.4 (2002) إلى 1.2 جيغا طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة (2015) [16]. **ويصل استخدام انبعاثات المركبات PFC من بدائل المواد المستنفدة للأوزون إلى نحو 0.001 جيغا طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً (2002) و يتوقع أن تنخفض.** [11.3 و11.5]

ويبين الشكل 4 من الملخص لصانعي السياسات الإسهام النسبي للقطاعات في انبعاثات غازات الدفيئة العالمية المباشرة التي تتعلق باستخدام المواد المستنفدة للأوزون و بدائلها. و تسهم تطبيقات التبريد مع تكييف الهواء الثابت والمتنقل في معظم انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة العالمية تمشياً مع معدلات الانبعاث العالية المتصلة بركام المبردات. والقسم الأكبر من انبعاثات غازات الدفيئة من الرغاوى ينتظر أن يحدث بعد عام 2015 حيث يحدث معظم الإطلاقات في نهاية الأجل.

ومع قلة الإنتاج الجديد سوف تتناقص ركامات المركبات CFC الكلية بسبب الإطلاق للغلاف الجوي أثناء التشغيل والصرف. وفي حالة عدم وجود تدابير إضافية سيكون قسم كبير من مصارف المركبات CFC قد انطلق بحلول عام 2015. و يترتب على هذا توقع انخفاض الانبعاثات السنوية من المركبات CFC من 1.7 (2002) إلى 0.3 جيغا طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً (2015).

و يتوقع ان تزداد انبعاثات المركبات HCFC من 0.4 (2002) إلى 0.8 جيغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً (2015)، بسبب الزيادة الحادة المتوقعة في استخدامها في التبريد (التجاري) وتطبيقات تكييف الهواء الثابت (SAC).

وتأتي الزيادة المتوقعة إلى ثلاثة أضعاف في انبعاثات المركبات HFC نتيجة لزيادة استخدامه في التبريد والتكييف الثابت والتكييف المتنقل وبسبب انبعاثات المنتجات الثانوية من المركبات HFC-23 من زيادة إنتاج مركبات HCFC-22 (من 195 ميغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في عام 2002 إلى 330 ميغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في عام 2015 حسب العمل المعتاد).

وأوجه عدم اليقين في تقديرات الانبعاثات كثيرة. ويستدل من مقارنة نتائج قياسات الغلاف الجوي مع حسابات الجرد على وجود اختلافات حسب مجموعة المواد في حدود 10 إلى 25%. وبالنسبة لكل غاز فإن الفروق يمكن أن تكون أكبر. وهذا ينشأ عن التطبيقات غير المحددة التى تؤدي إلى انبعاثات من بعض المواد، غير الداخلة في حسابات الجرد، وأوجه عدم اليقين في مجموعات البيانات الموزعة جغرافياً عن استخدام المعدات. [11.3.4]

ولاتتيح الكتابات تقديراً للانبعاثات الكلية غير المباشرة لغازات الدفيئة[16] المتعلقة باستهلاك الطاقة. وبالنسبة للتطبيقات الفردية فإن أهمية انبعاثات غازات الدفيئة غير المباشرة في دورة العمر يمكن أن تتراوح بين المنخفضة والعالية، وقد تصل في بعض التطبيقات إلى ترتيب حجم أكبر من انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة. ويتوقف هذا إلى حد كبير على القطاع المحدد وخصائص المنتج / الاستعمال، وكثافة الكربون في الكهرباء المستهلكة والوقود المستهلك خلال دورة الحياة الكاملة للاستعمال، والاحتواء خلال مرحلة الاستخدام، والمعالجة للمواد الموجودة في الركام بعد انتهاء العمر. [3.2 و4 و5]

[16] في قيم الانبعاثات هذه تستخدم أحدث قيم علمية لاحتمالات الاحترار العالمى (انظر الجدول 1 من الملخص لصانعى السياسات، العمود الثانى، "احتمالات الاحترار العالمى للتأثير الإشعاعى المباشر"). ولو استخدمت احتمالات الاحترار العالمى الواردة في الاتفاقية الإطارية "UNFCCC" (الجدول 1 من الملخص لصانعى السياسات، العمود الأخير "UNFCCC الإبلاغ عن عوامل الاحترار العالمي")، تكون انبعاثات المركبات HFC المبلغ عنها (المعبر عنها بالأطنان من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) أقل بنسبة 15%.

4. خيارات الإزالة التدريجية للمواد المستنفدة للأوزون وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة

4.1 ماهي الفرص الرئيسية السانحة التي حددت لتخفيضات انبعاثات غازات الدفيئة وكيف يمكن تقديرها؟

إن تخفيضات انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة متاحة لكل القطاعات التي ورد ذكرها في هذا التقرير ويمكن تحقيقها عن طريق:

- **تحسين احتواء المواد؛**
- **تخفيض شحن المواد في المعدات؛**
- **الاسترداد في نهاية العمر وإعادة التدوير وتدمير المواد؛**
- **زيادة استخدام مواد بديلة تقل فيها أو تنعدم احتمالات الاحترار العالمي؛**
- **التكنولوجيات مغايرة[17].**

ومن شأن التقدير الشامل أن يغطي الانبعاثات المباشرة والانبعاثات غير المباشرة المتعلقة بالطاقة، وجوانب دورة الحياة الكاملة وكذلك الاعتبارات الصحية واعتبارات السلامة والاعتبارات البيئية. ومع هذا فبسبب محدودية توافر البيانات المنشورة والتحليلات المقارنة كانت هذه التقديرات الشاملة غير موجودة حالياً تقريباً.

أما طرق تحديد أي الخيارات التكنولوجية الأكثر احتمالاً للحد من انبعاثات غازات الدفيئة فهي التي تتصدى للانبعاثات المباشرة من مركبات الهالوكربون أو بدائلها وللانبعاثات غير المباشرة المتعلقة بالطاقة على مدى دورة الحياة. وعلاوة على هذا فالطرائق الشاملة [18] تقدر مجموعة كبيرة من الآثار البيئية. وهناك طرق مبسطة أخرى[19] لتقدير تأثيرات دورة الحياة وتوفر بشكل عام مؤشرات مفيدة لعمر انبعاثات غازات الدفيئة من أى تطبيق. و لم ينشر إلا عدد قليل نسبياً من المقارنات الشفافة التي تستخدم هذه الطرائق. والاستنتاجات من هذه المقارنات تتأثر بالافتراضات الخاصة بالبارامترات المحددة للتطبيقات، وكثيراً بالبارامترات الخاصة بالمنطقة وبالزمن (مثل حالة مواقع محددة، ومناخ سائد، وخصائص نظام للطاقة). [3.5]

والتحليلات الاقتصادية المقارنة مهمة لتحديد فعالية تكاليف خيارات الحد من غازات الدفيئة. غير أنها تتطلب مجموعة عامة من الطرائق والافتراضات (مثل منهجية التكلفة، والإطار الزمني، ومعدل التخفيض، والظروف الاقتصادية في المستقبل، وحدود النظام). ومن شأن وضع منهجيات سياسية مبسطة أن يمكن من تحسين المقارنات في المستقبل. [3.3]

ويمكن تقدير مخاطر الآثار الصحية والآثار على السلامة في معظم الحالات باستخدام طرائق قياسية. [3.4 و3.5]

يمكن أن تكون انبعاثات غازات الدفيئة المتعلقة باستخدام الطاقة انبعاثات هامة على مدى عمر الأجهزة التي يتناولها هذا التقرير. ومن ثم يمكن لتحسينات كفاءة الطاقة أن تؤدي إلى تخفيضات في الانبعاثات غير المباشرة من هذه الاجهزة رهناً بمصدر الطاقة المعين المستخدم وبالظروف الأخرى، وأن تنتج تخفيضات صافية في التكلفة، وخاصة حيث تكون مرحلة استخدام الأجهزة طويلة (كما هو الحال في التبريد وأجهزة التكييف الثابتة).
الكتابات المقدرة تقديراً عالمياً لاحتمالات التخفيض هذه وإن كانت عدة دراسات إفرادية على الصعيد التكنولوجي والصعيد القطري تبين هذه النقطة.

وعن طريق تطبيق أفضل الممارسات الراهنة[20] وطرائق الاسترداد، ثمة احتمال لتخفيض الانبعاثات المباشرة حسب العمل المعتاد إلى النصف (1.2 جيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة) من المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها من غازات الدفيئة بحلول عام 2015[21]. ونحو 60% من هذا الاحتمال يتعلق بانبعاثات المركبات HFC، و30% HCFCs و10% CFCs.
وتستند هذه التغييرات إلى سيناريو التخفيف[22] الذي يضع افتراضات تفاضلية إقليمياً لأفضل الطرائق لإنتاج واستخدام واستبدال واسترداد وتدمير هذه المواد. وترد الإسهامات القطاعية في الشكل 5 - الملخص لصانعي السياسات [11.5] .

---

17 تحقق التكنولوجيات المغايرة هدف المنتج نفسه دون استخدام الهالوكربون، وبشكل نمطي باتباع نهج بديل أو تقنية غير تقليدية. وتشمل الأمثلة على ذلك استخدام قطع مزيلات الروائح أو مضخات رشها لتحل محل المزيلات الهبائية بالمركبات CFC-12؛ واستخدام الصوف المعدني ليحل محل رغوات CFC أوHFC أوHCFC؛ واستخدام المستنشقات المسحوقة الجافة (DPIs) لتحل محل المستنشقات مقيسة الجرعات من المركبات CFC أوHFC.

18 الطرائق الشاملة مثل تقدير دورة العمر (LCA) تشمل جميع مراحل دورة عمر عدد من الفئات ذات التأثيرات البيئية. والمنهجيات الخاصة بذلك يرد تفصيلها في المقاييس المنظمة الدولية للتوحيد القياسي أرقام 1997:14040 و1998:14041 و2000:14042 و2000:14043.

19 تشمل الطرائق المبسطة النمطية المكافئ الكلي لتأثير الاحترار (TEWI)، التي تقدر انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة وغير المباشرة التي لا تتصل إلا بمرحلة الاستخدام والتصريف؛ ودورة عمر الأداء المناخي (LCCP)، والتي تشمل أيضاً انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة وغير المباشرة من صناعة المواد الفعالة.

20 الممارسة بالنسبة لهذا التقرير تعتبر أقل قيمة يمكن الوصول إليها من انبعاثات الهالوكربون في تاريخ معين، باستخدام التكنولوجيات المؤكدة تجارياً في إنتاج واستعمال واستبدال واستعادة وتدمير الهالوكربون أو المنتجات القائمة على الهالوكربون (لأعداد محددة، انظر الجدول 6 الملخص الفني).

21 للمقارنة فإن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتعلقة بإحراق الوقود الأحفوري وإنتاج الأسمنت كانت نحو 24 جيغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون في العام في عام 2000.

22 يعرض سيناريو التخفيف المستخدم في هذا التقرير المستقبل حتى عام 2015 بالنسبة لتخفيض انبعاثات الهالوكربون، على أساس افتراضات تفاضلية إقليمية لأفضل الممارسات.

ومن بين الانبعاثات المتعلقة بالركام والتي يمكن منعها في الفترة حتى عام 2015، تلك التي يحدث معظمها في التطبيقات القائمة على التبريد حيث تكون معدلات الانبعاث وفق سيناريو العمل المعتاد أهم كثيراً منها بالنسبة للرغاوى خلال الفترة قيد الدراسة. ومع الإجراءات السابقة من قبيل الاستعادة/التدمير وتحسين الاحتواء يمكن السيطرة على مزيد من الانبعاثات من ركام المركبات CFC.

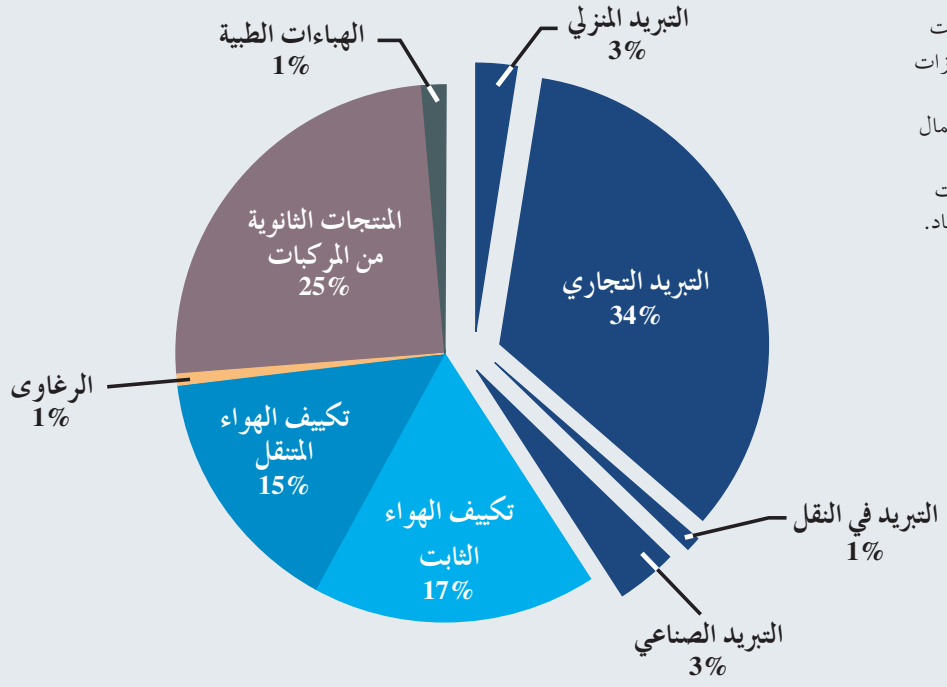
4.2 ما هى احتمالات تخفيض الانبعاثات القطاعية في عام 2015 وما هى التكاليف المرتبطة بذلك؟

من الممكن في تطبيقات التبريد أن تخفض انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة بمقدار 10% إلى 30%. وبالنسبة لقطاع التبريد بأكمله فسيناريو التخفيف يبين انخفاضاً في الانبعاثات المباشرة الكلية بمقدار 490 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة بحلول عام 2015، ويتنبأ بنحو 400 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة بالنسبة للتبريد التجارى. وتقع التكاليف المحددة في حدود 10 إلى 300 دولار أمريكي للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون[23،24]. وبإمكان تحسين نظام كفاءة الطاقة أن يقلل كثيراً أيضاً من الانبعاثات غير المباشرة لغازات الدفيئة.

وفي نظم الأسواق الكبيرة الكاملة يمكن الحصول على قيم تقل بنسبة 60% عن قيم دورة عمر الأداء المناخى LCCP [19] باستخدام المبردات البديلة، وتحسين الاحتواء ونظم التوزيع والنظم غير المباشرة أو النظم التعاقبية. وتتراوح تكلفة القضاء على الانبعاثات المحددة من المبردات بالنسبة لقطاع التبريد التجارى بين 20 و 280 دولاراً أمريكياً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون.

وفي مجال تجهيز الأغذية والتخزين البارد والتبريد الصناعي يتنبأ بأن يتزايد استخدام النشادر في المستقبل مع الاستعاضة بمركبات HFCs عن المركبات HCFC-22 و CFCs. وقد حددت تكاليف إزالة انبعاثات مبردات محددة في التبريد الصناعي بما يتراوح بين 27 و37 دولاراً أمريكياً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. وفي التبريد في النقل فإن بدائل احتمالات الاحترار العالمى المنخفضة مثل النشادر ومركبات الهيدروكربون وثاني أكسيد الكربون/النشادر قد سوقت تجارياً.

وأصبحت احتمالات تخفيض الانبعاثات في التبريد المنزلى صغيرة نسبياً مع تكاليف محددة في نطاق 0 إلى 130 دولاراً أمريكياً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. أما الانبعاثات غير المباشرة من النظم التى تستخدم إما المركبات HFC-134a وإما HC-600a (إيسوبيوتين) فهي المهيمنة على مجموع الانبعاثات،



احتمالات تخفيض الانبعاثات القطاعى 2015

الشكل 5 من الملخص لصانعى السياسات: احتمالات التخفيض القطاعى للانبعاثات المباشرة من الغازات CFCs، HCFCs وHFCs في عام 2015 مقارنة بإسقاطات سيناريو العمل المعتاد. ويقترب احتمال التخفيض الكلي من النصف (1.2 جيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً) من انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة وفق سيناريو العمل المعتاد.

23 تتعلق بيانات التكلفة المعروضة بتخفيضات الانبعاثات المباشرة فقط. وقد تسفر مراعاة التحسينات في كفاءة الطاقة عن تكاليف محددة سلبية صافية (وفورات).
24 تظهر التكاليف في هذا التقرير بدولارات الولايات المتحدة في عام 2002 ما لم ينص على غير ذلك.

لمختلف كثافات الكربون في توليد الكهرباء. والفروق بين دورة عمر الأداء المناخي[19] للمركبات HFC-134a ونظم الأيسوبيوتين صغيرة وتستعاد في نهاية العمر، بزيادة معينة في التكاليف، يمكن أن تزيد من تخفيض حجم الفروق. [4]

وبالإمكان تخفيض الانبعاثات المباشرة من غازات الدفيئة في أجهزة تكييف الهواء والتدفئة المنزلية والتجارية (SAC) بمقدار 200 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة بحلول عام 2015 بالنسبة إلى سيناريو العمل المعتاد. وتتراوح التكاليف المحددة بين 3 دولارات و170 دولاراً أمريكياً لطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون[23]. وعندما يقترن هذا بالتحسينات في كفاءة نظام الطاقة، التي تقلل انبعاثات غازات الدفيئة غير المباشرة، تتجمع في كثير من الحالات مزايا مالية صافية. وفرص تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة (أي المبردة) يمكن أن توجد في (i) زيادة كفاءة استعادة المبرد في نهاية عمره (المفترض في سيناريو التخفيف أنها 50 و80 بالنسبة للبلدان النامية والبلدان المتقدمة على التوالي)؛ (ii) تخفيض رسوم المبردات (بنسبة تصل إلى 20%)؛ (iii)وتحسين الاحتواء؛ (iv) واستخدام المبردات التي تقل فيها أو تنعدم احتمالات الاحتراق العالمي في التطبيقات المناسبة.

ويمكن لتحسين سلامة مغلف البناء (تخفيض امتصاص الحرارة أو فقدانها) أن يكون له أثر هام على الانبعاثات غير المباشرة.

وتستخدم خلائط المركبات HFC ومركبات الهيدروكربون (HCs) (بالنسبة للنظم الصغيرة) كبدائل للمركبات HCFC-22 في البلدان المتقدمة. وبالنسبة للتطبيقات التي يمكن فيها استخدام مركبات الهيدروكربون HCs بأمان تصبح كفاءة الطاقة مقابلة لمبردات الفلوروكربون. ويمكن للتطورات الفنية في المستقبل أن تقلل شحن المبردات، بالتوسع في استخدام مركبات الهيدروكربون. [5]

وفي مجال تكييف الهواء المتنقل من الممكن تحقيق احتمالات تخفيض بمقدار 180 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة بحلول عام 2015، بتكلفة بين 20 و250 دولاراً أمريكياً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون[23] وتتفاوت التكاليف المحددة حسب المنطقة وحسب الحل. وبتحسين الاحتواء والاسترداد في نهاية العمر (بالنسبة لمركبات CFC-12 و HFC-134a) وإعادة تدوير (المركبات HFC-134a) يمكن أن تخفض انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة بما يصل إلى 50%، وكذلك مجموع انبعاثات غازات الدفيئة (المباشرة وغير المباشرة) من وحدة تكييف الهواء المتنقلة بنسبة 30% إلى 40% لتحقيق فائدة مالية لأصحاب السيارات. ومن المرجح أن تدخل النظم الجديدة التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون أو المركبات HFC-152a مع مكافئ دورة عمر الأداء المناخي، إلى الأسواق مما يؤدي إلى تخفيضات كلية في انبعاثات نظام غازات الدفيئة تقدر بنسبة 50% إلى 70% في عام 2015 بتكلفة محددة مضافة تقدر بـ 50 إلى 180 دولاراً أمريكياً لكل سيارة.

وتمثل مركبات الهيدروكربون ومخلوطات الهيدروكربون، التي استخدمت إلى مدى محدود، خواص حرارية دينامية وتتيح كفاءة عالية في الطاقة. ومع هذا فالشواغل المتعلقة بالسلامة والمساءلة التي يحددها صانعو السيارات وموردوها تحد من إمكانية استخدام مركبات الهيدروكربون في السيارات الجديدة. [6.4.4]

وبسبب طول عمر معظم تطبيقات الرغاوى، يتوقع بحلول عام 2015 انخفاض محدود في الانبعاثات بين 15 و 20 ميغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة، بتكلفة محددة تتراوح بين 10 دولارات و 100 دولار أمريكي للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون [23] . وتتزايد احتمالات تخفيض الانبعاثات في العقود التالية.
وهناك عدة خطوات قصيرة الأجل لتخفيض الانبعاثات، ومنها الإزالة المزمعة لاستخدام المركبات HFC في الرغاوى وحيدة المكون التي تصدر انبعاثات في أوروبا، وهي الآن تطبق وتعتبر جزءاً من سيناريو العمل المعتاد (BAU). وثمة مجالان رئيسيان آخران لاحتمالات تخفيض الانبعاثات موجودان في قطاع الرغاوى. والمجال الأول هو احتمال تخفيضات استعمال الهالوكربون في الرغاوى المصنعة حديثاً. ومع هذا فتعزيز استخدام المخلوطات وزيادة الإزالة التدريجية لاستخدام الفلوروكربون أمران يعتمدان على زيادة تطوير التكنولوجيا وتقبل الأسواق. ومن شأن إجراءات تخفيض استخدام المركبات HFC بنسبة 50 بين عامي 2010 و2015، أن تسفر عن تخفيض الانبعاثات بما يقرب من 10 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة، بتكلفة محددة هي من 15 إلى 100 دولار أمريكي للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، مع مزيد من التخفيضات بعد ذلك [23] .

والفرصة الثانية لتخفيض الانبعاثات يمكن أن توجد في الركامات العالمية لمركبات الهالوكربون المحتوى في رغاوى العزل للمباني والأجهزة القائمة (نحو 9 و1 جيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون للغازات CFC و HCFC على التوالي لعام 2002). ولئن كانت فعالية الاسترجاع لم تثبت بعد فالخبرات إلى اليوم قليلة، وخاصة في قطاع البناء، والعمليات التجارية تستعيد بالفعل مركبات الهالوكربون من الأجهزة بتكلفة 10 دولارات إلى خمسين دولاراً أمريكياً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون[23]. وقد تصل تخفيضات الانبعاثات إلى نحو 7 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة في عام 2015. ومع هذا فقد يزداد هذا الاحتمال زيادة كبيرة في الفترة بين عامي 2030 و2050، حين يتم الاستغناء عن كميات كبيرة من رغاوى العزل في المباني.[7]

أما احتمالات تخفيض الهباءات الطبية فهي محدودة بسبب القيود الطبية، والانخفاض النسبي في مستوى الانبعاثات وارتفاع تكاليف البدائل. والإسهام الرئيسي (14 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة بحلول عام 2015 مقابل الانبعاث في سيناريو العمل المعتاد وقدره 40 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة) في تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة بالنسبة لجرعات الاستنشاق المقيسة (MDIs) يكون بإكمال التحول من استخدام المركبات CFC إلى الجرعات MDIs من المركبات HFC بما يتجاوزه ما كان مفترضاً في سيناريو العمل المعتاد. وتعتبر صحة وسلامة المريض ذات أهمية طاغية في قرارات العلاج، وثمة قيود طبية هامة للحد من استعمال الجرعات MDIs من المركبات HFC. فإذا أريد الاستعاضة عن الجرعات MDIs سالبوتامول Salbutamol (قرابة 50% من الجرعة الكلية) بالمستنشقات المسحوقة الجافة (وهي لايفترض وجودها في سيناريو التخفيف) فإن هذا يسفر عن تخفيض سنوي في الانبعاثات بنحو 10 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة بحلول عام 2015 بتكلفة متوقعة في حدود 150 دولاراً إلى 300 دولار أمريكي للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون.[8]

وفي مجال الوقاية من الحريق فإن احتمالات التخفيض بحلول عام 2015 ضئيلة بالنظر إلى الانخفاض النسبي في مستوى الانبعاثات، والتحولات الهامة نحو البدائل غير النوعية في الماضي والإجراءات المطولة لاستخدام معدات جديدة. وتقدر الانبعاثات المباشرة من غازات الدفيئة بالنسبة للقطاع بما يقرب من 5 ميغاطن لمكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة في عام 2015 (BAU). فنسبة خمسة وسبعين في المائة من الاستخدام الأصلي لمركبات الهالون قد تحولت إلى عوامل ليس لها تأثير على المناخ. وتظل نسبة أربعة في المائة من تطبيقات الهالون الأصلية تستخدم مركبات الهالون. والنسبة الباقية وهي 21% تحولت إلى مركبات HFC مع عدد قليل من التطبيقات التي تحولت إلى المركبات HCFCs وإلى المركبات PFCs. ولم تعد المركبات PFCs لازمة للنظم الثابتة الجديدة وأصبحت تقتصر على الاستخدام كدافعات في أحد العوامل المخلوطة في مطفأة الحريق المحمولة في أحد المصانع. وبسبب عملية الاختبار المطولة لم تعد الموافقة وتقبل السوق للأنواع والعوامل الجديدة من أجهزة الوقاية من الحريق خيارات إضافية يكون لها تأثير ملحوظ بحلول عام 2015. ومع استحداث الفلوروكيتون (FK) في عام 2002 أصبحت التخفيضات الإضافية بتكلفة زائدة ممكنة في هذا القطاع حتى عام 2015. وفي الوقت الراهن تقدر هذه التخفيضات تقديرات ضئيلة مقارنة بالقطاعات الأخرى. [9]

وبالنسبة للهباءات غير الطبية والمذيبات فهناك عدة فرص للتخفيضات، لكن احتمالات التخفيضات يرجح أن تكون صغيرة لأن معظم الاستخدامات المتبقية بالغة الأهمية للأداء أو للأمان. والانبعاثات المتوقعة حسب العمل المعتاد بحلول عام 2015 بالنسبة للمذيبات والهباءات هي في حدود 14 و23 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة على التوالي. والاستعاضة عن مركبات HFC-134a بالمركبات HFC-152a في المكانس التي تعمل بالهباءات هو خيار رائد لتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة. وبالنسبة لعوامل إطلاق المنظفات اللاصقة وقوالب السبك فإن الاستعاضة عن مركبات HCFCs بمركبات الهيدروفلوروإيثير (HFEs) وHFCs باحتمالات قليلة للاحترار العالمي تتيح فرصه طيبة. وقد حظرت بعض البلدان استخدام HFC في مواد التجميل ومنتجات الهباءات المريحة والحديثة، مع أن المركبات HFC-134a تظل تستخدم في كثير من البلدان لأسباب تتعلق بالأمان.

ومن الممكن أن تحل تشكيلة من المذيبات العضوية محل المركبات HFCs وPFCs و المواد المستنفدة للأوزون في كثير من التطبيقات. وهذه السوائل البديلة تشمل مركبات تقلل من احتمالات الاحترار العالمي مثل المذيبات التقليدية المكلورة، والمركبات HFEs وHCs والمركبات المشبعة بالأكسجين. والكثير من التكنولوجيات غير النوعية، بما فيها عمليات التنظيف غير النظيفة والمائية، هي أيضاً من البدائل الصحيحة. [10]

وتدمير انبعاثات المركبات الثانوية للمركبات HFC-23 من إنتاج المركبات HCFC-22 ينطوي على احتمالات تخفيض تصل إلى 300 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة بحلول عام 2015 وتكاليف محددة أقل من 0.2 دولار للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، وفقاً لدراستين أوروبيتين أجريتا في عام 2000.
وبإمكان تخفيض إنتاج مركبات HCFC-22 بسبب قوى السوق أو السياسات الوطنية، أو التحسينات في تصميم المرافق وتشييدها أن يخفض أيضاً انبعاثات المركبات HFC-23. [10.4]

4.3 ماهي السياسات والتدابير والأدوات الراهنة؟

لقد نفذت مجموعة متنوعة من السياسات والتدابير والأدوات في سبيل الحد من استخدام أو الحد من انبعاثات المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها من أمثال المركبات HFCs و PFCs. وهذه تشمل اللوائح والأدوات الاقتصادية والاتفاقات الطوعية والتعاون الدولي. وعلاوة على هذا فسياسات الطاقة أو المناخ العامة تؤثر في الانبعاثات غير المباشرة لغازات الدفيئة الناشئة عن تطبيقات بمواد مستنفدة للأوزون أو بدائلها أو بدائل مغايرة.

ويتضمن هذا التقرير معلومات عن السياسات والنهوج القائمة في بعض البلدان (وأساساً البلدان المتقدمة) من أجل الحد من استخدام أو من انبعاثات المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها. وتشمل تلك السياسات والنهوج ذات الصلة مايلي:

- اللوائح (من قبيل معايير الأداء ومنح الشهادات والقيود وإدارة نهاية العمر)
- الأدوات الاقتصادية (من قبيل الضرائب والإتجار في الانبعاثات والحوافز المالية ورد التأمين)
- الاتفاقات الطوعية (من قبيل التخفيضات في الاستخدام والانبعاثات، والشراكات الصناعية وتنفيذ المبادئ التوجيهية للممارسة الجيدة)
- التعاون الدولي (من قبيل آلية التنمية النظيفة)

وجدير بالملاحظة أن اعتبارات السياسات تعتمد على استخدامات محددة وظروف وطنية وعوامل أخرى.

4.4 ماذا يمكن أن يقال عن توافر المركبات PFCs/HFCs في المستقبل لاستخدامها في البلدان النامية؟

لاتتوافر بيانات منشورة تعرض القدرات على الإنتاج في المستقبل. ومع ذلك فلما لم تكن هناك حدود تقنية أو قانونية مفروضة على إنتاج المركبات HFC وPFC، يمكن افتراض أن القدرة العالمية على الإنتاج ستظل عموماً ملبية للطلب أومتجاوزة له. ولذا يقدر الإنتاج في المستقبل في هذا التقرير بتجزئة الطلب القطاعي.

في سيناريو العمل المعتاد (BAU) يتوقع التوسع في القدرة العالمية على الإنتاج بإدخال إضافات في البلدان النامية أساساً وعن طريق المشاريع المشتركة. وفي أغلب الأحوال تتجاوز القدرة العالمية على إنتاج مركبات HFCs وPFCs الطلب الحالي. فهناك عدد من معامل المركبات HFC-134a في بلدان متقدمة وهناك معمل واحد في بلد نام ويزمع إنشاء معامل أخرى؛ والمعامل القليلة للمركبات HFCs الأخرى موجودة على سبيل الحصر في البلدان المتقدمة. كما أن خطة الجماعة الأوروبية المقترحة للإزالة التدريجية للمركبات HFC-134a في مكيفات الهواء المتنقلة في السيارات الجديدة وبرامج الصناعة الطوعية للحد من انبعاثات HFC-134a بمعدل 50% سوف تؤثر على الطلب والقدرة على الإنتاج الناتج. والأسواق السريعة التوسع في البلدان النامية، وخاصة للاستعاضة عن مركبات CFCs، تسفر عن قدرة جديدة لإنتاج الغازات المفلورة التي تلبى حالياً من خلال التوسع في القدرة على إنتاج المركبات HCFC-22 و141b. [11]

التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
فريق التقييم التكنولوجي والاقتصادي:
حماية طبقة الأوزون والنظام المناخي العالمي:
القضايا المتعلقة بمركبات الهيدروكربون الفلورية والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة

الملخص الفني

المؤلفون الرئيسيون المنسقون

ديفيد ديجاغير (هولندا)، مارتين مانينغ (الولايات المتحدة الأمريكية)، لامبرت كويجبرس (هولندا)

المؤلفون الرئيسيون

ستيفن أ. أندرسون (الولايات المتحدة الأمريكية)، بول أشفورد (المملكة المتحدة)، بول أتكينز (الولايات المتحدة الأمريكية)، نيك كامبل (فرنسا)، دينيس كلوديك (فرنسا)، سوكومار ديفوتا (الهند)، داف غودوين (الولايات المتحدة الأمريكية)، يوخين هارنيش (ألمانيا)، مالكوم كو (الولايات المتحدة الأمريكية)، سوزان كوتشي (الولايات المتحدة الأمريكية)، ساشا مادرونيش (الولايات المتحدة الأمريكية)، بيرت ميتز (هولندا)، ليو مير (هولندا)، خوسيه روبيرتو موريرا (البرازيل)، جون أوينز (الولايات المتحدة الأمريكية)، روبيرتو بيكسوتو (البرازيل)، خوسيه بونز (فنزويلا)، جون بايل (المملكة المتحدة)، سالى راند (الولايات المتحدة الأمريكية)، راجيندرا سندى (الهند)، ثيودور شيفرد (كندا)، ستيفن سيكارز (كندا)، سوزان سولومون (الولايات المتحدة الأمريكية)، غيوس فيلدرز (هولندا)، دان فيردونيك (الولايات المتحدة الأمريكية)، روبيرت ويكهام (الولايات المتحدة الأمريكية)، أشلى وودكوك (المملكة المتحدة)، بول رايت (المملكة المتحدة)، ماساكى يامابى (اليابان)

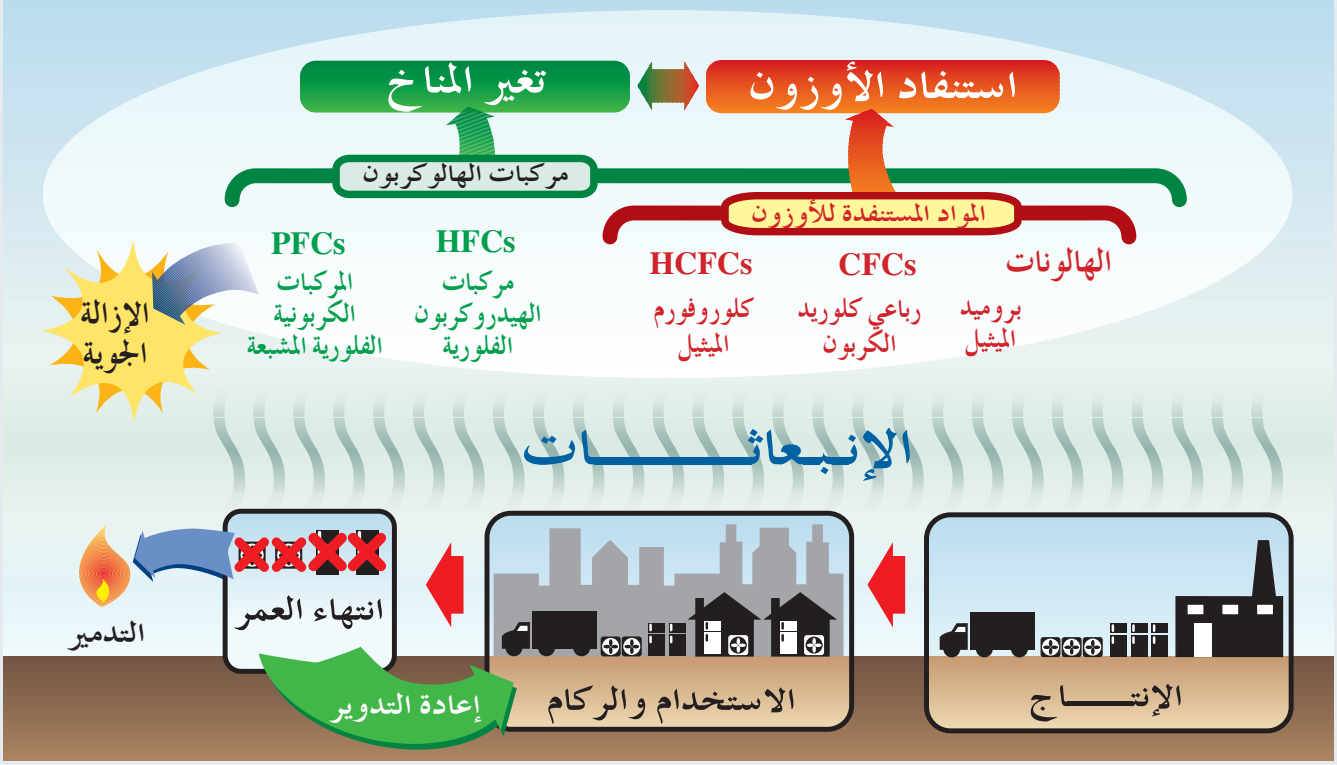
المحررون المستعرضون

أوغونلاد ديفيدسون (سيراليون)، ماك ماكفرلاند (الولايات المتحدة الأمريكية)، باولين ميدغلى (ألمانيا)

1. مقدمـــة

أعد هذا التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ استجابة لدعوات من اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) [1,2] وبروتوكول مونتريال بشأن المواد المستنفدة لطبقة الأوزون [3] لإعداد تقرير متوازن علمي وفني ولصنع السياسات يتعلق ببدائل للمواد المستنفدة للأوزون (ODSs) التي تؤثر على النظام المناخي العالمي. وقد أعدته الهيئة IPCC وفريق التقييم التكنولوجي والاقتصادي (TEAP) لبروتوكول مونتريال.

ولما كانت المواد المستنفدة للأوزون (ODSs) تسبب نفاد طبقة الأوزون بالغلاف الستراتوسفيري[4]، فإن إنتاجها واستهلاكها ينظمهما بروتوكول مونتريال. وهي بالتالي تزال تدريجياً، بجهود تبذلها البلدان المتقدمة والنامية الأطراف في بروتوكول مونتريال. وهذه المواد المستنفدة للأوزون، إلى جانب عدد من بدائلها هي كلها غازات دفيئة تسهم في تغير المناخ (انظر الشكل 1 من الملخص الفني). ويندرج بعض بدائل هذه المواد، وخاصة المركبات



الشكل 1 من الملخص الفني – بيان تخطيطي للقضايا الرئيسية التي يتناولها هذا التقرير. فالمركبات الكربونية الفلورية الكلورية (CFCs) والهالونات ومركبات الهيدروكربون الفلورية الكلورية (HCFCs) تسهم في نفاد الأوزون وتغير المناخ، بينما مركبات الهيدروكربون الفلورية (HFCs) والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs) لاتسهم إلا في تغير المناخ وهي من بين البدائل الممكنة للمواد المستنفدة للأوزون (ODSs). واللون الأحمر يبين الغازات المشمولة ببروتوكول مونتريال وتعديلاته وتنقيحاته[5] بينما اللون الأخضر يبين الغازات المشمولة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول كيوتو الملحق بها. والخيارات التي يتناولها هذا التقرير للحد من انبعاثات الهالوكربون تشمل تحسين الاحتواء والاستعادة وإعادة التدوير وتدمير المنتجات الثانوية والركامات الموجودة [6]، واستخدام عمليات بديلة أو مواد بديلة تنخفض فيها احتمالات الاحترار العالمي أو لاتكاد تذكر.

1 المقرر 12 CP.8, FCCC/CP/2002/7 Add.1، صفحة 30.
2 المصطلحات المحددة في المسرد ترد ملونة في أول مرة تستخدم فيها في هذا الملخص الفني.
3 المقرر XIV/10 UNEP/OzL.Pro.14/9، صفحة 42.
4 الأوزون في هذا التقرير يشير إلى الأوزون الستراتوسفيري ما لم ينص على غير ذلك.
5 يشار إليه فيما بعد بعبارة بروتوكول مونتريال.
6 الركام هو المقدار الإجمالي للمواد التي تحتويها المعدات القائمة و المخزونات الكيميائية والرغاوى و المنتجات الأخرى التي لم تنطلق بعد إلى الغلاف الجوي.

(HFCs) والمركبات (PFCs)، ضمن الاتفاقية الإطارية (UNFCCC) وبروتوكول كيوتو الملحق بها. والخيارات المنتقاة لحماية طبقة الأوزون يمكن أن تؤثر فى تغير المناخ. كما أن تغير المناخ قد يؤثر بصورة غير مباشرة في طبقة الأوزون.

ويتناول هذا التقرير آثار الانبعاثات الكلية للمواد المستنفدة للأوزون وبدائلها على النظام المناخي وطبقة الأوزون. وبصفة خاصة فإن ذلك يوفر سياقاً لتفهم كيفية تأثير خيارات الاستبدال على الاحترار العالمي. ولا يرمي هذا التقرير إلى تغطية شاملة لآثار خيارات الاستبدال على طبقة الأوزون.

فلقد استخدمت مركبات الهيدروكربون الفلورية الكلورية (HCFCs) للاستعاضة عن مركبات رباعي كلوريد الكربون (CFCs) في عدة تطبيقات لأن عمرها أقصر في الغلاف الجوي وهي بالتالي تسبب نفاداً أقل للأوزون. وقد حددت المركبات HFCs وPFCs باعتبارها بديلات محتملة على المدى الطويل للمواد المستنفدة للأوزون لأنها لا تحتوي على البروم ولا الكلور ولا تسبب أى استنفاد كبير للأوزون. ومع هذا فكل هذه الأنواع هي أيضاً غازات دفيئة وبذلك فهي تسهم في تغير المناخ بدرجات متفاوتة. ويشمل استخدام بدائل إضافية للهالوكربون، النشادر والمواد العضوية، والانبعاث المباشر لهذه المواد له تأثير ضئيل للغاية على المناخ وإن كانت الانبعاثات غير المباشرة قد لا تكون مهمة.

ويتناول التقرير حسب القطاع، خيارات الحد من انبعاثات الهالوكربون، وخيارات إدخال مواد بديلة، والتكنولوجيات الرامية إلى الحد من انبعاثات غازات الدفيئة. وهو يتناول انبعاثات المركبات HFC وPFC بقدر علاقة هذه المواد بالاستعاضة عن المواد المستنفدة للأوزون. فانبعاثات المركبات HFC وPFC من إنتاج الألمونيوم أو أشباه الموصلات أو القطاعات الأخرى التي لا تدخل فيها بدائل المواد المستنفدة للأوزون ليست مشمولة في هذا التقرير.

وتشمل قطاعات التطبيق الرئيسية التي تستخدم المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها HFC/PFC، التبريد وتكييف الهواء والرغاوى والهباءات والوقاية من الحريق والمذيبات. وتنشأ انبعاثات هذه المواد من الصناعة من أى إطلاقات غير مقصودة من المنتجات الثانوية، والاستعمالات المطلقة للانبعاثات بغير قصد، والتبخر والتسرب من الركامات الموجودة في المعدات والمنتجات أثناء استخدامها، واختبارها وصيانتها، وممارسات نهاية العمر.

وفيما يتعلق بخيارات الحد من انبعاثات محددة، فإن التقرير يقتصر عموماً في تغطيته على الفترة الزمنية حتي عام 2015، التي تتوافر عنها كتابات موثوقة بشأن خيارات الاستبدال ذات الاحتمالات السوقية الهامة في هذه القطاعات سريعة التطور. ويتناول التقرير الأداء الفني وتقدير الاحتمالات والمنهجيات والانبعاثات غير المباشرة [7] المتعلقة باستخدام الطاقة، إلى جانب التكاليف والصحة والأمان البشرية وآثار ذلك على جودة الهواء وقضايا التوافر في المستقبل.

ويجمع الملخص الفني (TS) المعلومات الأساسية من التقارير المصاحبة ويتبع إلى حد ما هيكل التقرير، وهو تقسيمه إلى ثلاثة أجزاء .ويصف الجزء الأول الصلات العلمية بين استنفاد أوزون الستراتوسفير وتغير المناخ ويقدم معلومات ذات صلة عن التأثير الإشعاعي، ورصدات التغيرات في عوامل التأثير والانبعاثات (الفرع 2 من الملخص الفني). وهو يتناول كيفية الإزالة التدريجية للمواد المستنفدة للأوزون وكيفية تأثيرها على أوزون الستراتوسفير وتغير المناخ إلى جانب التأثيرات على جودة الهواء وقضايا البيئة المحلية. ولا يسعى التقرير إلى تغطية النطاق الواسع والعميق والتقديرات التخصصية الأخرى لاستنفاد الأوزون وتغير المناخ، ولكن إلى تقدير التفاعلات بين قضيتي البيئة المتعلقتين بالنظر في الخيارات البديلة.

ويقيّم الجزء الثاني خيارات استبدال المواد المستنفدة للأوزون بما في ذلك القضايا البيئية والصحية وقضايا الأمان والتوافر والأداء الفني (الفرعان 3 و4 من الملخص الفني). ويقيّم التقرير الممارسات والمنهجيات البديلة للحد من الانبعاثات وآثار الاحترار الصافية لكل قطاع استخدام، بما في ذلك النظر في عملية التحسين وفي التطبيقات وفي تحسين الاحتواء، والاستعادة في نهاية العمر وإعادة التدوير والتصريف والتدمير إلى جانب القياسات والتدابير الهامة.

ويشمل الجزء الثالث من التقرير قضايا العرض والطلب. ويجمل التقرير المعلومات المتاحة عن الانبعاثات من شتى القطاعات والأقاليم ويبحث في التوازن بين العرض والطلب، مع مراعاة القضايا المتصلة بالبلدان النامية (الفرع 3.8 في الملخص الفني).

7 جدير بالملاحظة أن أوساط الإبلاغ عن الجرد الوطني تستخدم مصطلح "الانبعاثات غير المباشرة" إشارة إلى انبعاثات غازات الدفيئة التي تنشأ عن تحلل مادة أخرى في البيئة. وهذا يتعارض مع استخدام المصطلح في هذا التقرير، حيث يشير على وجه التحديد إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتصلة بالطاقة و المرتبطة بمناهج تقدير دورة الحياة (LCA) من قبيل التأثيرات الكلية المكافئة للاحترار (TEWI) أو دورة عمر الأداء المناخي (LCCP) .

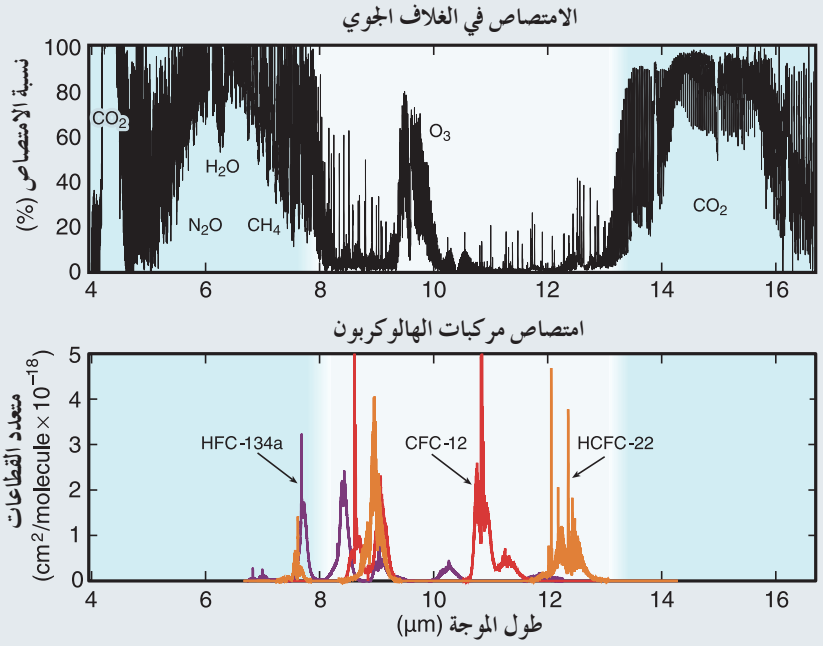
2. مركبات الهالوكربون واستنفاد الأوزون وتغير المناخ

2.1 كيف تسهم المركبات CFCs وبدائلها في التأثير الإشعاعي للنظام المناخي ؟

إن الكثير من مركبات الهالوكربون، بما فيها المركبات CFCs وPFCs وHFCs وHCFCs، هى غازات دفيئة مؤثرة وهى تمتص إشعاعات الأرض دون الحمراء الخارجة في نطاق طيفى لاتنتزع منه الطاقة بفعل ثاني أكسيد الكربون أو بخار الماء (الذي يشار إليه أحياناً بأنه النافذة الجوية، انظر الشكل 2 من الملخص الفني). ويمكن أن تكون جزئيات الهالوكربون أكثر كفاءة بآلاف المرات بالنسبة لطاقة امتصاص الإشعاع المنبعث من الأرض من ذرة لثاني أكسيد الكربون، ويمكن لكميات قليلة من هذه الغازات أن تسهم كثيراً في التأثير الإشعاعي[8] للنظام المناخي. [1-1] [9]

وترد في الجدول 1 من الملخص الفني الكفاءات الإشعاعية (W m -2 ppb-1) بالنسبة لمركبات الهالوكربون وغازات الدفيئة الأخرى الممزوجة جيداً والتي يبلغ عنها بمقتضى بروتوكول مونتريال وبروتوكول كيوتو. وبالنسبة لمعظم الأنواع التي يتطرق إليها البحث هنا، يُحسب حجم التأثير الإشعاعى المباشر المتولد عن غاز من ناتج نسبة خلطه (في أجزاء لكل مليار، ppb) والكفاءة الإشعاعية. وبالنسبة لغازات الدفيئة الأكثر وفرة - ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النتروز - فثمة علاقة لاخطية بين نسبة المزج والتأثير الإشعاعي [1-1] .

والتأثير الإشعاعي الأولي لثاني أكسيد الكربون وبخار الماء هو تدفئة مناخ السطح ولكن تبريد الستراتوسفير. ومع هذا فبسبب الامتصاص في النافذة الجوية يكون التأثير الإشعاعي المباشر للهالوكربون هو التدفئة للتروبوسفير والستراتوسفير معاً [1.2 والإطار 1.4]



الشكل 2 من الملخص الفني – اللوحة العليا: امتصاص الأشعة تحت الحمراء في الغلاف الجوي (0 تمثل لاامتصاص، و100 تمثل امتصاص كامل للإشعاع) حسب المستقرأ من قياسات الإشعاع IMG/ADEOS المحمولة في لفضاء (3 نيسان/أبريل 1997، 9.5° غرباً، و 38.4° شمالاً). واللوحة السفلى: امتصاص مركبات الهالوكربون عبر القطاعات (HCFC-22 وCFC-12 وHFC-134a) في نافذة الأشعة تحت الحمراء في الغلاف الجوي، التي تقع بين المناطق المظللة تقريباً بسبب عملية الامتصاص القوية لثاني أكسيد الكربون، وO_2H وO_3 وCH_4 وN_2O. [الشكل 2.6]

[8] التأثير الإشعاعى هو قياس تأثير أى عامل في تغيير ميزان الطاقة الداخلة والخارجة في نظام الغلاف الجوى للأرض، وهو دليل إرشادى على أهمية العامل باعتباره آلية لتغير محتمل في المناخ. ويعبر عنها بالواط في المتر المربع. وغاز الدفيئة يسبب تأثيراً إشعاعياً مباشراً عن طريق امتصاص الإشعاع وإطلاقه وقد يسبب تأثيراً إشعاعياً مباشراً عن طريق التفاعلات الكيميائية التى تؤثر على غازات الدفيئة الأخرى أو جزيئاتها.

[9] الأرقام الموضوعة بين أقواس مربعة تشير إلى الفروع الواردة في التقرير الأساسي التي توجد بها المواد والإشارات إلى الفقرة.

الجدول 1 من الملخص الفني. الكفاءة الإشعاعية والأعمار والتأثير الإشعاعي المباشر الإيجابي لغازات الدفيئة ومركبات الهالوكربون المخلوطة جيداً والتي يبلغ عنها عادة بمقتضى بروتوكولي مونتريال وكيوتو بسبب زياداتها بين عام 1750 وعام 2000 وبين عام 1970 وعام 2000. وللإطلاع على التفاصيل انظر الفرع 1.1 وخاصة الجدول 1.1، والفرع 2.2 وخاصة الجدول 2.6.

أنواع الغاز	الكفاءة الإشعاعية ($W\ m^{-2}\ ppb^{-1}$)	العمر (بالسنوات)	التأثير الإشعاعي ($W\ m^{-2}$) 1750-2000	1970-2000
CO_2	$1,55 \times 10^{-5}$ [a]	_[b]	1,50	0,67
CH_4	$3,7 \times 10^{-4}$	12 [c]	0,49	0,13
N_2O	$3,1 \times 10^{-3}$	114 [c]	0,15	0,068
CFC-11	0,25	45	0,066	0,053
CFC-12	0,32	100	0,173	0,136
CFC-113	0,3	85	0,025	0,023
CFC-114	0,31	300	0,005	0,003
CFC-115	0,18	1700	0,002	0,002
HCFC-22	0,20	12	0,0283	0,0263
HCFC-123	0,14	1,3	0,0000	0,0000
HCFC-124	0,22	5,8	0,0003	0,0003
HCFC-141b	0,14	9,3	0,0018	0,0018
HCFC-142b	0,2	17,9	0,0024	0,0024
HCFC-225ca	0,2	1,9	0,0000	0,0000
HCFC-225cb	0,32	5,8	0,0000	0,0000
HFC-23	0,19	270	0,0029	0,0029
HFC-32	0,11	4,9	0,0000	0,0000
HFC-125	0,23	29	0,0003	0,0003
HFC-134a	0,16	14	0,0024	0,0024
HFC-152a	0,09	1,4	0,0002	0,0002
HFC-227ea	0,26	34,2	0,0000	0,0000
Halon-1211	0,3	16	0,0012	0,0012
Halon-1301	0,32	65	0,0009	0,0009
Halon-2402	0,33	20	0,0001	0,0001
CCl_4	0,13	26	0,0127	0,0029
CH_3Br	0,01	0,7	0,0001	0,0000
CH_3CCl_3	0,06	5	0,0028	0,0018
CF_4	0,08	50,000	0,0029	0,0029
C_2F_6	0,26	10,000	0,0006	0,0006
C_3F_8	0,26	2600	0,0001	0,0001
Ethane	0,0032	0,21	-	-
Pentane	0,0046	0,010	-	-

ملاحظات

a. تتناقص الكفاءة الإشعاعية لثاني أكسيد الكربون كلما زادت تركيزاته.

b. إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي تنطوي على كثير من العمليات المختلفة ولايمكن التعبير عن معدلها بدقة بعمر واحد. ومع ذلك فنماذج دورة الكربون تقدر بشكل نمطي أن 30%-50% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تظل في الغلاف الجوي لأكثر من 100 سنة.

c. تشمل أعمار الغازين CH_4 وN_2O تأثيرات غير مباشرة لانبعاثات كل غاز على عمره.

وإلى جانب التأثير المباشر لبعض الغازات على المناخ فإنه يكون لها تأثير غير مباشر إما من التأثير الإشعاعي بسبب نواتج تدهورها أو بسبب تأثيرها على كيمياء الغلاف الجوي. فمركبات الهالوكربون المحتوية على الكلور والبروم هي مواد مستنفدة للأوزون. ولأن الأوزون ممتص قوي للإشعاع فوق البنفسجي فإن لها تأثيراً تبريدياً مباشراً يكون كبيراً إذا قورن بتأثير تدفئتها المباشرة. وبالنسبة لمركبات الهيدروكربون، فإن الآثار غير المباشرة المرتبطة بإنتاج الأوزون في التروبوسفير قد تكون أكبر كثيراً من التأثيرات المباشرة [1.1 و 1.5، الأطر 1.3 و2.2 و2.5].

2.2 إلى أي مدى تظل المركبات CFCs وبدائلها في الغلاف الجوي بعد انبعاثها ؟

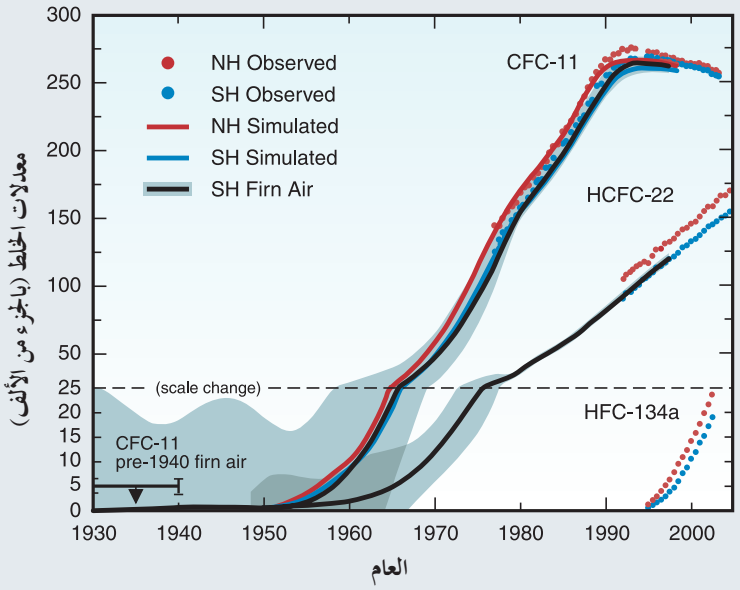
تظل الغازات التي لها عمر زمني طويل في الغلاف الجوي ويمكنها بالتالي أن تؤثر فى المناخ، لمدة زمنية أطول. وعمر عدة مركبات هالوكربون وأنواعها البديلة ترد في الجدول 1 من الملخص الفني. ومعظم المركبات CFCs تتلاشى من الغلاف الجوي بجداول زمنية تتراوح بين نحو 50 و100 سنة. وباستثناء مركبات HFC-23 التي عمرها 270 عاماً، فإن مركبات HCFCs و HFCs تمحى بكفاءة في التروبوسفير عن طريق عمليات الأكسدة الكيميائية فى الغلاف الجوي. ونتيجة لهذا تكون أعمارها متراوحة بين عام واحد وعدة عقود. والمركبات PFCs هي جزئيات خاملة للغاية ويسهم انبعاثها في احترار النظام المناخي على مدى فترات زمنية يمكن أن تتجاوز 1000 عام. [2.2]

ومعظم غازات الهالوكربون طويلة العمر بالقدر الكافي بحيث تختلط في جميع طبقات الغلاف الجوي قبل تدميرها. ولذا فلها نسب خلط ثابتة تقريباً في كل الغلاف الجوي. وعلى العكس من ذلك فإن مركبات النشادر والمركبات العضوية لها أعمار تتراوح نمطياً بين أيام وأسابيع، وهذا يجعل توزعها مختلفاً مساحياً وزمنياً. [2.2]

2.3 كيف تتغير التركيزات والانبعاثات الجوية للمركبات CFCs والهالونات والمركبات HCFCs والمركبات HFCs والمركبات PFCs؟

يتبين من الرصدات الجوية، كما هو واضح في المثال في الشكل 3 من الملخص الفني، أن التركيزات العالية من المركبات CFCs زادت زيادة كبيرة خلال الفترة منذ السبعينات وحتى التسعينات، بحيث زاد إسهامها في التأثير الإشعاعي وخاصة خلال هذه الفترة بينما أخذت الآن تركيزات الأنواع البديلة في الزيادة. وأصبحت المركبات HCFC-22 هى المركبات HCFC الأكثر وفرة، حيث تبلغ تركيزاتها الحالية 160 (جزء من الألف). وبدأت تركيزاتها في الزيادة في أوائل السبعينات متزامنة مع الزيادة في مركبات CFCs، بينما زادت تركيزات المركبات HCFCs الأخرى الهامة، وأساساً في التسعينات، مثلما فعلت تركيزات المركبات HFCs. [1.2و2.3]

وتختلف معدلات التغيير المرصودة حالياً بين المواد المستنفدة للأوزون، ويعتمد هذا أساساً على انبعاثاتها وعمرها في الغلاف الجوي (انظر الجدول 2 من الملخص الفني). وفي أعقاب بروتوكول مونتريال وما لحقه من تعديلات حدثت تخفيضات كبيرة في إنتاج المواد المستنفدة للأوزون وتركيزات انبعاثاتها. وبلغت بعض تركيزات المركبات CFCs ذروتها، بينما ينتظر أن تهبط الأخرى في المستقبل. وفي الانعدام التام للانبعاثات سوف تنخفض تركيزات هذه الغازات، ولكن بمعدلات بطيئة تتحدد بعمرها في الغلاف الجوي الذي يمتد من عقود إلى قرون. وسوف يتسبب استمرار الانبعاثات في زيادات في تركيزات هذه الغازات أو اضمحلال معدلات تناقصها. وتوفر رصدات التغيرات السنوية للتركيزات في الغلاف الجوي أكثر التقديرات موثوقية لإجمالي الانبعاثات العالمية للغازات الطويلة العمر. وعلى سبيل المثال فقد لوحظ أن المركبات CFC-11 تتناقص بمعدل أبطأ بمقدار 60% عما يمكن أن يحدث في عدم وجود انبعاثات، بينما تظل المركبات CFC-12 تتزايد طفيفاً مما يبين استمرار الانبعاثات للنوعين. غير أن المركبات CFC-113 تتناقص بمعدل يقترب من المعدل المتوقع في عدم وجود انبعاثات. ويبين الجدول 2 من الملخص الفني التركيزات العالمية المرصودة ومعدلات نمو أو تآكل المركبات الرئيسية CFCs والهالونات والمركبات HCFCs و HFCs و PFCs، إلى جانب الانبعاثات المقدرة في الغلاف الجوي واللازمة لشرح الاتجاهات الحالية المرصودة [2.3 و2.5].



الشكل 3 من الملخص الفني– نسب الخلط المقدرة في التربوسفير العالمي (بالجزء من الألف) للمركبات CFC-11 وHCFC-22 وHFC-134a مبينة بشكل منفصل لنصفي الكرة الشمالي والجنوبي. والرموز الحمراء والزرقاء تبين القياسات من شبكتى AGAGE (التجربة العالمية المتقدمة لغازات الغلاف الجوي) وLDMC (مختبر المراقبة والتشخيصات المناخية) بينما تبين الخطوط الحمراء والزرقاء محاكاة تركيزات المركب CFC-11 على أساس تقديرات أعمار الانبعاثات والغلاف الجوي. أما الخطوط السوداء والمنطقة المظللة فتبين التقديرات ونطاقات عدم اليقين بالنسبة للمركبين CFC-11 وHCFC-22 المستقاة من التحويل التركيبي لقياسات هواء الثلج الجليدي القطبي الجنوبي وقياسات الغلاف الجوي الموقعي Cape Grim. وأما الخط الأفقي الأسود الثقيل مع سهم وقضبان خطأ فيبين تقديراً منفصلاً للحد الأعلى لتركيزات غازات CFC-11 قبل عام 1940 على أساس قياسات هواء الثلج الجليدي في القطب الجنوبي. ويلاحظ أن الغازات المبينة هنا تستخدم في تطبيقات مختلفة وهى مبينة لأغراض التوضيح فقط. [الشكل 1.8]

الجدول 2 من الملخص الفني. التركيزات العالمية المرصودة والاتجاهات لبعض أكثر المركبات CFCs وHCFCs وHFCs وPFCs وفرة قرب عام 2003، مع جملة الانبعاثات العالمية المطلوبة لتفسير هذه الاتجاهات. وللمقارنة، تقدم الانبعاثات المقدرة لسنة 1990، أى بعد الذروة في جملة انبعاثات المواد المستنفدة للأوزون بقليل. وللاطلاع على التفاصيل انظر الفرع 2.3 وخاصة الجدول 2.1 والشكل 2.4.

النوع	التركيز في عام 2003[ا] (ppt)	الاتجاهات بين عامي 2001 و2003[ا] (ppt/yr^{-1})	الاتجاه كنسبة مئوية من التركيز %	الانبعاثات المقدرة في عام 2002 [ب] (kt yr^{-1})	الانبعاثات المقدرة في عام 2002 [ب] (GtC0$_2$-eq yr^{-1})	الانبعاثات المقدرة في عام 1990[ج] (kt yr^{-1})[د]	الانبعاثات المقدرة في عام 1990[ج] (GtC0$_2$-eq yr^{-1})[د]
CFC-11	256	– 1.9 – - 2.7	– 0.7 – - 1.1	70 – 90	0.33 – 0.42	280 – 300	1.31 – 1.40
CFC-12	538	+ 0.2 – + 0.8	+ 0.04 – + 0.16	110 – 130	1.2 – 1.4	400 – 430	4.29 – 4.61
CFC-113	80	– 0.6 – - 0.7	– 0.8 – - 1.0	5 – 12	0.03 – 0.07	180 – 230	1.09 – 1.39
مجموع المركبات CFCs الرئيسية				***185 – 232***	***1.54 – 1.89***	***860 – 960***	***6.68 – 7.40***
HCFC-22	157	+ 4.5 – + 5.4	+ 2.8 – + 3.4	240 – 260	0.43 – 0.46	185 – 205	0.33 – 0.36
HCFC-123	0.03	0	0	غير متاح [هـ]		0	0
HCFC-141^b	16	+ 1.0 – + 1.2	+ 6.3 – + 7.5	55 – 58	0.04	0	0
HCFC-142^b	14	+ 0.7 – + 0.8	+ 4.3 – + 5.7	25	0.06	10 — 20	0.02 – 0.05
مجموع المركبات HCFCs الرئيسية				***320 – 343***	***0.53 – 0.56***	***195 – 225***	***0.35 – 0.41***
HFC-23	17.5	+ 0.58	+ 3.3	13	0.19	6.4	0.09
HFC-125	2.7	+ 0.46	+ 17	9 – 10	0.03	0	0
HFC-134^a	26	+ 3.8 – + 4.1	+ 15 – + 16	96 – 98	0.14	0	0
HFC-152^a	2.6	+ 0.34	+ 13	21 – 22	0.003	0	0
مجموع المركبات HFCs الرئيسية			***139 – 143***	***0.36***	***6.4***	***0.09***	
Halon-1211	4.3	+ 0.04 – + 0.09	+ 0.9 – + 2.8	7 – 8	0.013 – 0.015	11.5	0.02
Halon-1301	2.9	+ 0.04 – + 0.08	+ 1.4 – + 2.8	1 – 2	0.007 – 0.014	5.1	0.04
CCl_4	95	– 0.9 – - 1.0	– 1.0 – - 1.1	64 – 76	0.09 – 0.10	120 – 130	0.17 – 0.18
CH_3CCl_3	27	– 5.6 – - 5.8	– 21 – - 23	15 – 17	0.002	646	0.09
CF_4	76	غير متاح [هـ]	غير متاح [هـ]	غير متاح [هـ]			
C_2F_6	2.9	+ 0.1	+ 3.4				
C_3F_8	0.26	غير متاح [هـ]	غير متاح [هـ]				

ا. متوسط التركيزات في التروبوسفير ومدى الاتجاهات من شبكات مراقبة مختلفة.
ب. مقدرة من التركيزات والاتجاهات الراهنة.
ج. الانبعاثات المرجحة لعام 1990 على أساس الفصل 2، الشكل 2,4 ، ماعدا بالنسبة للمركب HFC-23 المأخوذ من الفصل 10.
د. الانبعاثات المرجحة باحتمالات الاحترار العالمي باستخدام احتمالات الاحترار العالمي (GWPs) المباشرة من هذا التقرير.
هـ. n.a – غير متاح. البيانات غير كافية لتحديد اتجاهات أو قيمة انبعاثات موثوقة.

ولأغراض المقارنة فإن التقديرات السابقة للانبعاثات (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2003)[10] مبينة أيضاً عن عام 1990 الذي أعقب ذروة انبعاثات المواد المستنفدة للأوزون بقليل. أما انبعاثات المركبات CFC-113 و CH_3CCL_3 وهما المستخدمان بقدر كبير كمذيبات وليست لها ركامات تراكمية، فقد هبطت بأكثر من المعامل 10 من عام 1990 إلى عام 2000. وقد استقرت تقريباً مستويات الكلور فى الستراتوسفير وقد تكون بدأت فى الهبوط. [2.3]

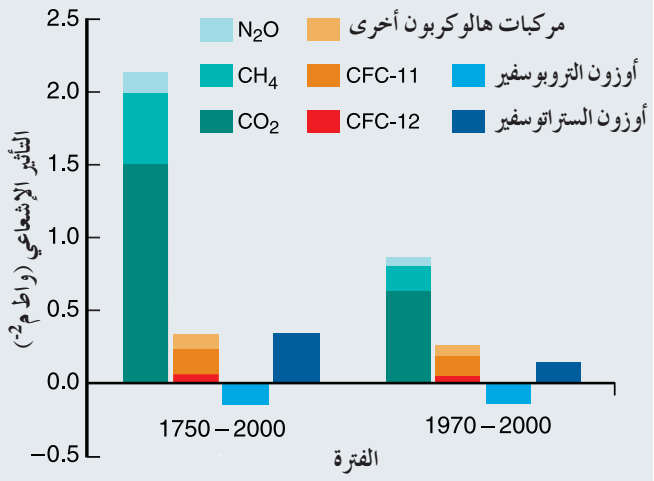
إن تقديرات الانبعاثات الحالية للمركبات CFC-11 وCFC-12 المبينة فى الجدول 2 من الملخص الفني تزيد عن تقديرات الإنتاج الجديد مبينة أن جزءاً كبيراً من هذه الانبعاثات ينشأ عن ركامات هذه المواد الكيميائية المتراكمة من الإنتاج السابق. وهذه الركامات تشمل المواد التي تحتويها الرغاوى وتكييف الهواء والتبريد والاستعمالات الأخرى. وعلى العكس من ذلك فإن الإنتاج يزيد حالياً عن انبعاثات معظم مركبات HCFCs وHFCs، مما يعني أن ركامات هذه المواد الكيميائية تتراكم حالياً ويمكن أن تسهم في التأثير الإشعاعي في المستقبل. ومن أساليب قياس أهمية هذه المصارف نسبة حجم الركام إلى المقدار الموجود في الغلاف الجوي. وعلى سبيل المثال ففي حالة المركبات HFC-134a تصل هذه الكميات إلى ما يقدر بالمثل تقريباً. [2.3 و 2.5 و11.3]

وقد أصبح استمرار رصدات الغلاف الجوي للمركبات CFCs وغيرها من المواد ODSs يمكّن من تحسين صلاحية تقديرات الفجوة بين الإنتاج والانبعاث. وهذا يتيح أفكاراً ثاقبة جديدة في الأهمية الكلية للركامات وخيارات نهاية العمر التي تتعلق بمستقبل استخدام بدائل المركبات HCFC وHFC. [2.5]

وبالنسبة لبعض الغازات فقد أصبحت هناك الآن رصدات للغلاف الجوي تكفي للحد من الانبعاثات العالمية والإقليمية لمناطق معينة. وعلى سبيل المثال فقياسات الغلاف الجوي توحي بحدوث زيادات حادة في الانبعاثات الأوروبية للمركبات HFC-134a على مدى الفترة 1995 إلى 1998 والمركبات HFC-152 على مدى الفترة 1996 إلى 2000، مع بعض التسوية اللاحقة حتى عام 2003. [2.3]

2.4 ما مقدار إسهام غازات الهالوكربون وبدائلها في التأثير الإشعاعي الإيجابي في النظام المناخي بالنسبة للأزمنة السابقة للعصر الصناعي ؟ وماذا عن النسبة إلى عام 1970؟

يرد فى الجدول 1 والشكل 4 من الملخص الفني ملخص للإسهامات في التأثير الإشعاعي المباشر الذي يعزى إلى الزيادات في تركيزات الهالوكربون من عام 1750 إلى عام 2000 ومن عام 1970 إلى عام 2000. أما التأثير الإشعاعي المباشر



الشكل 4 من الملخص الفني– التأثير الإشعاعي (بالواط للمتر المربع) بسبب التغييرات في غازات الدفيئة والأوزون المخلوطة جيداً على مدى الفترتين الزمنيتين 1750-2000 و1970-2000 ويعزى التغيير الإشعاعي السلبي من أوزون الستراتوسفير إلى نفاد أوزون الستراتوسفير الناجم عن انبعاثات الهالوكربون بين عامي 1970 و2000. وعلى العكس من ذلك فإن التأثير الإشعاعي لأوزون التروبوسفير مستقل بقدر كبير عن التأثير الإشعاعي للهالوكربون. [الشكل 1.3]

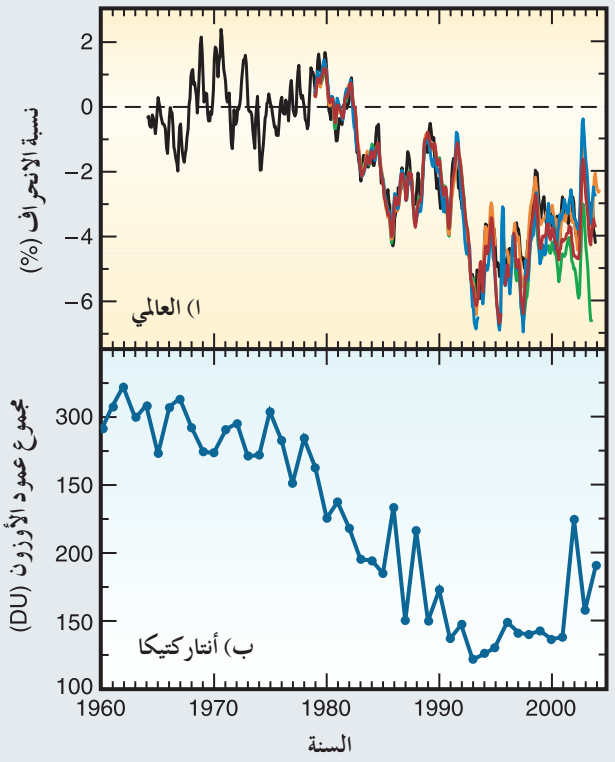
الذي يعزى إلى هذه الزيادات في الفترة من عام 1750 إلى عام 2000 فيقدر بالقيمة 0.33^{-2} 0.03 Wm ± التي تمثل نحو 13 من المجموع الذي يعزى إلى الزيادات في جميع غازات الدفيئة الممتزجة جيداً طوال تلك الفترة. أما إسهامات المركبات CFCs وHCFCs وHFCs فتصل إلى نحو 0.27W M-2 و0.033W m-2 و0.006W m-2 على التوالي. [1.1 و1.5]

وبما أن الزيادات في تركيزات الهالوكربون حدثت أساساً خلال العقود الثلاثة الماضية، فإن إسهامها النسبي في مجموع التأثير الإشعاعي يكون أكبر خلال تلك الفترة. أما التأثير الإشعاعي النسبي المباشر الذي يعزى إلى الزيادات في مركبات الهالوكربون من عام 1970 إلى عام 2000 فقد كان 0.27^{-2} 0.03 Wm ± بما يمثل نحو 23% مما يعزى منه إلى الزيادات في جميع غازات الدفيئة الممزوجة جيداً. وأما الإسهام في التأثير الإشعاعي المباشر الذي يعزى إلى مركبات HCFCs فتهيمن عليه حالياً المركبات HCFC-22, بينما ما يعزى إلى المركبات HFCs فتهيمن عليه المركبات HFC-134a، حيث تنبعث هذه الأخيرة أساساً بوصفها منتجاً ثانوياً لصناعة المركبات .. HCFC-2. [1.1 و1.5]

[10] المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2003: التقرير العلمي لنفاد الأوزون:2002 مشروع البحوث والمراقبة العالمية للأوزون، 2002 - التقرير رقم 47، المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، جنيف، الصفحة 498 (من النص الإنكليزي).

2.5 كيف تغير أوزون الستراتوسفير في العقود الأخيرة وما سبب ذلك ؟

كما يتبين من الجدول 5 من الملخص الفني فإن مقدار الأوزون الستراتوسفيرى قد تناقص على مدى العقود القليلة الماضية، وخاصة في منطقة القطب الجنوبي. وأكبر الانخفاضات منذ عام 1980 هي التي رصدت فوق المنطقة القطبية الجنوبية خلال الربيع (ثقب الأوزون القطبي الجنوبي)، حيث يصل مجموع عمود الأوزون الشهري في أيلول/سبتمبر وتشرين الأول/ أكتوبر إلى نحو 40% إلى 50% أدنى من القيم الخاصة بما قبل ثقب الأوزون. [1.2 و1.3 و1.4]



الشكل 5 من الملخص الفني – أعلى: السلسلة الزمنية الانحراف في متوسط عمود الأوزون العالمي غير الموزع على فصول والمقدر من خمس مجموعات بيانات مختلفة، على أساس قياسات أرضية (الخط الأسود) وقياسات ساتلية (الخطوط الملونة). ويعبر عن الانحراف بنسب مئوية للمتوسط الزمني 1980-1964.
أسفل: قياسات المتوسط الكلي لعمود الأوزون في تشرين الأول/أكتوبر، من مقياس دوبسون الطيفي في منطقة هالي Hally، أنتاركتيكا (73.5° جنوباً، و26.7° غرباً).
[الشكلان 1.4 و1.5]

ويتوقف الفاقد في أوزون المنطقة القطبية الشمالية في أى عام بعينه توقفاً شديداً على الأحوال الجوية. فقد استنفد أوزون المنطقة الشمالية كيميائياً بمعدل يصل إلى 30% في السنوات الباردة الأخيرة، ولكن الفواقد التي رصدت في السنوات الدفيئة كانت صغيرة للغاية. وقد تناقص متوسط الأوزون العالمي بمقدار 3% تقريباً منذ عام 1980. وتناقص عمود الأوزون بنحو 6% فوق خطوط الطول المتوسطة (60°-35°) في نصف الكرة الجنوبي و3% في نصف الكرة الشمالي. ولم ترصد أي تغييرات هامة طويلة الأمد في عمود الأوزون في المناطق المدارية. وتوحي الرصدات والحسابات النموذجية بأن المتوسط العالمي لكمية نفاد الأوزون استقرت الآن تقريباً (انظر الشكل 5 من الملخص الفني). [1.2]

وتنجم تغييرات في الأوزون المرصود عن عوامل كيميائية وديناميةمعاً، والعوامل الكيميائية هي المهيمنة. وينجم هذا النفاد للأوزون بصفة أساسية عن الزيادات في تركيزات مركبات الكلور والبروم المشعة التي تنتج عن تدهور المواد المستنفدة للأوزون من صنع البشر، بما في ذلك الهالونات والمركبات CFCs والمركبات HCFCs وكلوروفورم الميثيل (CH_3CCl_3)، ورابع كلوريد الكربون (CCl_4) وبروميد الميثيل (CH_3Br). وقد زادت الأنشطة البشرية من مقدار الكلور فى الستراتوسفير بالنسبة إلى المستويات المقدرة في الخلفية الطبيعية، بمعامل يصل إلى 5 منذ عام 1970. والمركبات CFCs هي المصدر الأولي لهذا التغيير، بينما تسهم حالياً المركبات HCFCs بنحو 5% في حمل الكلور الكلي في الستراتوسفير [1.2 و1.3 و1.4]

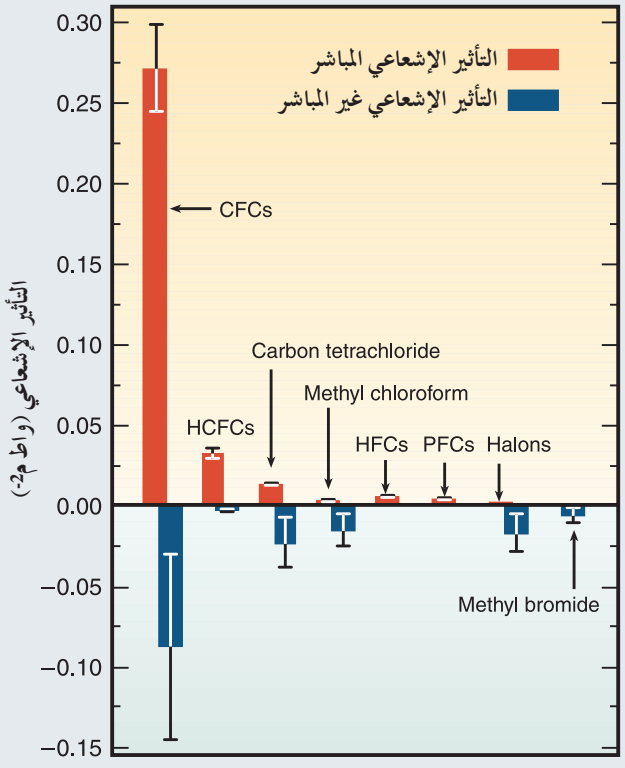
2.6 كيف أثر نفاد الأوزون على التأثير الإشعاعي للنظام المناخي؟

يتبين من الرصدات والنمذجة أن نفاد الأوزون كان بمثابة مبرد للستراتوسفير وهذا بدوره يمكن أن يسهم في تبريد الستراتوسفير وسطح الأرض. واحترار المناخ بفعل المواد المستنفدة للأوزون، والتبريد المصاحب لنفاد الأوزون آليتان واضحتان تتحكم فيهما العمليات الفيزيائية المختلفة والتغذيات المرتدة والتي لها مستويات مختلفة تماماً من التفهم العلمي. ولأغراض هذا التقرير فنحن نتبع ما أوردته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (2001)[11] ونفترض أن النفاد المرصود ينجم بالكامل عن المواد المستنفدة للأوزون وأن التأثير الإشعاعي للأوزون يمكن اعتباره تأثيراً غير مباشر يعزى إلى المواد المستنفدة للأوزون. أما الغازات المحتوية على البروم مثل (الهالونات) فهي مستنفدات فعالة للأوزون بوجه خاص وتسهم إسهاماً كبيراً في التأثير غير المباشر، على أساس كل جزيء، أكبر منه في غازات أخرى مستنفدة للأوزون مثل المركبات CFCs. [1.1 و1.2 و1.3 و1.5]

[11] الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC,2001: تغير المناخ 2001 الأساس العلمي. إسهام الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الثالث للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ [Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 944pp.

وأفضل التقديرات للتأثير الإشعاعي السلبي غير المباشر المرتبط بنفاد الأوزون على مدي الفترة 1970-2000 هو -15 ± 0.10 W m^{-2} حيث أكبر أوجه عدم اليقين يتحدد بنطاق التقديرات النموذجية، وينشأ أساساً عن أوجه عدم اليقين بالتوزع الرأسي التفصيلي لنفاد الأوزون. وهذا التأثير غير المباشر يرجح جداً[12] أن يكون أصغر في الحجم من التأثير الإشعاعي المباشر الإيجابي الذي يعزى إلى المواد المستنفدة للأوزون وحدها (0.32 ± 0.03 Wm^{-2}) وهو أمر مفهوم على نحو أفضل. فإذا كان جزء ما من التغيرات المرصودة في الأوزون العالمي لا يعزى إلى المواد المستنفدة للأوزون فإن حجم هذا التأثير غير المباشر يقل. [1.5]

وترد في الشكل 6 من الملخص الفني الإسهامات النسبية لمختلف أنواع الغاز في التأثير الإشعاعي الإيجابي المباشر والسلبي غير المباشر. ومع ذلك فتأثيرات الاحترار والتأثيرات المبردة التي ينتجها التأثير الإشعاعي المباشر وغير المباشر لا تعوض ببساطة إحداها الأخرى لأن التوزعات المساحية والفصلية للتأثيرات على المناخ السطحي تكون مختلفة. [1.2 و1.5 والإطار 1.4]



الشكل 6 من الملخص الفني– التأثير الذي يعزى إلى التغيرات في الهالوكربون من عام 1750 إلى عام 2000. [على أساس الجدول 1.1]

ويوحي عدد محدد من دراسات المناخ العالمي والدراسات الإحصائية بأن نفاد الأوزون هو من الآليات التي يمكن أن تؤثر في أنماط تغيرية المناخ وهي آليات مهمة لدورة التروبوسفير ودرجات الحرارة في نصفي الكرة. وبوجه خاص فالنفاذ الكبير في أوزون الستراتوسفير الذي يحدث في المنطقة القطبية الجنوبية يرجح أن يكون قد أثر على الدورة الستراتوسفيرية، وبالتالي على الستراتوسفير. وثمة دلائل على أن ثقب الأوزون في المنطقة القطبية الجنوبية أسهم في البرودة المرصودة على الهضبة القطبية الجنوبية وفي الاحترار في إقليم شبه القارة القطبية الجنوبية. [1.3]

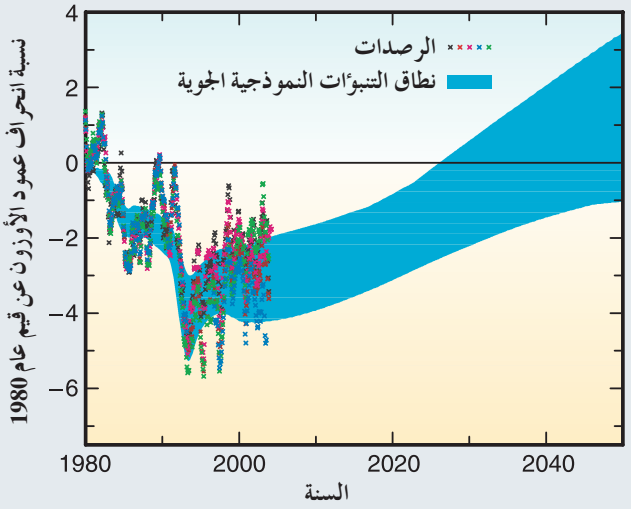
2.7 ما هي العوامل التي ينتظر أن تتحكم في الأوزون في القرن المقبل ؟ وهل سيعود الأوزون إلي قيم فترة ما قبل ثقب الأوزون؟ وهل بدأت هذه العودة؟

من المنتظر عودة الأوزون العالمي نتيجة التناقص في تحميل الكلور والبروم في الستراتوسفير مع تراجع تركيزات المواد المستنفدة للأوزون بسبب تخفيضات في انبعاثاتها. وإذا كان من المحتمل أن يكون ذلك عاملاً مهيمناً في عودة الأوزون، فإن انبعاثات غازات الدفيئة الأخرى (مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النتروز) يمكن أن تؤثر في كيمياء ومناخ التروبوسفير والستراتوسفير ويكون لها تأثير على استعادة الأوزون. [1.3 و 1.4]

ويبين الشكل 7 من الملخص الفني سلسلة من التنبؤات بالتغيرات في أوزون الستراتوسفير في نطاق خط العرض 60° جنوباً إلى 60° شمالاً من نموذجين ضوئيين كيميائيين ذوى بعدين، مع قياسات مقارنة ساتلية وأرضية أخذت حتي عام 2003. وتوضح هذه المحاكاة الحاسوبية حدوث استعادة الأوزون العالمي تدريجياً مع تناقص انبعاثات وتركيزات غاز الهالوجين. ومع هذا يتفاوت وقت الرجوع تفاوتاً كبيراً، رهناً بالافتراضات حول مناخ المستقبل وتركيب الغلاف الجوي في المستقبل وبالتالي تبقى المسألة غير يقينية. [1.4 والإطار 1.7]

ومن المتوقع أن تعزز تغيرات درجات الحرارة في المستقبل المتعلقة بانبعاثات غازات الدفيئة نفاد أوزون الستراتوسفير في بعض أجزاء الستراتوسفير وإنقاصه في أجزاء أخرى. فالزيادات في تركيزات ثاني أكسيد الكربون يتوقع أن تبرد الستراتوسفير وهو معلوم أنه ينقص معدلات إتلاف أوزون المرحلة الغازية في كثير من الستراتوسفير ومن ثم يزيد تركيزات الأوزون في الارتفاعات التي تزيد على نحو 25 كيلومتراً. وعلى خلاف ذلك فإن انخفاض درجات الحرارة يمكن أن ينقص تركيزات الأوزون في الارتفاعات الأقل. وإذا كان هذا الأخير يتوقع أن يكون الأهم في المنطقة القطبية الشمالية في أواخر الشتاء إلى أوائل الربيع، فإنه قد يكون قليلاً إذا قورن بالعمليات الأخرى، وهو سوف ينقص ببطء بمرور الوقت كلما تناقص تحميل الكلور والبروم. كذلك يمكن أن يحدث

[12] استخدمت في هذا التقرير العبارات التالية حسب الاقتضاء لبيان التقديرات الحكمية للثقة: محتمل جداً(90-99%)؛ ومحتمل (66-90%)؛ وغير محتمل (10-33%)؛ وغير محتمل جداً(1-10%).



الشكل 7 من الملخص الفني– التغييرات المرصودة المنمذجة حسب خطوط العرض الدنيا والمتوسطة (60° جنوباً – 60° شمالاً) في عمود الأوزون غير موزعة حسب الفصول بالنسبة إلى عام 1980. والرموز السوداء تبين قياسات من الأرض، والرموز الملونة تبين مختلف مجموعات البيانات المأخوذة من السواتل. ومدى التنبؤات النموذجية مأخوذ من استخدام عدة نماذج كيميائية ضوئية مختلفة ذات بعدين متأثرة بنفس سيناريو الهالوكربون؛ كذلك بينت بعض النماذج تأثير تغير مقادير ثاني أكسيد الكربون على درجات حرارة الستراتوسفير. وتبين القياسات أن قيم عمود الأوزون بين الخطين 60° جنوباً و 60° شمالاً تناقص ابتداء من أوائل الثمانينات وتحصر النماذج توقيت ومدى هذا التناقص حصراً جيداً. وتتناقص تركيزات غاز مصادر الهالوجين المنمذجة في أوائل القرن الحادي والعشرين استجابة لبروتوكول مونتريال، بحث تزيد وتستعاد قيم الأوزون المحاكاة إلى قيم ما قبل عام 1980. [الإطار 1.7]

تغييرات في دورة الستراتوسفير ترتبط بالزيادات في غازات الدفيئة ويمكن لهذه إما أن تزيد وإما أن تنقص في المستقبل أوزون الارتفاعات المتوسطة والأوزون القطبي. والنتيجة الصافية لمستقبل انبعاثات غازات الدفيئة على الأوزون العالمي تعتمد على اجتماع هذه التأثيرات وتضعف في الوقت الراهن كمية حجم هذه النتيجة واتجاهها. [1.3 و1.4]

وكما يتضح من القياسات المبينة في الشكل 7 من الملخص الفني فإن اكتشاف بداية استعادة الأوزون أمر عسير بسبب ارتفاع معدل التقلبية في مستويات الأوزون. وهذه التغيرية تعزى إلى التقلبية الجوية والتأثير المحير لتفجرات البراكين على طبقة الأوزون. ونتيجة لهذا لم يعد من الممكن القول بأن بداية استعادة الأوزون قد حددت بغير التباس [1.2 و 1.4 والإطار 1.7].

وتوحي النماذج بأن المستويات الدنيا لأوزون المنطقة القطبية الجنوبية يمكن أن تكون قد حدثت أو أنها ستحدث في غضون السنوات القليلة المقبلة. والتنبؤات بتوقيت الحد الأدنى للأوزون في المنطقة القطبية الشمالية أكثر عدم يقين بسبب التقلبية الطبيعية الأكبر كثيراً في هذه المنطقة، ولكن النماذج توحي بأنه سوف يحدث في غضون العقدين المقبلين. ومن غير المحتمل جداً أن يحدث "ثقب في أوزون" المنطقة القطبية الشمالية مماثل للثقب المرصود حالياً فوق المنطقة القطبية الجنوبية. [1.3 و1.4]

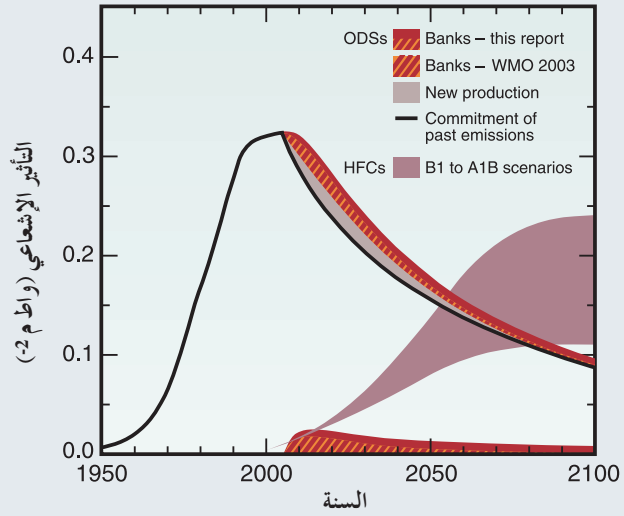
2.8 ما مدى التأثير المتوقع للمركبات CFCs وHCFCs وبدائلها الممكنة على التأثير الإشعاعي للنظام المناخي في المستقبل ؟

إن التأثير الإشعاعي المقدر للمركبات HFCs في عام 2015 يتراوح بين 022-0.025 W m^{-2} بناء على سيناريوهات الانبعاثات في التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات SRES وفى نطاق 0.019-0.030W m^{-2} بناء على سيناريوهات الفصل 11 من هذ التقرير. والتأثير الإشعاعي للمركبات PFCs فى عام 2015 يكون في حدود 0.06W m^{-2} بناء على سيناريوهات الانبعاثات SRES. ويمثل التأثير الإشعاعي للمركبات HFC والمركبات PFC نحو 6-10% في عام 2015 (الذي يقدر بأن يكون 0.297W m^{-2} بالنسبة لسيناريو الأساس). [2.5 و11.5]

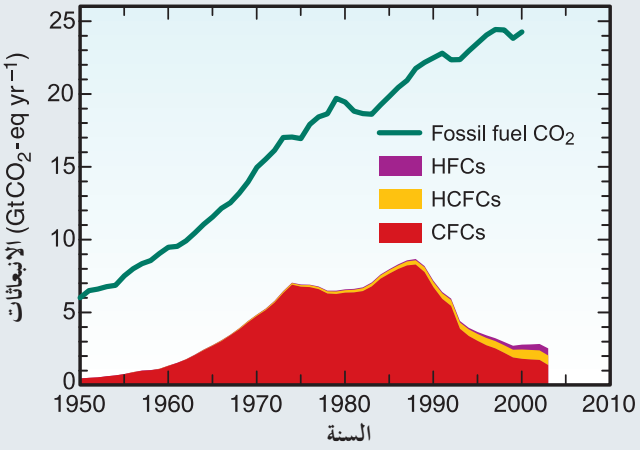
والإسقاطات القائمة على السيناريوهات لمستقبل التأثير الإشعاعي مبينة في الشكل 8 من الملخص الفني. وهذه الإسقاطات تصبح على مدى نطاقات زمنية أطول أقل يقيناً بسبب التأثيرات المتزايدة لأوجه عدم اليقين في مستقبل الممارسات والسياسات التكنولوجية، ولكن إسهام المركبات HFCs قد تكون 0.1W m^{-2} إلى 0.25W m^{-2} بحلول عام 2100 على أساس نطاق سيناريوهات الانبعاثات في التقرير SRES، بينما إسهام المركبات PFCs قد يكون 0.02W m^{-2} إلى 0.04W بحلول عام 2100. [1.5 و2.5]

ويبين الشكل 8 من الملخص الفني تقديرات إسهامات منفصلة في التأثير الإشعاعي للهالوكربون في المستقبل أكثر من الانبعاثات السابقة (أي الموجود منها حالياً في الغلاف الجوي)؛ ومن الانبعاثات في المستقبل من الإنتاج الجديد بافتراض عدم تغيير في الممارسات الراهنة (على أساس سيناريو المنظمة Ab WMO)؛ ومن الانبعاثات من المصارف الحالية لمركبات الهالوكربون. ويبين الشكل تقديرين مختلفين لهذا المكون الأخير، أحدهما يستند إلى تقدير المنظمة للأوزون (2003) ويستند الآخر إلى فروع تالية من هذا التقرير. ومع أن حجم ركام المواد المستنفدة للأوزون حالياً يظل غير أكيد، فإن إسهامها في التأثير الإشعاعي يتوقع أن يكون مماثلاً لإسهام انبعاثات المركبات HFCs إلى الغلاف الجوي في العقود القليلة التالية. وهذا يبين أن الاختيارات فيما يتعلق بخيارات نهاية العمر، مثل تدمير مواد الركام الراهنة يمكن أن تعود بفوائد كبيرة بالنسبة للنظام المناخي. فالاستعادة في نهاية العمر، وممارسات إعادة التدوير والتدمير يمكن أن تقلل أيضاً من انبعاثات جميع مركبات الهالوكربون المنتجة حديثاً وإسهامها في التأثير الإشعاعي المبين في الشكل 8 من الملخص الفني. [1.5]

وعلاوة على تقليل تحميل الكلور في الغلاف الجوي، فإن الإجراءات المتخذة في إطار بروتوكول مونتريال وتعديلاته وتنقيحاته أثمرت أيضاً في تقليل الانبعاثات الكلية لمكافئ ثاني أكسيد الكربون. وقد حدث هذا لأن أنواع البدائل لها عموماً احتمالات أدنى للاحترار العالمي (GWPs) ولأن الانبعاثات الكلية للهالوكربون قد انخفضت. ويمكن أن يرى هذا الانخفاض من مقارنة الانبعاثات فى عام 1990 والانبعاثات فى عام 2000 المبينة في الجدول 2 من الملخص الفني، وترد بشكل أعم في الشكل 9 من



الشكل 8 من الملخص الفني– التأثير الإشعاعي المباشر لجميع المواد المستنفدة للأوزون مقارنة بما في إسقاطات التقرير الخاص بسيناريوهات الانبعاثات (SRES) للمركبات HFCs. والتأثير الإشعاعي المباشر مقسم إلى الإسهامات من الالتزام بالانبعاثات في الماضي (الخط الأسود القوي) وإطلاق الإنتاج الجديد المسموح به بموجب بروتوكول مونتريال (المنطقة المظللة الرمادية) والإطلاق من ركام المواد المستنفدة للأوزون الموجودة في عام 2004. وأعطي تقديران لهذه الانبعاثات الأخيرة – انظر الفصل 2. أما التأثير الإشعاعي الذي يعزى إلى المركبات HFCs فهو مبين بالنسبة للسيناريوهين B1 و A1B (في حدود المنطقة المظللة الحمراء). والإسهام الذي يعزى إلى تأخر إطلاق المواد المستنفدة للأوزون الموجودة في الركام مبين على انفراد وهو مقارن بالإسهام المتوقع الذي يعزى إلى المركبات HFCs للعقدين القادمين. وللمواد المستنفدة للأوزون كذلك تأثيرات غير مباشرة أخرى على التأثير الإشعاعي [الشكل 1.19].



الشكل 9 من الملخص الفني– الانبعاثات المباشرة المرجحة باحتمالات الاحترار العالمي (أفق زمني 100 سنة) للمركبات CFCs وHCFCs وHFCs مقارنة بجملة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تعزى إلى احتراق الوقود الأحفوري وإنتاج الأسمنت. [الشكل 2.11]

الملخص الفني. ومن ثم فإن اجتماع انبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون للمركبات CFCs وHCFCs وHFCs قد تناقصت عن ذروتها البالغة 7.5 ± 0.4 $GtCO_2$-eq yr^{-1} في حوالي عام 1990 إلى 2.5 ± 0.2 $GtCO_2$-eq yr^{-1} في حوالي عام 2000، وهو ما يكافئ نحو 10% من الإسهام السنوي نتيجة لإحراق الوقود الأحفوري عالمياً في تلك السنة. [2.3 و2.5]

وللنشادر ومركبات الهيدروكربون المستخدمة كبدائل للهالوكربون أعمار في الغلاف الجوي تتراوح بين أيام وشهور، والتأثيرات الإشعاعية المباشرة وغير المباشرة المرتبطة باستخدامها كبدائل يحتمل جداً أن تكون لها آثار على المناخ العالمي ليست ذات قيمة.

2.9 ما هو احتمال الاحترار العالمي وكيف يستخدم ؟

احتمال الاحترار العالمي GWP هو قياس للآثار الإشعاعية في المستقبل الناشئة عن انبعاث مادة ذات صلة بانبعاث مقدار مماثل من ثاني أكسيد الكربون المدمج على مدى أفق زمني مختار. وقيمة احتمال الاحترار العالمي بالنسبة لأى نوع تتناسب مع كفاءته الإشعاعية وتزداد بازدياد عمره في الغلاف الجوي. وتفيد احتمالات الاحترار العالمي أكثر ما تفيد بوصفها قياسات نسبية لاستجابة المناخ بسبب التأثير الإشعاعي المباشر لغازات الدفيئة الجيدة المزج التي يتم التحكم في عمرها في الغلاف الجوي بعمليات مماثلة، تشمل معظم مركبات الهالوكربون. [2.5 والإطار 2.4]

واختيار الأفق الزمني هو اعتبار مهم للسياسات، وهو يوفق بين الترجيح النسبي للجهود القصيرة الأمد والطويلة الأمد. والممارسة المتبعة حالياً كثيراً ما تستخدم احتمالات الاحترار العالمي المحسوبة لأفق زمني مقداره 100 سنة. ولا يؤخذ في الاعتبار التأثير الكلي للغازات طويلة العمر جداً ذات الكفاءة الإشعاعية العالية، مثل المركبات الفلورية المشبعة، الموجودة بشكل ثابت في الغلاف الجوي لفترات أطول كثيراً من 100 سنة. وبالمثل فإن الإندماج على مدى 100 سنة يقلل إسهام الأنواع قصيرة العمر التي لا تدوم لأكثر من جزء من تلك الفترة، يتناسب مع دوام ثاني أكسيد الكربون الذي يظل يسهم في التأثير الإشعاعي على مدار الأفق الزمني 100 سنة وما بعد ذلك.[2.5]

وترد القيم المباشرة لاحتمالات الاحترار العالمي في الجدول 3 من الملخص الفني. وهذه قد تغيرت في تقرير التقييم الثالث للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC، 2001) نسبة إلى التقييمات السابقة للهيئة (IPCC، 1996)[13] بسبب تنقيحات في الكفاءة الإشعاعية لثاني أكسيد الكربون ولبعض الكفاءات العمرية والإشعاعية لبعض الأنواع الأخرى. ويعزى تنقيح قيم احتمالات الاحترار العالمي المبينة لبعض الأنواع في هذا التقرير أساساً إلى استخدام أعمار محدثة على النحو الموصوف في الفرع 2.5.4. [2.5]

[13] الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC، 1996: تغير المناخ، 1995 علم تغير المناخ. إسهام الفريق العامل الأول في تقرير التقييم الثاني للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ [Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York NY, USA, 572 pp.

الجدول 3 من الملخص الفني – احتمالات الاحترار العالمي من جراء مركبات الهالوكربون التي يبلغ عنها عادة بموجب بروتوكول مونتريال و اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول كيوتو الملحق بها، والمقدرة في هذا التقرير بالنسبة إلى ثاني أكسيد الكربون، لأفق زمني قدره 100 سنة، مع عمرها واحتمالات الاحترار العالمي المستخدمة في الابلاغ بموجب الاتفاقية الإطارية UNFCCC . والغازات المبينة باللون الأزرق (مع تظليل داكن) مشمولة في بروتوكول مونتريال، والغازات المبينة باللون الأخضر (التظليل الأفتح) مشمولة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية UNFCCC [الجدولان 2.6 و2.7].

الغاز	احتمالات الاحترار العالمي من جراء التأثير الإشعاعي المباشر [أ]	احتمالات الاحترار العالمي من جراء التأثير الإشعاعي غير المباشر (الانبعاث في عام 2005) [ب]	العمر بالسنوات	اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية UNFCCC الإبلاغ عن احتمالات الاحترار العالمي [ج]
CFCs				
CFC-12	10,720 ± 3750	–1920 ± 1630	100	غير متاحة [د]
CFC-114	9880 ± 3460	البيانات غير متاحة	300	غير متاحة [د]
CFC-115	7250 ± 2540	البيانات غير متاحة	1700	غير متاحة [د]
CFC-113	6030 ± 2110	–2250 ± 1890	85	غير متاحة [د]
CFC-11	4680 ± 1640	–3420 ± 2710	45	غير متاحة [د]
HCFCs				
HCFC-142b	2270 ± 800	–337 ± 237	17.9	غير متاحة [د]
HCFC-22	1780 ± 620	–269 ± 183	12	غير متاحة [د]
HCFC-141b	713 ± 250	–631 ± 424	9.3	غير متاحة [د]
HCFC-124	599 ± 210	–114 ± 76	5.8	غير متاحة [د]
HCFC-225cb	586 ± 205	–148 ± 98	5.8	غير متاحة [د]
HCFC-225ca	120 ± 42	–91 ± 60	1.9	غير متاحة [د]
HCFC-123	76 ± 27	–82 ± 55	1.3	غير متاحة [د]
HFCs				
HFC-23	14,310 ± 5000	~0	270	11,700
HFC-143a	4400 ± 1540	~0	52	3800
HFC-125	3450 ± 1210	~0	29	2800
HFC-227ea	3140 ± 1100	~0	34.2	2900
HFC-43-10mee	1610 ± 560	~0	15.9	1300
HFC-134a	1410 ± 490	~0	14	1300
HFC-245fa	1020 ± 360	~0	7.6	— [هـ]
HFC-365mfc	782 ± 270	~0	8.6	— [هـ]
HFC-32	670 ± 240	~0	4.9	650
HFC-152a	122 ± 43	~0	1.4	140
PFCs				
C_2F_6	12,010 ± 4200	~0	10,000	9200
C_6F_{14}	9140 ± 3200	~0	3200	7400
CF_4	5820 ± 2040	~0	50,000	6500
مركبات الهالون				
Halon-1301	7030 ± 2460	–32,900 ± 27,100	65	غير متاحة [د]
Halon-1211	1860 ± 650	–28,200 ± 19,600	16	غير متاحة [د]
Halon-2402	1620 ± 570	–43,100 ± 30,800	20	غير متاحة [د]
مركبات الهالوكربون الأخرى				
رباعي كلوريد الكربون (CCl_4)	1380 ± 480	–3330 ± 2460	26	غير متاحة [د]
كلوروفورم الميثيل (CH_3CCl_3)	144 ± 50	–610 ± 407	5.0	غير متاحة [د]
بروميد الميثيل (CH_3Br)	5 ± 2	–1610 ± 1070	0.7	غير متاحة [د]

[أ] أوجه عدم اليقين في احتمالات الاحترار العالمي بالنسبة للتأثير الإشعاعي الإيجابي المباشر مأخوذة على أنها ±35% (انحرافان قياسيان) (IPCC-2001).

[ب] أوجه عدم اليقين في احتمالات الاحترار العالمي بالنسبة للتأثير الإشعاعي السلبي غير المباشر تعتبر أوجه عدم اليقين المقدرة وقت انتعاش طبقة الأوزون و كذلك أوجه عدم اليقين في التأثير الإشعاعي السلبي بسبب نفاد الأوزون.

[ج] المبادئ التوجيهية للإبلاغ بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية UNFCCC تستخدم قيم احتمالات الاحترار العالمي من تقرير التقييم الثاني للهيئة الحكومية الدولية IPCC (انظر FCCC/SBSTA/2004/8,http://unfccc.int/resource/docs/2004/sbsta/08.pdf)

[د] المواد المستنفدة للأوزون غير مشمولة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية UNFCCC .

[هـ] لا يحتوي تقرير التقييم الثاني للهيئة الحكومية الدولية IPCC على قيم احتمالات الاحترار العالمي بالنسبة إلى المركبات HFC-245 fa وHFC-365 mfc. ومع ذلك تحتوي المبادئ التوجيهية للإبلاغ بموجب الاتفاقية الإطارية UNFCCC أحكاماً تتعلق بالإبلاغ عن الانبعاثات من جميع غازات الدفيئة الموجود لها قيم باحتمالات الاحترار العالمي مقدرة من الهيئة.

وترد في الجدول 3 من الملخص الفني احتمالات الاحترار العالمي غير المباشر المرتبط بنفاد الأوزون بسبب المواد المختلفة المستنفدة للأوزون. ولما كانت تأثيرات التبريد غير المباشر بسبب المواد المستنفدة للأوزون يتوقع أن تتوقف عند استعادة طبقة الأوزون، فإن دوامها لا يعتمد على عمر الغاز فقط بل على وقت استعادة الأوزون كذلك. وتقديرات احتمالات الاحترار العالمي غير المباشر تتضمن الاعتماد على وقت استعادة الأوزون بأن تثبت جميع التغييرات غير المباشرة إلى الصفر بعد الوقت الذي يقدر فيه أن يعود مكافئ الكلور الفعلي في الستراتوسفير (EESC) إلى قيمه السابقة لعام 1980. ولذا فاحتمالات الاحترار العالمي غير المباشر تتوقف على سنة الانبعاث ويكتنفها قدر كبير من عدم اليقين الناشئ عن: عدم اليقين فى التأثير الإشعاعي الذي يسببه نفاد الأوزون؛ وأوجه عدم اليقين بالنسبة لمقدار مكافئ الكلور هذا (EESC) الذي يعزى إلى كل نوع؛ وعدم اليقين في الوقت الذي يعود فيه مكافئ الكلور هذا إلى قيمه السابقة لعام 1980. [1.5 و2.5]

وفي ضوء المستويات المختلفة للفهم العلمي وأوجه عدم اليقين النسبية المرتبطة بالتأثير الإشعاعي غير المباشر والمباشر للمواد المستنفدة للأوزون، وعدم الإلغاء في تأثيراتها على مناخ السطح، والاعتماد على احتمالات الاحترار العالمي غير المباشر على سنة الانبعاث، فإن هذا التقرير لا يتناول استخدام احتمالات الاحترار العالمي الصافية التي تجمع بين الآثار المباشرة وغير المباشرة. وحيث تستخدم احتمالات الاحترار العالمي المباشر مع انبعاثات المواد المستنفدة للأوزون أو لتحديد قيم لمكافئ ثاني أكسيد الكربون، ينبغي التسليم أيضاً بوجود تأثيرات غير مباشرة قد تكون مهمة على مدى عدة عقود قادمة. [1.2 و 1.5 والإطار 1.4 و2.5]

2.10 هل يتوقع أن تكون للمركبات HCFCs وHFCs أو بدائلها آثار أخرى على مستقبل الكيمياء البيئية ؟

لا يتوقع أن تكون لانبعاثات الغازات العضوية (بما فيها للمركبات HCFCs وHFCs وPFCs والهيدروكربون) والنشادر مما يعزى إلى الاستعاضة عن المواد المستنفدة للأوزون في التبريد وتكييف الهواء، آثار كبيرة على جودة الهواء. ويمكن تقدير التأثير المحلي لبدائل الهيدروكربون والنشادر عن طريق مقارنة الانبعاثات المتوقعة بالانبعاثات المحلية ويمكن أن تسبب هذه الزيادات شيئاً من القلق، على سبيل المثال في المجالات التي لا تستوفى فيها المعايير المحلية في الوقت الراهن. [2.4 و2.6]

وتزال نواتج التدهور الثابت للمركبات HCFCs و HFCs (مثل حمض ثلاثي فلوروالأسيتيك، TFA) من الغلاف الجوي عن طريق عمليات الترسيب والغسيل. وهذا الحمض سمي لبعض الأحياء المائية إذا اقتربت تركيزاته من 1 ملغ في اللتر. ومع هذا فتدهور المصادر المحددة لا يمكن أن يفسر وفرة الحمض TFA المرصود في المحيطات والمياه السطحية والغلاف الجوي، مما يعني أن هناك مصادر طبيعية أكبر للحمض TFA. وتدل الرصدات الراهنة على تركيزات نمطية في المحيط بمعدل $0.2\ \mu g\ L^{-1}$ بينما التركيزات التي تصل إلى $40\ \mu g\ L^{-1}$ رصدت في البحر الميت وبحيرات نيفادا، مما يوحي بصلة ما بكيمياء الملح. وتوحي الحسابات المبينة على الانبعاثات المسقطة من مركبات HCFCs وHFCs بأن تركيزات الحمض TFA في مياه الأمطار بسبب تدهورها يتوقع أن تكون بين $0.1\ \mu g\ L^{-1}$ و$0.5\ \mu g\ L^{-1}$ فى عام 2010. ومن ثم فالزيادات في المستويات السمية بمقدار $1\ mg\ L^{-1}$ في نظم إيكولوجية محددة والناجمة عن استخدام مركبات الهالوكربون لا تؤيدها الدراسات الراهنة. [2.4]

3. خيارات الإزالة التدريجية للمواد المستنفدة للأوزون والحد من انبعاثات غازات الدفيئة

3.1 أين تحدث انبعاثات غازات الدفيئة التي تتعلق باستخدام المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها ؟

إن المواد المستنفدة للأوزون (ODSs) وبدائلها تستخدم في مجموعة كبيرة من المنتجات والعمليات. والكثير من هذه المواد (أو المنتجات الثانوية التي تنطلق خلال التصنيع) هي غازات دفيئة تؤدي انبعاثاتها إلى الإسهام في التأثير الإيجابي للمناخ. وقد تحدث الانبعاثات المباشرة لغازات الدفيئة خلال تصنيع هذه المواد، وأثناء استخدامها في المنتجات والعمليات وفي نهاية عمر تلك المنتجات (انظر الشكل 1 من الملخص الفني). والركامات هي الكمية الإجمالية للمواد التي تحويها المعدات والمخزونات الكيميائية والرغاوى والمنتجات الأخرى الموجودة، والتي لم تنطلق بعد إلى الغلاف الجوي.

والانبعاثات غير المباشرة لغازات الدفيئة من تطبيقات المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها هي انبعاثات لغازات الدفيئة المتصلة باستهلاك الطاقة (الوقود والكهرباء) طوال عمر التطبيق[7]. ويختلف هذا التأثير عن التأثير الإشعاعي السلبي غير المباشر للمواد المستنفدة للأوزون الذي وردت مناقشته في الفروع السابقة.

وتعالج اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ الانبعاثات البشرية المصدر حسب مصادرها والإزالات عن طريق ركام كل غازات الدفيئة التي لا تخضع لبروتوكول مونتريال. وينظم بروتوكول كيوتو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النتروز والمركبات HFCs وPFCs وسداسي فلوريد الكبريت (SF6). ومن ناحية أخرى فبروتوكول مونتريال لا ينظم الانبعاثات بل ينظم إنتاج واستهلاك المواد المستنفدة للأوزون. ومن هنا فإن الانبعاثات الناتجة عن اطلاقات المركبات CFCs وHCFCs الموجودة في الركام (مثل أجهزة التبريد، والرغاوى) غير مشمولة لا في بروتوكول مونتريال ولا في اتفاقية المناخ وبروتوكول كيوتو. ومن الممكن أن تسهم هذه الانبعاثات إسهاماً كبيراً في المستقبل في الاحترار العالمي.

3.2 ما هي توقعات تطور الركام والانبعاثات المقدرة خلال الفترة 2002 إلى 2015؟

الركام والانبعاثات الحالية

تتحدد صورة الانبعاثات الحالية للمواد المستنفدة للأوزون وبدائلها، بقدر كبير بنتائج أنماط استهلاكها،مما يفضي إلى إسهام مرتفع نسبياً (في الوقت الحالي وفي العقود القادمة) من المركبات CFCs وHCFCs التي ركامها في المعدات والرغاوى. والانبعاثات السنوية من المركبات CFCs وHCFCs وHFCs و PFCs[14] في عام 2002 كانت في حدود 2.5 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة (انظر الجدول 4 من الملخص الفني) [15،16] وتسهم تطبيقات التبريد إلى جانب تكييف الهواء الثابت (SAC) وتكييف الهواء المتنقل (MAC) في جل انبعاثات الدفيئة المباشرة على الصعيد العالمي. وكانت نسبة انبعاثات المركبات CFCs وHCFCs في عام 2002 تمثل قرابة 80%.

وقد تتسرب الركامات المخزنة في المعدات والرغاوى خلال مرحلة استعمال المنتجات التي تشكل هي جزءاً منها وفي نهاية دورة حياة المنتج (إذا لم تستعد أو تتلف). ويتفاوت دوران الركام تفاوتاً كبيراً من تطبيق إلى آخر: ما بين شهور (مثل المذيبات) وعدة سنوات (تطبيقات التبريد) وأكثر من نصف قرن (الغازات العازلة).

وقد قدرت ركامات المركبات CFCs وHCFCs وHFCs وPFCs بنحو 21 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (2002). وتسهم المركبات CFCs وHCFCs وHFCs بنحو 16 و4 و1 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، على التوالي (انظر الجدول 5 - الملخص الفني)، بينما لا تسهم ركامات المركبات PFCs المستخدمة بدائل للمواد المستنفدة للأوزون إلا بنحو 0,005 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. وتراكم ركامات التطبيقات الجديدة (نسبياً) للمركبات HFCs هو الذي يحدد الى حد بعيد مستقبل الانبعاثات (<2015) دون تدابير إضافية لإدارة الركام.

---

14 لا يتعلق هذا إلا بانبعاثات المركبات HFCs وPFCs التي تنتج عن استخدامها بدائل للمواد المستنفدة للأوزون. والانبعاثات الكلية للمركبات HFCs. وبصورة أوضح المنتجات PFCs تكون أعلى بسبب الانبعاثات من التطبيقات الأخرى التي لا تدخل في نطاق هذا التقرير (مثل الانبعاثات من إنتاج الألمونيوم وصناعة أشباه الموصلات).

15 تستخدم انبعاثات غازات الدفيئة وركامها المعبر عنها بمكافئ ثاني أكسيد الكربون، احتمالات الاحترار العالمي للتأثير الإشعاعي المباشر لأفق زمني 100 سنة. وما لم يذكر خلاف ذلك فإن معظم القيم العلمية الحديثة الخاصة باحتمالات الاحترار العالمي تستخدم حسب التقدير الوارد في هذا التقرير وحسب المبين في الجدول 3 من الملخص الفني.

16 تسبب مركبات الهالون تأثيراً إشعاعياً غير مباشر وسلبياً أكبر كثيراً من التأثير الإشعاعي المباشر الإيجابي، وللإيضاح فإن تأثيراتها ليست واردة في تقديرات إجمالي الانبعاثات والركامات المعبر عنها بالميغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون.

الجدول 4 من الملخص الفني– الانبعاثات السنوية (المرجحة باحتمالات الاحترار العالمي GWP) من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في غازات الدفيئة من الهالونات والمركبات CFCs وHCFCs وHFCs و PFCs المستخدمة كبديل للمواد المستنفدة للأوزون: التقسيم حسب مجموعة الغازات الدفيئة وقطاع الانبعاث. البيانات التاريخية لعام 2002 والإسقاطات حسب سيناريو العمل المعتاد BAU لانبعاثات عام 2015 والانبعاثات في إطار سيناريو التخفيف (MIT) في عام 2015. واحتمال التخفيض هو الفرق بين إسقاطات عام 2015 حسب العمل المعتاد وإسقاطات التخفيف.

ملاحظة: احتمالات الاحترار العالمي المباشر لأفق زمني 100 عام مستخدمة من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC (2001) والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO (2003) (على النحو الوارد في الجدول 3 من الملخص الفني) و"المجموع" قد لا يكون دقيقاً بسبب التقريب.

2002	الانبعاثات السنوية ($MtCO_2$-eq yr^{-1})								
	التبريد[أ]	تكييف الهواء الثابت[ب]	تكييف الهواء المتنقل[ج]	الرغاوى	الهباءات الطبية	الوقاية من الحريق	HFC-23 المنتجات الثانوية	غير ذلك[د]	المجموع
Halons[هـ]	-	-	-	-	-	[47][هـ]	-	-	[47][هـ]
CFCs	726	99	641	117	69	0	-	0	1651
HCFCs	232	164	15	32	-	0,1	-	6	447
HFCs	102	9	93	3	6	1	195	25	434
PFCs	0	0	0	0	-	0,1	-	1	1
المجموع[هـ]	**1060**	**271**	**749**	**152**	**75**	**1**	**195**	**32**	**2534**

2015 سيناريو BAU العمل المعتاد	الانبعاثات السنوية ($MtCO_2$-eq yr^{-1})								
	التبريد	تكييف الهواء الثابت	تكييف الهواء المتنقل	الرغاوى	الهباءات الطبية	الوقاية من الحريق	HFC-23 المنتجات الثانوية	غير ذلك	المجموع
Halons	-	-	-	-	-	[12][هـ]	-	-	[12][هـ]
CFCs	136	50	49	85	17	0	-	0	338
HCFCs	570	210	19	20	-	0,1	-	9	828
HFCs	391	109	247	18	23	4	332	27	1153
PFC	0	0	0	0	-	0,1	-	0.1	0.2
المجموع[هـ]	**1097**	**370**	**315**	**124**	**40**	**5**	**332**	**37**	**2319**

2015 سيناريو التخفيف	الانبعاثات السنوية ($MtCO_2$-eq yr^{-1})								
	التبريد	تكييف الهواء الثابت	تكييف الهواء المتنقل	الرغاوى	الهباءات الطبية	الوقاية من الحريق	HFC-23 المنتجات الثانوية	غير ذلك	المجموع
Halons	-	-	-	-	-	[12][هـ]	-	-	[12][هـ]
CFCs	84	24	32	81	0	0	-	0	221
HCFCs	359	86	12	17	-	0,1	-	9	484
HFCs	164	60	92	9	26	4	33	27	416
PFCs	0	0	0	0	-	0,1	-	0.1	0.2
المجموع[هـ]	**607**	**170**	**136**	**107**	**26**	**5**	**33**	**37**	**1121**

2015 احتمالات التخفيض	الانبعاثات السنوية ($MtCO_2$-eq yr^{-1})								
	التبريد	تكييف الهواء الثابت	تكييف الهواء المتنقل	الرغاوى	الهباءات الطبية	الوقاية من الحريق	HFC-23 المنتجات الثانوية	غير ذلك	المجموع
Halons	-	-	-	-	-	n.q.	-	-	-
CFCs	53	26	17	4	17	-	-	-	117
HCFCs	210	124	7	3	-	n.q.	-	n.q.	344
HFCs	227	49	155	10	-3	n.q.	299	n.q.	737
PFCs	-	-	-	-	-	-	-	-	0
المجموع[هـ]	**490**	**200**	**179**	**17**	**14**	**n.q.**	**299**	**n.q.**	**1198**

ملاحظات:

n.q. غير محددة الكمية.

أ. "التبريد" يشمل التبريد المنزلي والتجاري والصناعي (بما في ذلك تجهيز الأغذية والتخزين البارد) والنقل المبرد.

ب. "SAC" (تكييف الهواء الثابت) يشمل تكييف الهواء والتدفئة في المنازل والمتاجر.

ج. "MAC" (تكييف الهواء المتنقل) ينطبق على السيارات والحافلات وقمرات الركاب في الشاحنات.

د. "غير ذلك" يشمل الهباءات غير الطبية والمذيبات.

هـ. الهالونات تسبب تأثيراً إشعاعياً سلبياً غير مباشر أكبر كثيراً من التأثير الإشعاعي المباشر الإيجابي، وللتوضيح فإن آثارها ليست في المجاميع وهي مبينة بين أقواس في الجدول.

الجدول 5 من الملخص الفني– ركام غازات الدفيئة (المرجحة باحتمالات الاحترار العالمي) من مكافئ ثاني أكسيد الكربون للهالونات، والمركبات CFCs وHCFCs وHFCs وPFCs المستخدمة كبدائل للمواد المستنفدة للأوزون: التقسيم حسب مجموعة غازات الدفيئة وحسب قطاع الانبعاث. البيانات التاريخية لعام 2002 والإسقاطات حسب سيناريو العمل المعتاد (BAU) وسيناريو التخفيف MIT لعام 2015. واحتمال التخفيض هو الفرق بين السناريوهين.
ملاحظة: احتمالات الاحترار العالمي المباشر لأفق زمني 100 عام مستخدمة من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC (2001) والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO (2003) (على النحو الوارد في الجدول 3 من الملخص الفني) و "المجموع" قد لا يكون دقيقاً بسبب التقريب.

2002	الركام ($MtCO_2$-eq yr^{-1})							
	التبريد[أ]	تكييف الهواء الثابت[ب]	تكييف الهواء المتنقل[ج]	الرغاوى	الهباءات الطبية	الوقاية من الحريق	غير ذلك[د،و]	المجموع
Halons[هـ]	-	-	-	-	-	[531][هـ]	-	[531][هـ]
CFCs	3423	631	1600	10.026	69	0	0	15.749
HCFCs	810	1 755	36	1229	-	5	6	3841
HFCs	518	123	350	16	6	65	25	1103
PFCs	0	0	0	0	-	4	1	5
المجموع[هـ]	**4751**	**2509**	**1987**	**11.270**	**75**	**74**	**32**	**20.698**

2015 سيناريو BAU العمل المعتاد	الركام ($MtCO_2$-eq yr^{-1})							
	التبريد[أ]	تكييف الهواء الثابت[ب]	تكييف الهواء المتنقل[ج]	الرغاوى	الهباءات الطبية	الوقاية من الحريق	غير ذلك[د،و]	المجموع
Halons	-	-	-	-	-	[206][هـ]	-	[206][هـ]
CFCs	653	208	138	7286	17	0	0	8302
HCFCs	1582	1536	42	1696		6	9	4871
HFCs	1922	1488	896	644	23	226	27	5227
PFCs				0	-	4	0,1	4
المجموع[هـ]	**4157**	**3232**	**1076**	**9626**	**40**	**236**	**37**	**18.404**

2015 سيناريو التخفيف	الركام ($MtCO_2$-eq yr^{-1})							
	التبريد[أ]	تكييف الهواء الثابت[ب]	تكييف الهواء المتنقل[ج]	الرغاوى	الهباءات الطبية	الوقاية من الحريق	غير ذلك[د،و]	المجموع
Halons	-	-	-	-	-	[206][هـ]	-	[206][هـ]
CFCs	627	208	138	7286	0	0	0	8258
HCFCs	1466	1134	41	1696		6	9	4352
HFCs	1455	1586	712	494	26	226	27	4527
PFCs				0	-	4	0,1	4
المجموع[هـ]	**3548**	**2928**	**891**	**9475**	**26**	**236**	**37**	**17.141**

ملاحظات:
أ. "التبريد" يشمل التبريد المنزلي والتجاري والصناعي (بما في ذلك تجهيز الأغذية والتخزين البارد) والنقل المبرد.
ب. "SAC" (تكييف الهواء الثابت) يشمل تكييف الهواء والتدفئة في المنازل والمتاجر.
ج. "MAC" (تكييف الهواء المتنقل) ينطبق على السيارات والحافلات وقمرات الركاب في الشاحنات.
د. "غير ذلك" يشمل الهباءات غير الطبية والمذيبات.
هـ. الهالونات تسبب تأثيراً إشعاعياً سلبياً غير مباشر أكبر كثيراً من التأثير الإشعاعي المباشر الإيجابي، وللتوضيح فإن آثارها ليست في المجاميع وهي مبينة بين أقواس في الجدول.
و. يفترض أن لتطبيقات الاستخدام المطلق للانبعاثات ركامات تساوي الانبعاثات السنوية.

إسقاطات سيناريو العمل المعتاد 2015

وضعت فصول القطاعات إسقاطات للعمل المعتاد (BAU)) بالنسبة لاستخدام وانبعاثات المركبات CFCs و HCFCs، والهالونات، المركبات HFCs وبعض المركبات PFCs (حيث تستخدم هذه المركبات بدائل للمواد المستنفدة للأوزون). وتفترض هذه الإسقاطات أن جميع التدابير القائمة سوف تستمر، بما في ذلك بروتوكول مونتريال (للإزالة التدريجية) واللوائح الوطنية ذات الصلة. وتظل الممارسات المعتادة ومعدلات الانبعاثات بلا تغيير حتي عام 2015. ويفترض ألا تزيد الكفاءة في الاستعادة في نهاية العمر. ويرد في الجدول 6 من الملخص الفني عرض مجمل للافتراضات الأساسية لإسقاطات العمل المعتاد لعام 2015.

الجدول 6 من الملخص الفني– الافتراضات الأساسية في سيناريو العمل المعتاد (BAU) وسيناريو التخفيف (MIT)

القطاع	النمو السنوي للسوق 2002-2015 (السيناريو BAU والسيناريو MIT) (% في السنة)				افتراضات أفضل الممارسات							
						الاتحاد الأوروبي		الولايات المتحدة الأمريكية		اليابان		البلدان النامية[1]	
التبريد SAC وMAC	الاتحاد الأوروبي % في السنة-1	الولايات المتحدة الأمريكية % في السنة-1	اليابان % في السنة-1	البلدان النامية % في السنة-1	نوع التخفيض	أسلوب العمل المعتاد	سيناريو التخفيف	أسلوب العمل المعتاد	سيناريو التخفيف	أسلوب العمل المعتاد	سيناريو التخفيف	أسلوب العمل المعتاد	سيناريو التخفيف
التبريد المنزلي	1	2.2	1.6	2-4.8	المادة	HFC-134a / HC-600a	HC-600a	HFC-134a	HFC-134a/ HC-600a (50%)	HFC-134a	HC-600a	CFC-12 / HFC-134a	+ HC-600a (50 % in 2010)
					الاسترداد	0 %	80 %	0 %	80 %	0 %	80 %	0 %	50 %
التبريد التجاري	1.8	2.7	1.8	2.6-5.2	المادة	R-404A R-410A	R-404A / R-410A (50 %)	HCFC-22 / R-404A	R-404A / R-410A (50 %)	HCFC / R-404A	R-404A R-410A (50 %)	CFC / HCFC	R-404A / R-410A (50 %)
					الاسترداد	50 %	90 %	50 %	90 %	50 %	90 %	25 %	30 %
					الشحن		-30 %		-30%		-30%		-10%
التبريد الصناعي	1	1	1	3,6-4	المادة	HFC-NH_3 (35 %)	HFC-NH_3 (70 %)	HCFC / HFC-NH_3 (60 %)	HCFC / HFC-NH_3 (80 %)	HCFC / HFC-NH_3 (35 %)	HCFC / HFC-NH_3 (70 %)	CFC / HCFC-22	NH_3 (40-70 %)
					الاسترداد	50 %	90 %	50 %	90 %	50 %	90 %	15-25 %	50 %
					الشحن		-40 %		-40%		-40%		-10%
التبريد في النقل	2	3	1	3.3-5.2	المادة	HFCs	HFCs	HCFCs / HFC	HCFCs / HFC	HCFCs / HFC	HCFCs / HFC	CFC / HCFC-22	Plus HFCs up to 30 %
					الاسترداد	50 %	80 %	50 %	70 %	50 %	70 %	0 %	20-30 %
SAC تكييف الهواء الثابت	3.8	3	1	5.4-6	المادة	HFC	HFC	HCFC / HFC	HCFC / HFC	HCFC / HFC	HCFC / HFC	CFC / HCFC-22	CFC / HCFC-22 (HFC 30 % in some DCs)
					الاسترداد	50 %	80 %	30 %	80 %	30 %	80 %	0 %	50 %
					الشحن				-20 %		-20 %		

افتراضات أفضل الممارسات										النمو السنوي للسوق 2002-2015 (السيناريو BAU والسيناريو MIT) (% في السنة)				القطاع
البلدان النامية[1]		اليابان		الولايات المتحدة الأمريكية		الاتحاد الأوروبي		نوع التخفيض		البلدان النامية % في السنة-1	اليابان % في السنة-1	الولايات المتحدة الأمريكية % في السنة-1	الاتحاد الأوروبي % في السنة-1	التبريد SAC وMAC
سيناريو التخفيف	أسلوب العمل المعتاد	سيناريو التخفيف	أسلوب العمل المعتاد	سيناريو التخفيف	أسلوب العمل المعتاد	سيناريو التخفيف	أسلوب العمل المعتاد							
CFC / HFC-134a	CFC / HFC-134a	HFC-134a / CO_2 (30 %) as of 2008	HFC-134a	HFC-134a / CO_2 (30 %) as of 2008	HFC-134a	HFC-134a / CO_2 (50 %) as of 2008	HFC-134a / CO_2 (10 %) as of 2008	المادة		6-8	1	4	4	MAC تكييف الهواء المتنقل
50 %	0 %	70 %	0 %	70 %	0 %	80 %	50 %	الاسترداد						
750-900 g	750-900 g	500 g	750 g	700 g	900 g	500 g	700 g	الشحن						
الافتراضات بشأن استخدام المواد (انظر الفرع 4.4 في هذا الملخص الفني) تخفيض استهلاك المركبات HFC: انخفاض خطي في استخدام المركبات HFCs بين عامي 2010 و2015 يؤدي إلى تخفيض بنسبة 50% بحلول عام 2015. تحسينات الإنتاج-التركيب: اعتماد استراتيجيات لتخفيض انبعاثات الإنتاج من عام 2005 لجميع كتل الرغاوى ومن عام 2008 في قطاعات الرغاوى الفرعية الأخرى. خيارات إدارة انتهاء العمر: التوسع في تدابير نهاية العمر القائمة لتشمل جميع الأجهزة والألواح المغطاة بالصلب بحلول عام 2010 مع استعادة بنسبة 20% من الرغاوى الأخرى القائمة على البناء، من عام 2010.								سيناريو التخفيف أسلوب العمل المعتاد		حوالى 2% سنوياً-1				الرغاوى
إزالة تدريجية جزئية للمركبات CFCs إزالة تدريجية كاملة للمركبات CFCs								سيناريو التخفيف أسلوب العمل المعتاد		1.5 - 3% - سنوياً-1				الهباءات الطبية
إزالة الهالونات غير قابلة للتكمية								سيناريو التخفيف أسلوب العمل المعتاد		- 4.5% سنوياً-1 (جميع المواد) + 0.4% سنوياً-1 (HCFCs/HFCs/PFCs)				الحماية من الحريق
انبعاثات HFC-23 من القدرة الإنتاجية الحالية 2% : من إنتاج HCFC-22 (بالكيلوطن) انبعاثات HFC-23 من القدرة الإنتاجية الجديدة 4% : من إنتاج HCFC-22 (بالكيلوطن) تنفيذ 100% من خيارات التخفيض (90% تخفيض الانبعاثات)								سيناريو التخفيف أسلوب العمل المعتاد		2.5% سنوياً-1				HFC-23 المنتجات الثانوية
انظر النص في الفصل 10 لا يمكن تحديدها كمياً								سيناريو التخفيف أسلوب العمل المعتاد		16% فترة الزيادة في مجموع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بالوزن على مدى الفترة 2002-2015				الهباءات غير الطبية

ومن المنتظر أن تزيد الأنشطة المنطوية على انبعاثات للمركبات الكربونية الفلورية زيادة كبيرة فيما بين عامي 2002 و2015. وسوف تتوافر هذه الأنشطة والخدمات (مثل التبريد وتكييف الهواء والعزل) من خلال عدد من التكنولوجيات والمواد، لتشمل المركبات CFCs وHCFCs. وفي البلدان الصناعية سوف تتراجع استخدامات وانبعاثات المركبات CFCs وHCFCs في أعقاب شرط الإزالة التدريجية في بروتوكول مونتريال عند الاستغناء عن المعدات العتيقة. وفي البلدان النامية يمكن أن يستمر إنتاج مركبات HCFCs حتى عام 2040، ويتوقع حدوث زيادة كبيرة في إنتاجها. وهذه التغييرات وآثارها تظهر في البيانات الواردة في الجدول 4 من الملخص الفني. [11.6]

ولاتصاحب انبعاثات المركبات CFC زيادة مماثلة في انبعاثات المركبات HFCs بسبب استمرار الاتجاهات نحو تكنولوجيات وبدائل المركبات غير HFC باحتمالات أقل للاحترار العالمي. وفضلاً عن هذا، وإن لم يكن ذلك وارداً في سيناريو العمل المعتاد (BAU)، فإنه يرجح أن يزداد حبس المواد التي انبعثت في الماضي وتصريفها بسلامة فيما يتعلق بمركبات HFCs نظراً إلى أن هذه المواد خاضعة لبروتوكول كيوتو. وتفترض حالة العمل المعتاد (BAU) استمرار تطبيق جميع التدابير القائمة، ويتضمن سيناريو التخفيف تقنيات أفضل الممارسات الحالية للحد من الانبعاثات.

ويتوقع في سيناريو العمل المعتاد، أن تهبط الركامات إلى 18 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لعام 2015. أما ركامات المركبات CFC المرتبطة بالتبريد وأجهزة تكييف الهواء الثابتة 15 والمتنقلة فمنتظر أن تهبط من نحو 6 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2002 إلى 1 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2015. ويعزى هذا أساساً إلى الإطلاق إلى الغلاف الجوي وجزئياً إلى الاستعادة في نهاية العمر والتدمير. وتظل ركامات CFC في الرغاوى كبيرة (حيث تهبط من 10 إلى 7 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون على مدى تلك الفترة). وسوف تزداد ركامات HCFC من نحو 4 إلى 5 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، ويرجع ذلك أساساً إلى الزيادة المتوقعة في استخدام المركبات HCFC-22 في التبريد التجاري. وستبدأ الركامات الإجمالية للمركبات HFC في التراكم لتصل إلى 5 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2015. وتمثل ركامات HFC في الرغاوى 0.6 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون فقط، ويتوقع أن تزيد زيادة أخرى بعد عام 2015. [11.4 و11.6]

وفي سيناريو العمل المعتاد فإن الانبعاثات المباشرة الإجمالية لمركبات CFCs وHCFCs وHFCs وPFCs يتوقع أن تمثل نحو 2.3 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة بحلول عام 2015 (مقابل نحو 2.5 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة في عام 2002).[17] وتتناقص انبعاثات CFC وHCFC مجتمعة من 2.1 (2002) إلى 1.2 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة (2015)، وتتزايد انبعاثات المركبات HFCs من 0.4 (2002) إلى 1.2 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة (2015)[18] وتصل انبعاثات PFC من استخدام بدائل المواد المستنفدة للأوزون إلى نحو 0.001 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة (2002) وينتظر أن تتناقص.

ويبين الجدول 4 من الملخص الفني الإسهام النسبي من كل القطاعات في الانبعاثات المباشرة العالمية لغازات الدفيئة التي تتعلق باستخدام المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها. فتطبيقات التبريد إلى جانب تكييف الهواء الثابت وتكييف الهواء المتنقل تسهم في معظم (بنسبة 77 في عام 2015 حسب سيناريو العمل المعتاد) الانبعاثات العالمية المباشرة من الغازات الدفيئة، وهو ما يتفق ومعدلات الانبعاثات العالمية المرتبطة بركام المبردات. والجزء الأكبر من انبعاثات غازات الدفيئة من الرغاوى يتوقع أن يحدث بعد عام 2015 لأن معظم الإطلاقات تحدث في نهاية العمر. وتمثل انبعاثات المنتجات الثانوية من المركبات HFC-23 نسبة 14% من جميع الانبعاثات المباشرة من غازات الدفيئة حسب (سيناريو العمل المعتاد 2015).

وبسبب تسرب مركبات CFC من الركام إلى الغلاف الجوي، فإن انبعاثات CFCs سوف تنخفض من 1.7 (2002) إلى 0.3 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون .(2015) ويتوقع أن تزداد انبعاثات HCFC من 0.4 (2002) إلى 0.8 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة (2015)، بسبب الزيادة الحادة في استخدامها في التبريد (التجاري) لتطبيقات تكييف الهواء الثابتة. وتأتي الزيادة المتوقعة إلى ثلاثة أضعاف في انبعاثات HFC نتيجة لزيادة استعمال المركبات HFCs في التبريد وفي قطاعي تكييف الهواء الثابت وتكييف الهواء المتنقل، وبسبب انبعاثات المنتجات الثانوية من HFC-23 من زيادة إنتاج HCFC-22. ويتوقع أن يزداد إنتاج HCFC-22 بما يقارب 40% على مدى الفترة 2002-2015. [11.4 و11.6]

ولا تتضمن الكتابات ما يتيح إجراء تقدير للانبعاثات الكلية غير المباشرة للغازات الدفيئة المتعلقة باستهلاك الطاقة. وبالنسبة للتطبيقات الفردية فإن أهمية انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة على مدى العمر يمكن أن تتراوح بين المنخفضة والعالية، وبالنسبة لبعض التطبيقات فقد يصل حجم انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة إلى درجة عالية. ويتوقف هذا بدرجة كبيرة على القطاع المعين وعلى خصائص القطاع المعين والمنتج أو التطبيق، والكثافة الكربونية في الكهرباء والوقود المستهلكين خلال فترة عمر التطبيق كلها، وعلى الاحتواء في مرحلة الاستخدام والمعالجة في نهاية العمر بالنسبة لمواد الركام. ويعرض الجدول 7 من الملخص الفني أمثلة للنطاقات الموجودة في الكتابات فيما يتعلق بنسبة الانبعاثات المباشرة إلى جملة انبعاثات غازات الدفيئة للتطبيقات التي تستخدم المركبات HFCs. وبالنسبة للتطبيقات التي تستخدم فيها مواد أخرى فإن هذه النسب قد تختلف بدرجة كبيرة. فالمخزون المعتق نسبياً من الخمور الموجود في معدات التبريد التي تستخدم المركبات CFCs يمكن بوجه خاص أن يعطي نصيباً كبيراً من الانبعاثات المباشرة. [3.2 و4 و5]

17 في هذا الملخص الفني يشمل قطاع "التبريد"، التبريد المنزلي والتجاري والصناعي (بما في ذلك تجهيز الأغذية والتخزين البارد) وتبريد النقل [4] . ويشمل تكييف الهواء الثابت تكييف الهواء والتدفئة في المساكن وعلى المستوى التجاري [5]. وينطبق "تكييف الهواء المتنقل (MAC)" على السيارات والحافلات ومقصورات الركاب في الشاحنات.

18 بالنسبة لقيم الانبعاثات هذه فإن أحدث قيم علمية لاحتمالات الاحترار العالمي هي التي استخدمت (انظر الجدول 3 من الملخص الفني). وإذا استخدمت احتمالات الاحترار العالمي وفقاً لإتفاقية الإطارية UNFCCC فإن انبعاثات HFC المبلغ عنها (المعبر عنها بالأطنان من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) تكون أدنى بنسبة 15% تقريباً.

الجدول 7 من الملخص الفني– النسبة المئوية للإسهام في الانبعاثات المباشرة إلى مجموع انبعاثات غازات الدفيئة طول العمر في مختلف التطبيقات (الانبعاثات المرتبطة بالوحدة الوظيفية) - أمثلة دليلية منتقاة للتطبيقات التي تستخدم فيها المركبات HFCs.

تحديد خصائص النظام والافتراضات الأساسية	النسبة المئوية لانبعاثات HFC طول عمر انبعاثات نظام غاز الدفيئة (باستخدام احتمالات الاحترار العالمي GWR-100)	الطريقة المتبعة	قطاع التطبيق
سيارات الركاب؛ HFC-134a سيفيللا (إسبانيا)	**40-60%** – النظم الراهنة (محرك البنزين) **50-70%** – النظم الراهنة (محركات الديزل)	TEWI	MAC
وحدات تبريد التوسع المباشر؛ الأسواق التجارية (1000 متر2)؛ R-404A؛ ألمانيا	**20-50%** – بالنسبة إلى طائفة كبيرة من اختبارات الحساسية على معدل التسرب وكفاءة الطاقة وإمدادات الطاقة	LCCP	التبريد التجاري
المعيار الأوروبي للمبردات المنزلية؛ HFC-134a؛ المتوسط العالمي لخلط الكهرباء	**2-3%**– لا استعادة في نهاية العمر	TEWI	التبريد المنزلي
أوروبا ;HFC-24fa	**6%** – مع 90% من عامل النفخ تستعاد عند التصريف **17%** – مع 50% من عامل النفخ تستعاد عند التصريف	LCCP	رغاوى العزل في المبردات المنزلية
شاحنات الديزل المبردة؛ ألمانيا	**2%** – مع الاستعادة الكاملة للمركب HFC عند التصريف **13%** – دون استعادة المركب HFC عند التصريف	LCCP	رغاوى العزلPU في الشاحنات المبردة
السمك 4 سم؛ HFC-365mfc؛ ألمانيا	**13%** – مع الاستعادة الكاملة للمركب HFC عند التصريف **20%** – دون استعادة للمركب HFC عند التصريف	LCA	رغاوى الرش PU الأسقف المسطحة الدافئة الصناعية
السمك 5 سم؛ HFC-365mfc؛ ألمانيا	**4%** – مع الاستعادة الكاملة للمركب HFC عند التصريف **17%** – دون استعادة للمركب HFC عند التصريف	LCA	البلاطات PU في فجوات جدران المباني الخاصة
السمك 10 سم؛ HFC-365mfc؛ ألمانيا	**10%** – مع الاستعادة الكاملة للمركب HFC عند التصريف **33%** – دون استعادة للمركب HFC عند التصريف	LCA	البلاطات PU في المباني الخاصة للأسقف المائلة الدافئة

TEWI = المكافئ الكلي لتأثير الاحترار LCCP = دورة عمر الأداء المناخي LCA = تقدير العمر

إسقاطات سيناريو التخفيف لعام 2015

يرد وصف وتحديد لخيارات التخفيف بالنسبة لكل قطاع في فصول القطاع المتعلقة بذلك. ففي الفرع 4 من هذا الملخص الفني، ترد معلومات أكثر تفصيلاً عن فرص التخفيض القطاعية. وتتحدد على مستوى أكثر تفصيلاً الاحتمالات الكلية لتخفيض الانبعاثات في كل قطاع لعام 2015 منسوبة إلى سيناريو العمل المعتاد. وتستند التقديرات إلى سيناريو التخفيض الذي يفترض التطبيق العالمي بأفضل الممارسات المستخدمة، واسترجاع وتدمير المواد المستنفدة للأوزون وبدائل المواد المستنفدة للأوزون. وترد افتراضات السيناريو فى الجدول 6 من الملخص الفني، كما ترد انبعاثات غازات الدفيئة على المستوى القطاعي حسب سيناريو التخفيف لعام 2015، فى الجدول 4 من الملخص الفني.

وعن طريق التطبيق العالمي لأفضل الممارسات وطرائق الاسترجاع يمكن تخفيض نحو 1,2 جيغا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً من انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة بحلول عام 2015، وفق سيناريو العمل المعتاد. فنحو 60 من هذا الاحتمال هو تخفيض انبعاثات HFC؛ وتسهم المركبات HCFCs وCFCs بنحو 30% و10% على التوالي. ونحو 75% من احتمالات التخفيض يمكن أن توجد في التبريد، وتكييف الهواء الثابت وتكييف الهواء المتنقل، ونحو 25% يمكن أن توجد في تدمير انبعاثات المنتجات الثانوية من المركبات HFC-23 من إنتاج مركبات HCFC-22. وهذا الخيار الأخير يمثل نحو 40% من احتمالات تخفيض مركب HFC. [11.6]

ومن بين الانبعاثات المتعلقة بالركام والتي يمكن توقيها خلال الفترة السابقة لعام 2015، فإن الأغلبية تكون في تطبيقات قائمة على المبردات، حيث تكون معدلات الانبعاث في سيناريو العمل المعتاد (BAU) أكثر كثيراً في الأهمية من تلك المنبعثة من الرغاوى في الفترة نفسها. وإذا اتخذت إجراءات مبكرة فإنه يمكن حبس المزيد من ركام CFC.

ومعظم انبعاثات غازات الدفيئة غير المباشرة المتعلقة بالطاقة يحدث في مرحلة استخدام التطبيقات، وفي حالات كثيرة يمكن أن تسفر التحسينات في كفاءة الطاقة عن تخفيضات كبيرة في انبعاثات غازات الدفيئة، وخاصة حيث تكون مرحلة الاستخدام طويلة. ويمكن أن تكون

تحسينات كفاءة الطاقة مربحة وأن تقلل من التكاليف الصافية لخيار تخفيض الانبعاثات، وإن كانت احتمالات التخفيض تعتمد بدرجة عالية أيضاً على الظروف المحددة. فبينما لم تتح الكتابات التي يجري تقييمها تقديراً عالمياً لاحتمالات التخفيض هذه، فإن عدة دراسات إفرادية أخرى على الصعيدين التكنولوجي والقطري تبين هذه النقطة.

أوجه عدم اليقين

أوجه عدم اليقين فى إسقاطات الانبعاثات كثيرة. فمقارنة قياسات الغلاف الجوي، بحسابات الجرد تبين الفروق بالنسبة إلى كل مجموعة من المواد (المركبات CFCs وHCFCs وHFCs وPFCs) في حدود 10-25%. وبالنسبة لكل غاز على حدة فإن الفروق يمكن أن تكون أكبر كثيراً. وهذه الفروق تنجم عن التطبيقات غير المحددة التي تصدر انبعاثات من بعض المواد (مثل CFC-11 وHCFC-141b وHCFC-142b) غير الداخلة في حسابات الجرد، وعن أوجه عدم اليقين في التوزع الجغرافي لمجموعات البيانات المتعلقة بالمعدات المستخدمة [11.3.4].

3.3 ما هي الخيارات المتاحة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة ؟

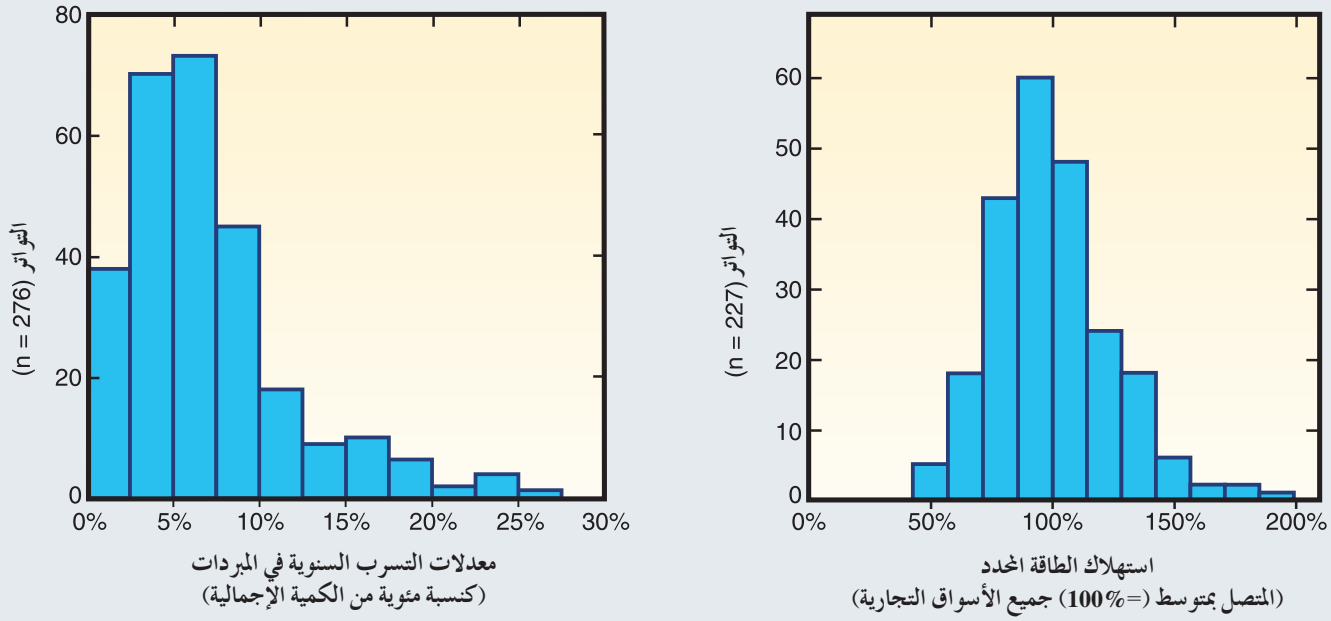
يمكن بصفة عامة تحقيق الخيارات الفنية للحد من الانبعاثات المباشرة لغازات الدفيئة عن طريق:

* تحسين استيعاب المواد؛
* تخفيض الرسوم على المواد فى الأجهزة والمنتجات؛
* استعادة المواد في نهاية عمرها وإعادة تدويرها أو تدميرها؛
* زيادة استخدام مواد بديلة ذات قدرة على خفض الاحترار العالمي أو زيادته بشكل لا يذكر؛
* التكنولوجيات المغايرة.

ويمكن تحقيق التخفيضات في الانبعاثات غير المباشرة لغازات الدفيئة عن طريق تحسين كفاءة طاقة المنتجات والعمليات (وعن طريق تخفيض انبعاثات محددة لغازات الدفيئة في نظام الطاقة). ولتحديد خيار التكنولوجيا الذي ينطوي على أعلى احتمالات الحد من غازات الدفيئة ، ينبغي تقدير الانبعاثات المباشرة وغير المباشرة على السواء. ومقارنة خيارات التكنولوجيا ليست ممارسة مستقيمة فقد تحدث حتى في داخل تطبيق تكنولوجي واحد تغييرات هامة في الانبعاثات المباشرة وغير المباشرة. ويبين الشكل 10 من الملخص الفني توزع الانبعاثات المباشرة من مكيفات الهواء المتنقلة في أسطول من سيارات الركاب، والانبعاثات غير المباشرة المتعلقة بالطاقة من مبردات الأسواق التجارية الكبرى. وتبين الخطوط البيانية أنه حتى داخل أي طبقة تكنولوجيا واحدة توجد عادة فروق كبيرة في الاحتمالات للحد من الانبعاثات المباشرة و/أو غير المباشرة. وتصبح المراقبة السليمة ووضوح المعلمات وفهم أداء النظام أمراً بالغ الأهمية كخطوة أولى في تيسير تخفيضات الانبعاثات على الأجلين القصير والمتوسط. ومع ذلك فلتحقيق تخفيضات هامة فى الانبعاثات على المدى الطويل يتعين أن تبين الاختيارات مختلف خيارات التكنولوجيا الراسخة وبالتالي تنشأ الحاجة إلى التهيؤ والعلم بأدوات تقييم بيئية موحدة.

3.4 ما هي أدوات التقييم التي يمكن أن توفر معلومات عن اختيارات التكنولوجيا ؟

تتطلب حماية طبقة الأوزون الستراتوسفيري اختيار تكنولوجيات تختلف فيما يتعلق بتأثيرها على المناخ وعلى الصحة والأمان وغيرها من النقاط الطرفية البيئية وعلى تكاليفها الخاصة وتكاليفها الاجتماعية. ويمكن أن تساعد تحليلات هذه الآثار المختلفة صانعي السياسات في



الشكل 10 من الملخص الفني– تغاير الانبعاثات المباشرة وغير المباشرة داخل مجموعات الأجهزة. معدلات التسرب السنوية في أجهزة تكييف الهواء المتنقلة في أسطول سيارات الركاب (اللوحة اليسارية n= 276). استهلاك الطاقة المحدد معبر عنه بنسبة مئوية من متوسط مجموعة وحدات تبريد لمخططات الأسواق التجارية (اللوحة اليمنى n = 227).

الاختيار من بين التكنولوجيات البديلة المتنافسة. ومع ذلك يمكن أن تتفاوت نتائج تلك التحليلات، رهناً بالعوامل الكثيرة غير الضرورية لهذه التكنولوجيات التي تؤخذ في الاعتبار؛ وهذه تشمل النهج التحليلي (مثل مقارنة النهج العلوي النازل بالنهج السفلي الصاعد)، ودرجة المثالية للمنتج أو العملية، وممارسات الخدمات والتصريف، والظروف الإقليمية وحشد كبير من المدخلات والافتراضات الأخرى. ولذا يتعين على صانعي السياسات في سبيل اتخاذ خيارات ذكية أن يكونوا على علم بالقيود وأوجه عدم اليقين الحساسة المصاحبة لكل نوع من التحليل وأن يكونوا قادرين على تقييم معقولية ما استخدم من نهج وافتراضات في أي تحليل للأقاليم والفترات الزمنية التي تطبق فيها التكنولوجيات المتنافسة.

ولمواجهة هذه التحديات يلزم اتباع منهجيات راسخة وموصوفة بوضوح. ويقدم هذا التقرير عرضاً مجملاً لأنماط التحليلات المختلفة كما يوفر إرشادات دقيقة بشأن كيفية تقييمها وتطبيقها. فلكل نوع من التحليلات ترد مناقشة لأهم النهوج التحليلية والمتغيرات، مع حساسياتها وأوجه عدم اليقين فيها وأوجه القصور.

وأي تقييم للخيارات الفنية بقصد الحد من آثار الانبعاثات يشمل تقييم عوامل متعددة. وهذه تشمل تأثير الانبعاثات المباشرة وغير المباشرة على التأثير الإشعاعي والتكاليف والصحة والأمان والآثار البيئية لكل تطبيق ومركب؛ ويمكن أن تؤدي ممارسات الخدمة والتصميم إلى تخفيض التسرب؛ وآثار الاستعادة وإعادة التدوير. ويمكن أن تخضع هذه العوامل إلى عدد كبير من أوجه عدم اليقين وتتفاوت من تطبيق إلى آخر ومن منطقة إلى أخرى. كذلك يلزم النظر في العوامل غير الفنية مثل اختلاف البيئات التنظيمية والإدارية في شتى أنحاء العالم وتوافر البنى الأساسية وتمويل الاستثمار والعوامل التاريخية. وفي حالات كثيرة لا تتوافر إلا معلومات ناقصة عن هذه العوامل، مما يحد من شمولية التقييم.

وهذا التقرير يتناول الانبعاثات المباشرة من مركبات الهالوكربون المرتبطة بإنتاجها واستخدامها وإبطالها ناهيك عن الانبعاثات غير المباشرة التي تعزى إلى احتياجات الطاقة. فهذه الانبعاثات تحدد كميتها وتقيم التكاليف المتصلة بالحد منها وفق المنهجيات المعروضة هنالك. ومن أجل الحصول على تقرير شامل، لايتعين تحديد التكاليف الخاصة فحسب، بل وينبغي مراعاة التكاليف الخارجية غير المدفوعة من القطاع الخاص ولكنها تشكل عبئاً على المجتمع.

والغرض من فصل المنهجيات الوارد في هذا التقرير (الفصل 3) هو وصف الإجراءات اللازمة لتحديد كمية المواد المستنفدة للأوزون وانبعاثات غازات الدفيئة والتكاليف المرتبطة بالحد من هذه الانبعاثات. وتوجد حالياً طائفة كبيرة من أدوات التقييم، تتراوح بين أدوات مع إجراءات راسخة جداً تطبق على المستوى العالمي، وأدوات معرفة بصورة مرنة ولا تطبق بأسلوب متساوق. ويقدم الجدول 8 من الملخص الفني عرضاً مجملاً للمنهجيات المحددة على أنها مهمة لهذا التقرير.

ولدى تقرير الآثار البيئية وآثار تغير المناخ يفضل أن تكون لدى صانعي القرارات صورة شاملة لكل الجوانب البيئية ذات الصلة. ومع هذا فالمعلومات غير المعلومات المتعلقة بانبعاثات غازات الدفيئة المباشرة وغير المباشرة تستعصي في الأغلب على التحديد الكمي. وعلى هذا فالمكافئ الكلي لتأثير الاحترار (TEWI)، وهو قياس لانبعاثات غازات الدفيئة في مرحلة الاستخدام والتصريف) ودورة عمر الأداء المناخي (LCCP)، وهي تشمل أيضاً الانبعاثات المباشرة لغازات الدفيئة أثناء التصنيع والانبعاثات غير المباشرة لغازات الدفيئة المرتبطة بالطاقة الكامنة للمواد المعنية) لها قيمة عملية أكبر من المنهجيات الأكثر احتواء مثل تقدير دورة الحياة (LCA)، والعبء البيئي وغير ذلك. وجدير بالملاحظة أنه لا يوجد هناك أساس راسخ علمياً لتقليل نتائج الأثر المتعدد (مثل تقدير دورة الحياة) لتصل بها إلى رقم كلي أو عدد واحد.

و لم يكن الاهتمام ينصب في الماضي إلا قليلاً على ضمان قابلية النتائج من تقديرات التكنولوجيا المختلفة. وثمة طائفة كبيرة من النتائج المتوافرة عن أداء غازات الدفيئة من التقديرات المختلفة - وهي في الغالب غير قابلة للمقارنة. أما معالجة أوجه عدم اليقين فكثيراً ما تكون منقوصة وما ينشأ عنها من توصيات ليس بالدقة الكافية للمقارنة فيما بين القطاعات. وفي ضوء الافتراضات الكثيرة والمنهجيات المختلفة حدد دور هام لمقارنات التكنولوجيا في ظل ظروف متفق عليها تستخدم فيها مجموعة طرائق مقارنات مختلفة. وهنا يوصى بوضع منهجيات قياسية بسيطة وعملية وما يصاحبها من معايير جودة. وسوف يحتاج العمل في المستقبل إلى سد الفجوة بين تطبيق مقارنات محددة والتوصل إلى نتائج قوية بالقدر الكافي لأن تستخدم في تصميم السياسات في كل القطاعات الفرعية.

وتستند تحليلات الانبعاثات القطاعية والعالمية وإمكانات الحد من الانبعاثات إلى قواعد بيانات شاملة عن تجمعات المعدات وتوزيعات المنتجات الأخرى التي تشمل البيانات الميدانية عن انبعاثات المواد واستهلاك الطاقة.

والأمثل هو أن تكون قواعد البيانات تلك متفقة ومتساوقة مع قوائم الجرد الوطنية لانبعاثات غازات الدفيئة. ويتعين أن تتوافر المعلومات عن مبيعات السوائل إلى شتى الأطراف المعنية في القطاعات الفرعية. ويتطلب تحسين هذه المجموعات بيانات شاملة إلى حد ما للتحليلات دعماً للسياسات القطاعية القوية، وموارد كبيرة ونتائج في عدد من قضايا السرية التي ينبغي تناولها بحذر. وللتوصل إلى تقبل كل القطاعات الفرعية للتطورات المستقبلية يمكن لصانعي السياسات أن يفكروا في إيلاء اهتمام خاص لإشراك أصحاب المصلحة الآخرين ولتطبيق تدابير إضافية ترمي إلى زيادة الشفافية أمام المستخدمين الخارجيين عن طريق إعداد الوثائق الأكثر دقة عن الطرائق والافتراضات.

الجدول 8 من الملخص الفني – عرض مجمل لمنهجيات التقدير التي استعرضت في هذا التقرير

منهجية تقدير	عرض مجمل
الانبعاثات المباشرة	
الإنتاج	1. تحديد جميع متطلبات المواد الأولية ومراحل التشغيل الكيميائي اللازمة لتحويل المواد الأولية إلى مواد وسيطة ومنتجات نهائية. 2. حساب جميع الانبعاثات الحادثة في كل مرحلة عن طريق القياس و/أو النمذجة.
الاستخدام	1. قياسات لتقدير الفواقد في السوائل طوال عمر الجهاز، التي تصدر عنها انبعاثات مباشرة. 2. نقل وتوزيع الفواقد مدرجان باعتبارهما انبعاثات استخدام مباشرة.
وقف التشغيل	1. تحسب الانبعاثات على أساس الجهة النهائية لوصول المنتجات. 2. إذا لم تتم الاستعادة، يفترض أن جميع السوائل المتبقية انبعاثات مباشرة. 3. إذا تمت الاستعادة يمكن كذلك أن تحدث الانبعاثات خلال إعادة معالجة السوائل.
الانبعاثات غير المباشرة	
الإنتاج	1. نمذجة و/أو قياس الطاقة الداخلية في الجهاز المستخدم مصدراً للمواد الأولية ومعالجتها المسبقة ونقلها وتحويلها إلى منتج نهائي في المعامل. 2. نمذجة و/أو قياسات الاستهلاك الكلي للطاقة لإنتاج وحدة واحدة من سائل معين من المواد الأولية. 3. نسبة استهلاك الطاقة إلى انبعاثات غازات الدفيئة من خلال بيانات إقليم معين أو بلد معين.
الاستخدام	1. تقييم استهلاك الطاقة خلال عمر الجهاز ا) تطبيقات التبريد وتكييف الهواء والتدفئة: نمذجة و/أو قياس استهلاك الطاقة في الجهاز. ب) رغاوى العزل ب1) نمذجة تعويض السُّمك ، و/أو ب2) قياس استهلاك الطاقة للتطبيقات الأساسية وتطبيقات عزل الرغاوى. 2. نسبة استهلاك الطاقة إلى انبعاثات غازات الدفيئة من خلال بيانات الإقليم المعين أو البلد المعين.
وقف التشغيل	1. استهلاك الطاقة اللازمة لإعادة تدوير المنتج أو تدميره في نهاية العمر. 2. نسبة استهلاك الطاقة إلى انبعاثات غازات الدفيئة من خلال بيانات إقليم معين أو بلد معين.
التكاليف	
التكاليف الخاصة	تحسب التكاليف على أساس خبرة الشركات الخاصة. وهذه تشمل أساساً التكاليف الرأسمالية والعمالة والأرض والمواد والصيانة والتكاليف الإدارية.
التكاليف الاجتماعية	التكاليف التي تحمل عادة على المجتمع مثل تلوث الهواء والماء، المصاحب لإنتاج السلع في القطاعات الخاصة. وتقدر التكاليف عن طريق تحديد حجم الفوائد والمضار التي يجلبها المنتج النهائي.
معدلات الخصم	تستخدم لدراسة التوزع الزمني المختلف للتكاليف المتكبدة. والقيمة الحالية أو التكلفة الموازنة تقيم مع مراعاة معدلات خصومات السوق أو الخصومات الاجتماعية للتكاليف الخاصة أو الاجتماعية، على التوالي.
التنمية المستدامة	تحديد الآثار الإيجابية والسلبية على رفاه المجتمع من جراء تغييرات في الإنتاج واستخدام السوائل، أو على الأقل تقدير أهليتها.
الصحة والسلامة	
الصحة والسلامة	1. التركيز على تقييم مخاطر المواد الكيميائية ثم تقليل الآثار السلبية على الصحة والسلامة من خلال نظم إدارة المخاطر. 2. بالنسبة لمواد معينة تستخدم الإشارات إلى مصادر البيانات وقواعد البيانات الموجودة.
الآثار البيئية	
المكافئ الكلي لتأثير الاحترار (TEWI) - حساب غازات الدفيئة من الانبعاثات المباشرة لتشغيل السوائل إلى جانب ثاني أكسيد الكربون المرتبط بالطاقة	$TEWI = \sum(a_i * b_i + a_i * c_i) + d$ ai = GWP للغاز i المنبعث؛ bi = كتلة الغاز i المطلق أثناء عمر تشغيل الجهاز؛ ci = كتلة الغاز i المطلق عند عدم تشغيل الجهاز في نهاية عمره؛ d = انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجم عن الطاقة المستعملة في تشغيل الجهاز (طوال عمره كله).

دورة عمر الأداء المناخي (LCCP) - تعليل المكافئ الكلي لتأثير الاحترار إضافة إلى الانبعاثات الهاربة الناشئة أثناء التصنيع (لسوائل التشغيل فقط) وثاني أكسيد الكربون المرتبط بطاقتها الكامنة.	LCCP = TEWI (القيمة المحسوبة حسب الوصف أعلاه) $+\sum x_i * y_i + z$ GWP = xi للغاز المنبعث أثناء تصنيع السائل؛ yi = كتلة الغاز المنطلق أثناء تصنيع السائل؛ z = الطاقة الكامنة في كل المواد المستخدمة في صناعة السائل (الطاقة المحددة المستخدمة في صناعة كتلة وحدة واحدة لكل مادة مضروبة في الكتلة الكلية المنبعثة) معبراً عنها بثاني أكسيد الكربون.
تقدير دورة العمر (LCA) - وصف الآثار البيئية لنظم المنتج من حيازة المواد الخام إلى التصريف النهائي	1. وصف النظام من حيث عمليات وحدته والترابط فيما بينها. 2. تجميع جرد المدخلات والنواتج ذات الصلة في كل عملية وحدة وفي الأجهزة كلها الداخلة في تلك المنتجات والنواتج (تحليل جرد دورة الحياة). 3. تقييم الآثار البيئية المحتملة من هذه المدخلات والنواتج. وأوضح فئات الآثار البيئية هى تغير المناخ ونفاد الأوزون غير أن بعض أو كل الفئات البيئية يمكن أن تكون مهمة.

3.5 ما هي الفروق الإقليمية ؟

إن الاختلاف في التنمية الاقتصادية عامل بالغ الأهمية في تفسير الفوارق الإقليمية في التقديرات. وتتفاوت الافتراضات الأساسية عن مؤشرات الأداء الفني مثل عمر المعدات والتكلفة التشغيلية للمعدات والمنتجات تفاوتاً كبيراً، بين البلدان المتقدمة والبلدان النامية بطرق تبدو ذات صلة بالتكلفة الرأسمالية.

وتؤخذ التكاليف الخاصة التقليدية في الحسبان عادة في البلدان النامية بينما يندر النظر في التكاليف الخاصة المستترة الأخرى (مثل التطوير والبحث (R&D)، والتدريب، والمسؤولية البيئية). ولايهتم عموماً بالتكاليف الخارجية لعدم وجود لوائح مناسبة للتعامل مع القضايا الخارجية، والوعي بها بين السكان يكون منخفضاً. وفي العادة تؤخذ في الاعتبار لوائح الصحة والأمان الميدانية نظراً إلى وجود وإنفاذ قوانين العمل في معظم البلدان النامية.

كذلك يمكن أن نجد بين البلدان المتقدمة والبلدان النامية اختلافات هامة فيما يتعلق بمدى عدم التيقن من تقديراتها لانبعاثاتها (الانبعاثات المباشرة وغير المباشرة على السواء) وهذه بدورها تستخدم مدخلاً في استمرار التحليل. ففي حالة الانبعاثات المباشرة، أحرز بعض التقدم في نشر تكنولوجيات جرد الانبعاثات في إطار استثمارات الصندوق المتعدد الأطراف لبروتوكول مونتريال في البلدان النامية. غير أن أوجه عدم اليقين بالنسبة للبلدان المتقدمة والبلدان النامية على السواء تكون عموماً ذات أهمية. وتحسين تحديد كميات انبعاثات غازات الدفيئة غير المباشرة التي لها أهميتها بالنسبة للانبعاثات الكلية لغازات الدفيئة، فيبقى تحدياً أمام جميع البلدان. وتتمحور الصعوبات حول قضايا من قبيل توافر البيانات عن استهلاك الطاقة، وتحديد كثافة الكربون في الطاقة المستهلكة وتقديرات انبعاثات غازات الدفيئة فيما يتعلق بالطاقة الكامنة في مدخلات الإنتاج. وتشير هذه التحديات إلى ضرورة تضافر الجهود العالمية إذا أريد تزويد صانعي القرارات بالمعلومات اللازمة لكي تكون قراراتهم داعمة للسياسات العالمية المتعلقة بطبقة الأوزون والمناخ.

وتقترن التحديات المشار إليها أعلاه بواقع أن كل تكنولوجيا تسفر عن انبعاثات مباشرة أو غير مباشرة لها متطلبات فريدة من البيانات لتحديد آثارها على المناخ والأوزون. ويطرح هذا الوضع قضايا القدرات والمعايير والسياسات واللوائح، التي قطعت فيها البلدان المتقدمة أشواطاً بعيدة، وإن لم تكن كاملة، في وضع أطر تتم الاستجابة في نطاقها. وهذا يؤكد الحاجة إلى وضع معايير بسيطة ومنهجيات قياسية ومعايير للجودة، وفق الموصى به في التقرير [3.6]

3.6 ما هي الفرص الهامة التي تم تحديدها للحد من انبعاثات غازات الدفيئة المتصلة باستخدام المواد المستنفدة للأوزون، وبدائلها وما يتعلق بها من انبعاثات غير مباشرة؟

الفرص الرئيسية للحد من الانبعاثات المباشرة في كل قطاع وفي كل مجموعة مواد تحدد كمياتها في الجدول 4 من الملخص الفني. ويلخص الجدول 9 من الملخص الفني، خصائص القطاع وفرص التخفيف المحددة. ففي الفرع 4 من هذا الملخص الفني تناقش بالتفصيل فرص الحد من انبعاثات غازات الدفيئة.

الجدول 9 من الملخص الفني- عرض مجمل للنتائج المحددة للقطاعات والتطبيقات.

القطاع	وصف وحالة القطاع	حالة الانبعاثات والاتجاهات والفرص للحد من الانبعاثات حسب سيناريو العمل المعتاد (BAU)
التبريد المنزلي	• تحولات التصنيع عن المركب CFC-12 اكتملت في البلدان المتقدمة ومازالت جارية في البلدان النامية	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • توحي معدلات تسرب المبردات المستقاة من نهج صاعد، بمعدل انبعاثات سنوية عالمية 6% من مصرف شحن الجهاز، ناجمة عن مصارف هامة للمركبات CFCs في الأجهزة القديمة. وفي الأجهزة الجديدة غير CFC معدلات نمطية للتسرب حوالى 1 في المائة سنوياً. • الانبعاثات المتوقعة في هذا القطاع الفرعي بحلول عام 2015 تصل إلى نحو 65 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU). فرص الحد من الانبعاثات • المركب HFC-134a والإيسوبيوتين (HC-600) هما البديلان الأوليان في المبردات للمركب CFC-12 المستخدم قبل ذلك. وقد أثبت كل منهما قدرة على الإنتاج الكبير للاستعمال الاقتصادي المأمون والموثوق والكفؤ. ويتفاوت اختيار المركب HFC-134a أو المركب HC-600a حسب الإقليم ويتأثر هذا الاختيار بشدة بالبيئة التنظيمية والمسؤولية. • بالنسبة للنوعين من المبردات فإن الانبعاثات غير المباشرة هى المهيمنة على الانبعاثات الكلية، وتقريباً مع عدم مراعاة كثافة الكربون في توليد الطاقة الكهربائية. وفي كفاءات الطاقة المتساوية، تكون للمبردات المنزلية HC-600a دورة عمر LCCP أفضل مع أو دون الاستعادة في نهاية العمر. والاختلاف على المركب HFC-134a صغير ويمكن للاستعادة في نهاية العمر أن تزيد الحد من حجم الفرق. • ومنتجات التبريد الحديثة أكفأ بنسبة 50% على الأقل في كفاءة الطاقة من الوحدات التي عمرها 20 عاماً والتي حلت نمطياً محلها.
التبريد التجاري	• يشمل التبريد التجاري ثلاثة أنواع أساسية من الأجهزة: الأجهزة المستقلة تماماً، ووحدات التكثيف، وأجهزة المتاجر الكبرى الكاملة. • أكثر المبردات استعمالاً في هذا القطاع هى HCFC-22 وR-404A وHFC-134a	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل كالمعتاد (BAU) • توحي معدلات تسرب المبردات المستقاة من نهج صاعد، بمعدل انبعاثات سنوية عالمية 30% من ركام شحن الجهاز، مما يعني أن الانبعاثات من المبرد تمثل نمطياً 60% من جملة انبعاثات غازات الدفيئة الناجمة عن تشغيل الجهاز. • بيانات معدل التسرب من المبردات من أكثر من 1700 جهاز في متاجر كبرى في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا، في حدود 223 بمتوسط 18%. • وفي عام 2002 كانت جميع أنواع المبردات في أجهزة التبريد التجارية - ومعظمها CFCs وHCFCs و- HFCs تمثل 606 كيلوطن من جملة 2691 كيلوطناً من جميع أجهزة التبريد وتكييف الهواء وجميع أنواع المبردات، تمثل 22.5% من جملة ركام التبريد وتكييف الهواء. • وتصل الانبعاثات المتوقعة بحلول عام 2015 في هذا القطاع الفرعي إلى نحو 902 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU). فرص الحد من الانبعاثات • بالإمكان تحقيق تخفيضات كلية هامة في الانبعاثات، بدورة عمر LCCP محسنة، عن طريق استخدام مبردات HFCs أو مركبات الهيدروكربون أو النشادر أو ثاني أكسيد الكربون باستخدام الحد من الشحن، وزيادة كفاءة الاحتواء وزيادة التحسين الشامل لكفاءة الطاقة عن طريق تصميمات أجهزة جديدة. • في أجهزة المتاجر الكبرى الكاملة، يمكن الوصول إلى قيم للعمر (LCCP) تقل بنسبة 60% عن الأجهزة الممركزة مباشرة بالتصميم التقليدي وذلك بتطبيق نظم مباشرة تستخدم مبردات بديلة أفضل احتواء وتوزيعاً، ونظم غير مباشرة تعاقبية. وتدل النتائج المنشورة على وجود بدائل تزيد تكلفتها الأولية بنسبة 0-35% ويزيد استخدامها بنسبة 0-20% عن الأجهزة الحالية. • ووجد أن تكلفة إزالة انبعاثات المبردات في حدود 20-280 دولاراً أمريكياً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (معدل خصم 10% سنوياً). وأعمال التطوير مستمرة على الأجهزة الجديدة للحد من التكاليف واستخدام الطاقة في هذه الأجهزة. وسيزيد هذا من تقليص التكاليف. وبمراعاة الزيادة الممكنة لكفاءة الطاقة يمكن كذلك تحقيق تخفيض سلبي في النفقات (وفورات). • وبالنسبة للوحدات التجارية الصغيرة أى أجهزة ووحدات التكثيف المستقلة تماماً (آلات البيع ومجمدات المثلجات والمبردات الكبيرة وغيرها) فقد بدأت الشركات العالمية في استخدام بدائل منخفضة أو صفرية احتمالات الاحترار العالمي لتحل محل المركبات HFCs (مركبات الهيدروكربون وثاني أكسيد الكربون) والتكنولوجيات البديلة التي تبشر بتخفيض الانبعاثات المباشرة أوالمقارنة أو الأدنى مباشرة.

الجدول 9 (2) من الملخص الفني- عرض مجمل للنتائج المحددة للقطاعات والتطبيقات.

القطاع	وصف وحالة القطاع	حالة الانبعاثات والاتجاهات والفرص للحد من الانبعاثات حسب سيناريو العمل المعتاد (BAU)
تحضير الأغذية والتخزين البارد والتبريد الصناعي	• يشمل هذا القطاع العريض أجهزة التبريد لمبردات ومجمدات تحضير الأغذية والتخزين، إضافة إلى التطبيقات الصناعية في الصناعات الكيميائية والنفطية وصناعة الغاز وتسييل الهواء ومرافق صناعة الثلج والمرافق الصناعية والترفيهية. • وتستخدم المبردات بشكل طاغ في هذا القطاع النشادر والمركب HCFC-22 مع مقادير أصغر من المركبات CFCs وHFCs؛ ومركبات الهيدروكربون تستخدم في صناعة البتروكيميائيات.	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • في عام 2002 كانت جميع أنواع المبردات في هذا القطاع تمثل 298 كيلوطناً (35% من النشادر و 43% من المركب HCFC-22). وكانت الانبعاثات السنوية من المبردات 17% من المشحون في الأجهزة. • والانبعاثات المتوقعة في هذا القطاع الفرعي بحلول عام 2015 تصل إلى نحو 104 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU). فرص الحد من الانبعاثات • يتوقع أن يزداد استخدام النشادر في المستقبل حيث تحل المركبات HFCs 404A, 507A, 410A, 134a محل المركب HCFC-22 والمركبات CFCs. وقد بدأت الأجهزة التعاقبية التي تستخدم ثاني أكسيدالكربون والنشادر/ ثاني أكسيدالكربون تستخدم في التطبيقات التي تصل درجات حرارة مبخراتها إلى -40% أو أقل من ذلك. • وبالإمكان تحقيق تخفيضات كلية هامة في الانبعاثات باستخدام مبردات أقل قدرة على إحداث الاحترار العالمي، يستخدم فيها تخفيض شحن أجهزة التبريد وزيادة كفاءة الاحتواء وتحسين استعادة المبرد والتحسين الشامل في كفاءة الطاقة عن طريق تصميمات الأجهزة الجديدة. وتستخدم حسابات العمر (LCCP) للاختيار الأمثل للمبردات وتصميم الأجهزة من أجل الوصول إلى أدنى تأثير بيئي. • وحدد أن تكون تكاليف تخفيض انبعاثات المبردات من التبريد الصناعي في حدود 27-37 دولاراً أمريكياً (2002) للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (معدل تخفيض 8% سنوياً).
التبريد في وسائل النقل	• يتألف قطاع التبريد في وسائل النقل من أجهزة لنقل البضائع المبردة أو المجمدة بالبر وبالسكك الحديدية وبالبحر وبالجو. وتستخدم الأجهزة الحالية مبردات CFC-12 وR-502 (خليط من CFC/HCFC) والمركب CFC-22 والمركبات HFCs (-HFC-134a,R-404A,R-507A,R-410A, R-407C) ومقادير أصغر من النشادر ومركبات الهيدروكربون وثاني أكسيد الكربون في أجهزة ضغط البخار. كذلك يستخدم ثاني أكسيد الكربون الثلجي والسائل أو الصلب في التبريد في هذا القطاع. • تستخدم عدة أنواع من أشكال التبريد مثل الأجهزة المحمولة على السفن والحاويات التي تحتوي على وحدات تبريد مستقلة والتي يمكن نقلها بحراً أو براً بالسكك الحديدية والشاحنات والمقطورات المبردة. ويكون التبريد في النقل الجوي أساساً بالثلج أو ثاني أكسيد الكربون الصلب.	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • تؤدي بيئات التشغيل القاسية نسبياً مثل التعرض لظروف خارجية بدرجات حرارة عالية أو منخفضة والرطوبة العالية، والتآكل بالمياه المالحة، والاهتزازات على الطرق والصدمات أثناء تداول الحاويات، إلى معدلات تسرب من المبردات بين 25-35% سنوياً. • والانبعاثات المتوقعة في هذا القطاع الفرعي بحلول عام 2015 تصل إلى نحو 22 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU). فرص الحد من الانبعاثات • تحسين الاحتواء في المبردات بتحسين تصميم الأجهزة ومن أمثلة ذلك استخدام أجهزة مؤخراً بمضاغط كتيمة منخفضة التسرب للتبريد في النقل البري والحاويات. • تخفيض استهلاك الطاقة عن طريق تحسين العزل ومراقبة تواتر محركات المضاغط بالنسبة إلى ظروف الشحن الجزئي، والمكثفات المبردة بالماء للأجهزة المحمولة على السفن والصيانة الوقائية للحد من أخطاء تبادل الحرارة. • استخدام مبردات تنخفض فيها احتمالات الاحترار العالمي ومن أمثلتها الأجهزة التي تعمل بالنشادر أو بالنشادر/ثاني أكسيد الكربون للتبريد في السفن، والهيدروكربون أو ثاني أكسيد الكربون في أجهزة المضاغط بالبخار للتبريد في الحاويات وعلى الطرق والسكك الحديدية. وتشمل اعتبارات استخدام هذه المبردات بالمقارنة بالأجهزة التي تستخدم الفلوروكربون، شروط السلامة وتكاليف كفاءة الطاقة في الأجهزة وحالة الصفة التجارية. ولاتزال الأجهزة التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون في مرحلة الاختبار والإثبات.

الجدول 9 (3) من الملخص الفني- عرض مجمل للنتائج المحددة للقطاعات والتطبيقات.

القطاع	وصف وحالة القطاع	حالة الانبعاثات والاتجاهات والفرص للحد من الانبعاثات حسب سيناريو العمل المعتاد (BAU)
أجهزة تكييف الهواء الثابتة ومضخات الحرارة	• تشمل أجهزة تكييف الهواء الثابتة (SAC) ومضخات الحرارة، وحدات تكييف الهواء (المركبة في النوافذ أو الأجهزة المشطورة) وأجهزة تكييف الهواء المركزية بالماء البارد (المبردات) ومضخات الحرارة لتسخين المياه. • والمركب HCFC-22 هو أكثر المركبات انتشاراً في أجهزة التبريد من الهواء إلى الهواء. وكانت مخلوطات HFC تستخدم لأول مرة على نطاق مهم في أوروبا واليابان. وعلى الصعيد العالمي فإن 90% من أجهزة تكييف الهواء لاتزال تنتج باستخدام HCFC-22. وفي السنوات الخمس الماضية أصبحت الصين أكبر منتج ومستهلك لوحدات تكييف الهواء في العالم. ويساوي الإنتاج الصيني تقريباً الإنتاج السنوي في بقية أنحاء العالم. • وحالياً فإن معظم المبردات بالطرد المركزي التي تباع يستخدم فيها المركب HCFC-123 والمركب HFC-134a • وقد توقف تصنيع المبردات CFC (بالطرد المركزي) على الصعيد العالمي في عام 1993 ولكن لاتزال نسبة تقرب من 50% من وحدات الطرد المركزي تستخدم المركب CFC-11 و CFC-12 بسبب طول عمر الأجهزة. • وتستهلك أجهزة تكييف الهواء التجارية والمنزلية وأجهزة التدفئة كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية مع مايصاحبها من انبعاثات غير مباشرة لغازات الدفيئة ونمط استخدام يتزامن عادة مع فترات زيادة الطلب النمطية على الكهرباء. وهذه تمثل أكثر من 50% من استخدام الطاقة في المباني في بعض المناخات المدارية. وفي معظم الحالات تفوق انبعاثات غازات الدفيئة المتعلقة بالطاقة غير المباشرة، الانبعاثات المباشرة من التبريد.	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • تستخدم المبردات الصغيرة التي بها مضاغط إزاحة إيجابية بصفة عامة المركب HCFC-22 كمبرد. وهذا المبرد حلت محله مخاليط HFC-134a وHFC، وإلى حد أقل النشادر ومركبات الهيدروكربون. • تصل الانبعاثات المتوقعة في هذا القطاع بحلول عام 2015 إلى نحو 370 ميغاطناً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU). فرص الحد من الانبعاثات • يمكن لتحسين سلامة غلاف البناء (تقليل كسب أو فقد الحرارة) أن يؤثر كثيراً على الانبعاثات غير المباشرة. • تستخدم مخلوطات HFC (R-407, R-410A) ومركبات الهيدروكربون (للأجهزة الصغيرة وأساساً المحمولة في أوروبا) كبدائل للمركب CFCH-22 في البلدان المتقدمة. وبالنسبة للتطبيقات التي يمكن فيها استخدام مركبات الهيدروكربون بأمان، تكون كفاءة الطاقة مساوية للمركب HCFC-22 و R-410A. ومن الممكن أن تخفض التطورات الفنية في المستقبل شحن المبردات وبذا توسع نطاق استخدام مركبات الهيدروكربون. • قد حددت قيود التطبيق لمركبات الهيدروكربون في المعايير الوطنية والدولية واللوائح وقوانين البناء. • تمثل مضخات الحرارة المنزلية فرصاً هامة لتقليل استهلاك الطاقة لتدفئة المباني. ولثاني أكسيد الكربون ميزات خاصة في مضخات الحرارة لتدفئة ماء الصنبور لأنه يستفيد من استخدام حرارة التدفق العكسي في التبادل وارتفاع درجات حرارة التشغيل. • أجهزة تكييف الهواء والمبردات ذات الكفاءة العالية تتوافر في الأسواق التي ترتفع فيها الأحجام السوقية وأسعار الكهرباء. وبالمقارنة بمتوسط قاعدة التركيب فإن من الممكن إدخال تحسينات هامة لهذا السبب: وعلى سبيل المثال تخفض الطاقة بنسبة تصل إلى 33%. • تتراوح التكاليف المتبعة لخيارات التخفيف بين 3 دولارات أمريكية و170 دولاراً أمريكياً لكل طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. ومن الممكن أن يقلل تحسين كفاءة الطاقة في الأجهزة إلى حد كبير الانبعاثات غير المباشرة لغازات الدفيئة، بما يفضي في بعض الحالات إلى تكلفة كلية أقل من 75 دولاراً لكل طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون.

الجدول 9 (4) من الملخص الفني- عرض مجمل للنتائج المحددة للقطاعات والتطبيقات.

القطاع	وصف وحالة القطاع	حالة الانبعاثات والاتجاهات والفرص للحد من الانبعاثات حسب سيناريو العمل المعتاد (BAU)
أجهزة تكييف الهواء المتنقلة	• تنتج أجهزة تكييف الهواء المتنقلة (MAC) على نطاق واسع في الولايات المتحدة منذ أوائل الستينات وفي اليابان منذ السبعينات. وكان المبرد الأساسي هو CFC-12. والزيادة الكبيرة في أعداد السيارات المكيفة الهواء في أوروبا بدأت بعد ذلك حوالى عام 1995, مع بدء استخدام المركب a.HFC-134a	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • تصل الانبعاثات المتوقعة في هذا القطاع الفرعي بحلول عام 2015 إلى نحو 315 ميغاطناً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد BAU. فرص الحد من الانبعاثات • تتمثل خيارات الحد من الآثار المباشرة لغازات الدفيئة في أجهزة تكييف الهواء المنقولة فيمايلي: (1) التحول إلى المبردات المنخفضة احتمالات الاحترار العالمي؛ (2) تحسين احتواء المركب HFC-134a؛ (3) زيادة الكفاءة وتخفيض حمل التبريد. • المركبان HFC-152a و ثاني أكسيد الكربون (R-744) هما الخياران الأساسيان للإحلال محل المركب HFC-134a. والمركب HFC-152a، إلى جانب قابليته للاشتعال، هو المماثل بقدر كبير لتكنولوجيا HFC-134a الحالية. وتحتاج الأجهزة التي تعمل بثاني أكسيد الكربون إلى مكونات وتكنولوجيا حديثة التطوير. ولايوجد صانع سيارات يفكر في استخدام مركبات الهيدروكربون كخيار في السيارات الجديدة، ولكن مركبات الهيدروكربون تستخدم كمبردات خدمة في عدة بلدان ضد توصيات الصانعين (وغالباً ضد اللوائح). • قد أظهر تحسين الأجهزة التي تستخدم المركب HFC-134a انخفاضاً في الانبعاثات المباشرة لغازات الدفيئة بنسبة 50%، والأجهزة التي تستخدم المركب HFC-152a بنسبة 92% والأجهزة التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون بقرابة 100% على أساس مكافئ ثاني أكسيد الكربون بالنسبة إلى الأجهزة الحالية التي تستخدم المركب HFC-134a. • من الممكن من الناحية الفنية والناحية الاقتصادية تخفيض الانبعاثات غير المباشرة عن طريق رفع كفاءة الطاقة في الأجهزة وتخفيض الحمل الحراري بغض النظر عن المبرد المختار. • يوجد حالياً فرق يذكر بين الأعمار (LCCP) التي يمكن بلوغها فنياً للأجهزة التي تستخدم HFC-152a وثاني أكسيد الكربون. الحواجز التي تعترض التسويق التجاري للمركب HFC-152a وثاني أكسيد الكربون هى الاستبانة المطلوبة في كل من: o مخاطر القابلية للاشتعال وضمان الإمدادات التجارية من المبردات للمركب HFC-152a؛ o خطر الاختناق؛ o القضايا الفنية وقضايا التكلفة المتعلقة بالنفايات بالنسبة لتكنولوجيا ثاني أكسيد الكربون. • قيّمت التكلفة المرجعية للجهاز النمطي الأوروبي الذي يستخدم المركب HFC-134a بنحو 215 دولاراً في حالة مضاغط التحكم الداخلي. وقيمت التكاليف الإضافية للجهاز الذي يستخدم ثاني أكسيد الكربون بما بين 48 دولاراً أمريكياً و180 دولاراً أمريكياً. وقيمت التكاليف الإضافية للجهاز الذي يستخدم المركب HFC-152a بمبلغ 48 دولاراً أمريكياً لجهاز الأمان الإضافي.
الرغاوى	• تنقسم الرغاوى إلى فئتين أساسيتين -رغاوى العزل (المباني والأجهزة والتخزين البارد وما إلى ذلك) والرغاوى غير العازلة (للأسرة والأثاث والتغليف والأمان وما إلى ذلك). • المواد غير النوعية مثل الألياف المعدنية تستأثر بأغلبية نصاب سوق العزل الحراري منذ 40 عاماً. ومع ذلك فقد اكتسبت حلول العزل بالرغاوى حصة في السوق على مدى 15 عاماً مضت مدفوعة جزئياً بتزايد الاتجاه نحو المباني سابقة الصنع حيث تكون السلامة الهيكلية وخصائص خفة الوزن	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • تؤدي اعتبارات السلامة في التصنيع إلى استخدام عوامل نفخ HFC للشركات الصغيرة التي تكون فيها استثمارات السلامة أعلى أثراً تناسبياً على تكلفة الإنتاج. ويمكن أن تؤدي سلامة المنتج إلى اختيار HFC لبعض التطبيقات في المباني، حيث توجد بها شواغل تأمينية. • وبالنسبة للرغاوى الصلبة والمرنة لغير العزل فإن عوامل النفخ غير الهالوكربون أصبحت تستخدم الآن على نطاق واسع. وقد ثبتت الصلاحية الفنية للهيدروكربون وثاني أكسيد الكربون، (كليهما سائل ومائي الأساس)، في مجموعة متنوعة من فئات الرغاوى، ممايعني قلة شديدة في استمرار استهلاك الهالوكربون عالمياً لهذه الفئة. • والانبعاثات المتوقعة بحلول عام 2015 في هذا القطاع هى نحو 124 ميغاطناً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU). فرص الحد من الانبعاثات • من المتوقع أن تسهم رغاوى العزل إسهاماً كبيراً في تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المباني والأجهزة حيث تصبح التحسينات في المباني وكفاءة الطاقة مطلوبة. ومن الممكن أن يؤثر اختيار عامل النفخ على الأداء الحراري. • ومن الممكن أن تتيح تحليلات الأعمار LCCP نظرة ثاقبة عند مقارنة أنواع العزل. ومع ذلك فالحسابات شديدة الحساسية لكثافة الكربون في الطاقة المستخدمة والعمر المفترض للمنتج وسمك الطبقة العازلة ودرجة الاستعادة أو التدمير في نهاية العمر. • وبحلول عام 2015 يتوقع أن تكون مركبات الهيدروكربون عامل النفخ الرئيسي المستخدم في قطاع الرغاوى الصلبة، في حين يتوقع أن تستأثر بقرابة 60% من جملة الاستهلاك. ومن الاستخدامات الأخرى الأكثر تواضعاً ستكون مركبات HFCs (24%) ومركبات HCFCs (16%). وسيقتصر استخدام المركب HCFC على البلدان النامية حيث سيكون معظم استخدامه في الأجهزة. وتقل التقديرات الحالية لاستخدام المركب

الجدول 9 (5) من الملخص الفني- عرض مجمل للنتائج المحددة للقطاعات والتطبيقات.

القطاع	وصف وحالة القطاع	حالة الانبعاثات والاتجاهات والفرص للحد من الانبعاثات حسب سيناريو العمل المعتاد (BAU)
	ذات أهمية. كذلك تتزايد أهمية طول عمر الأداء الحراري. غير أن التكلفة الاستثمارية وأداء الحرائق يظلان داعمين للألياف المعدنية باعتبارها المكون الرئيسي في معظم أسواق العزل الحراري.	HFC في المستقبل عن المتوقع من قبل وذلك أساساً بسبب ارتفاع تكاليف المركب HFC. وقد ظهر اشتراكه في النفخ مع ثاني أكسيد الكربون باعتبار ذلك وسيلة هامة للحد من استخدام HFC في بعض التطبيقات الأساسية. • ومن شأن الإجراءات الرامية للحد من استخدام HFC بنسبة 50% فيما بين عام 2010 وعام 2015 أن تؤدي إلى تخفيض في الانبعاثات بمقدار 10 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً، مع زيادات أخرى بعد ذلك، بتكلفة من 15- 100 دولار أمريكي للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. • ولئن كانت فعالية الاسترداد لم تثبت بعد، خاصة في قطاع البناء، فإن العمليات التجارية تستعيد بالفعل 10 دولارات – 50 دولاراً أمريكياً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بالنسبة للأجهزة. وقد تكون التخفيضات في الانبعاث قرابة 7 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في عام 2015 غير أن هذا الاحتمال يمكن أن يزيد زيادة كبيرة في الفترة بين عامي 2030 و2050، حين يتوقف استخدام كميات كبيرة من الرغاوى العازلة في المباني.
الهباءات الطبية	• إن الربو ومرض انسداد الرئة المزمن (COPD) مرضان خطيران يصيبان أكثر من 300 مليون شخص في العالم. وجرعات الاستنشاق المقيسة (MDIs) هى العلاج السائد. أما مساحيق الاستنشاق الجافة (DPIs) التي لاتحتوي على دوافع فقد اصبحت متوفرة على نطاق واسع، ولكنها لاتلائم جميع المرضى وهى أكثر تكلفة.	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • تصل الانبعاثات المتوقعة بحلول عام 2015 في هذا القطاع إلى نحو 40 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU). • ولايتوقع حدوث تقدم كبير بالنسبة لاستخدام العقاقير المستنشقة خلال السنوات 10 إلى 15 القادمة بالنظر إلى الحالة الراهنة للتكنولوجيات وما تنطوي عليه من جداول زمنية للتطوير. فرص الحد من الانبعاثات • إن الأثر الرئيسي في الحد من انبعاثات غازات الدفيئة فيما يتعلق بجرعات الاستنشاق المقيسة (MDIs) هو إكمال التحول من المركب CFC إلى المركبات HFC MDIs بعد الاتجاه BAU (17 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً بحلول عام 2015). • إن صحة وسلامة المريض لهما الأهمية الأولى في قرارات العلاج ورسم السياسات التي قد تؤثر في هذه القرارات. فهذا يمكن أن يقيد استخدام مساحيق الاستنشاق الجافة DPIs. • وعلى أساس الحالة الافتراضية وهى التحول من الأدوية المستنشقة المستخدمة على أوسع نطاق (سالبوتامول) من المستنشقات HFC MDIs إلى المساحيق DPI مما سيؤدي إلى تخفيض متواضع بنحو 10 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً، ستكون التكاليف السنوية المتكررة المتوقعة في حدود 1.7 مليار دولار بتكلفة تخفيف فعلية 150- 300 دولار أمريكي للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون.
الوقاية من الحريق	• تحول 75% من استعمال الهالون الأصلي إلى عوامل ليس لها تأثير على المناخ. ولاتزال 4 من تطبيقات الهالون الأصلية تستخدم الهالونات. والنسبة المتبقية وهى 21% تحولت إلى المركبات HFCs وتحول عدد صغير من الاستخدامات إلى المركبات PFCs وHCFCs. • وتطورت المركبات HFCs والغازات الخاملة لتصبح أهم العوامل الغازية المستخدمة وحققت درجة من التوازن من حيث الاستخدامات والحصة في السوق. • وتم تسويق مركب الفلوروكيتون (FK) الذي ليس له تأثير تقريباً على المناخ ولكن ليس هناك أساس لتحديد كميته في السوق.	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • تصل الانبعاثات المتوقعة بحلول عام 2015 في هذا القطاع إلى نحو 5 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU) - (باستثناء الهالونات). • وتظل التكلفة العامل الرئيسي في الحد من تقبل السوق للمركبات HFCs وإذا قورنت المركبات HCFCs والمركبات PFCs في مطفئات الحريق المحمولة بالمطفئات البديلة التي يستخدم فيها عوامل إطفاء أكثر تقليدية، مثل ثاني أكسيد الكربون، والمواد الكيميائية الجافة والماء. واستخدام المنتجات PFC قاصر حالياً على مكون بسيط للغاية في أحد المخاليط المحتوية على المركب HCFC. فرص الحد من الانبعاثات • الهالونات والمركبات HFCs هى البدائل المتوفرة الوحيدة في عدد من استخدامات الأجهزة الثابتة عندما تؤخذ في الحسبان المساحة والسلامة والوزن والتكاليف والسرعة في الإطفاء والقدرات الخاصة كالتي تعمل في ظروف شديدة البرودة وعلى متن السفن والمركبات العسكرية. ولاتتيح مركبات PFCs وHCFCs أى ميزة على البدائل الأخرى. ولسوف يوفر فلوروكيتون (FK) جديد منخفض احتمالات الاحترار العالمي، لم يجرب بعد في أجهزة متخصصة، خيارات إضافية في المستقبل ذات تأثير منخفض على المناخ بتكلفة إضافية. ونظراً إلى العملية المطولة للاختبار والموافقة وتقبل السوق لأنواع الأجهزة والعوامل الجديدة للحماية من الحريق، لايرجح أن يكون هناك خيارات أخرى ذات تأثير يذكر بحلول عام 2015. • يمكن باستخدام عوامل ليس لها تأثير على المناخ، عندما يمكن ذلك، أن يحد من انبعاثات غازات الدفيئة من هذا القطاع، شريطة أن يلبي استخدامها متطلبات الاستخدام المحدد للوقاية من الحريق بطريقة فعالة بالقياس إلى تكاليفها. • تتطلب إدارة ركام الهالون والمركب HFC والمركب HCFC والمركب PFC اهتماماً خاصاً كي توجد الحوافز الاقتصادية التي تضمن تحقيق القصد من السياسات (مثل الوقف الإلزامي للاستخدام). • سوف يقلل تنفيذ ممارسات إدارة العوامل تنفيذاً مسؤولاً، من الانبعاثات السنوية من ركامات الأجهزة الثابتة إلى 1%±2 ومن ركامات المطفئات المحمولة إلى 2%±4.

الجدول 9 (6) من الملخص الفني- عرض مجمل للنتائج المحددة للقطاعات والتطبيقات.

القطاع	وصف وحالة القطاع	حالة الانبعاثات والاتجاهات والفرص للحد من الانبعاثات حسب سيناريو العمل المعتاد (BAU)
منتجات الهباءات غير الطبية	• يشمل هذا القطاع الهباءات الفنية وهباءات السلامة والمستهلك والهباءات الجديدة. • تحول أكثر من 98% من الهباءات غير الطبية في البلدان المتقدمة من المركبات CFCs إلى البدائل المأمونة بالنسبة للأوزون وبالنسبة للمناخ. • أكبر استخدام للمركبات HFCs في منتجات الهباءات غير الطبية هو "المكانس"، حيث يستخدم الغاز المضغوط لنفخ جزيئات من مسطحات العمل والأجهزة.	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • تصل الانبعاثات المتوقعة بحلول عام 2015 في هذا القطاع إلى نحو 23 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU). فرص الحد من الانبعاثات • احتمال التخفيض ليس مؤكداً ولكنه يقدر أن يكون صغيراً إلى حد ما. • استبدال المركب HFC-152a بالمركب HFC-134a في مكانس الهباءات الفنية هو خيار رائد للحد من انبعاثات غازات الدفيئة. وبالنسبة للمنظفات اللاصقة وعوامل إطلاق قوالب السبك البلاستيكية فإن إحلال المركبات HFEs وHFCs ذات الاحتمالات الأدنى للاحترار العالمي محل المركبات HCFCs يتيح الفرصة للحد من الانبعاثات. ومنتجات الهباءات المأمونة التي لايمكن فيها استخدام الدوافع والأجزاء القابلة للاشتعال تظل تعتمد على المركب HFC-134a في عدم قابليتها للاشتعال. وقد حظرت بعض البلدان استخدام HFC في منتجات الهباءات الجديدة. ويظل المركب HFC-134a يستخدم في كثير من البلدان لأسباب السلامة.
المذيبات	• قبل بروتوكول مونتريال كان المركب CFC-113 وكلوروفورم الميثيل يستخدمان على نطاق واسع بوصفهما من مذيبات التنظيف للمعادن والإلكترونيات والاستخدامات الدقيقة والأنسجة. أما استخدام المواد المستنفدة للأوزون في هذه التطبيقات فقد انتهى أو خفض بشكل كبير. وأصبحت معظم تطبيقات مذيبات التنظيف تعتمد الآن على بدائل ليست نوعية. وتحولت نسبة صغيرة أو يتوقع أن تتحول إلى المركبات HFCs أوHFEs. واستخدام المركب PFC تراجع ويتوقع أن ينتهي بحلول عام 2025.	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • تصل الانبعاثات المتوقعة بحلول عام 2015 في هذا القطاع إلى نحو 14 ميغاطناً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU). فرص الحد من الانبعاثات • هناك مجموعة مختلفة من المذيبات العضوية يمكن أن تحل محل المركبات HFCs وPFCs والمواد المستنفدة للأوزون في كثير من التطبيقات. • وتشمل هذه السوائل البديلة المركبات ذات الاحتمالات الأدنى للاحترار العالمي (GWP) مثل المذيبات المكلورة التقليدية ومركبات الهيدروفلوروإيثير (HFEs) وبروميد البروبيل - ن. كذلك فالعديد من التكنولوجيات المغايرة بما فيها الهيدروكربون والمذيبات المؤكسجة بدائل صالحة أيضاً في بعض التطبيقات. • والسلامة ،وخاصة السمية، تؤدي دوراً كبيراً في اختيار المذيبات. ويتعين الحذر قبل اعتماد أى بدائل لايكون تكوينها السمي كاملاً. • وتستخدم المذيبات HFC أساساً في التطبيقات المتطلبة تخصصاً فنياً وهذا فقط في بلدان مختارة. وتميل الاستخدامات إلى التركز في التطبيقات الحرجة التي لا يوجد لها بدائل أخرى. وقد يهبط الاستهلاك في المستقبل. • واستخدام المذيب PFC قاصر على استخدامات قليلة ضيقة بسبب الذوبان المحدود وارتفاع التكلفة والاستبدال بمذيبات أدنى احتمالاً للاحترار العالمي. • وتحسين الاحتواء مسألة هامة في الاستخدامات الحالية لأن الأجهزة المثالية يمكن أن تحد من استهلاك المذيبات بنسبة قد تصل إلى 80% في بعض التطبيقات. ومن الممكن أن تكون المذيبات المفلورة، وغالباً ما تكون، قابلة للاستعادة وإعادة الاستخدام بالنظر إلى ارتفاع تكلفتها وسهولة تنقيتها أثناء إعادة التدوير.
المنتج الثانوي HFC-23	• المركب HFC-23 منتج ثانوي للمركب HCFC-22 أثناء التصنيع. • ورغم أن إنتاج المركب HCFC-22 للاستخدام المباشر ينتهي الآن في البلدان المتقدمة وسوف ينتهي في نهاية المطاف في البلدان النامية، فإن إنتاجه كمادة أولية يتوقع أن يستمر في الزيادة.	حالة الانبعاثات واتجاهات سيناريو العمل المعتاد (BAU) • تصل الانبعاثات المتوقعة بحلول عام 2015 في هذا القطاع إلى نحو 332 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في سيناريو العمل المعتاد (BAU). • والحد الأعلى لانبعاثات المركب HFC-23 هو في حدود 4% من إنتاج المركب HCFC-22. ويمكن للعملية المثالية أن تخفض متوسط الانبعاثات إلى 2% أو أقل من ذلك. غير أن التخفيض الفعلي الذي تحقق هو خاص بكل مرفق على حدة. فرص الحد من الانبعاثات • إن حبس وتدمير المركب HFC-23 بالأكسدة الحرارية خيار عالي الفعالية للحد من الانبعاثات بتكاليف محددة تقل عن 0,2 دولار أمريكي للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. فالانبعاثات يمكن أن تخفض بأكثر من 90%.

3.7 ما هي أدوات السياسات المتاحة لتحقيق تخفيضات فى انبعاثات غازات الدفيئة المفصلة في هذا التقرير ؟

كما سبقت مناقشته في تقرير التقييم الثالث للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، فإن هناك طائفة كبيرة من السياسات والتدابير والأدوات التي يمكن استخدامها للحد من انبعاثات غازات الدفيئة. وهذه تشمل:

- اللوائح (مثل معايير التكنولوجيا والأداء الإلزامية؛ وحظر المنتجات)؛
- الحوافز المالية (مثل الضرائب على الانبعاثات والإنتاج والاستيراد أو الاستهلاك؛ والإعانات والإنفاق الحكومي المباشر والاستثمار؛ ونظم ربط الودائع؛ وتبادل وعدم تبادل التصاريح)؛
- الاتفاقات الطوعية.

وقد جرت دراسة جل فئات أدوات السياسات المذكورة أعلاه أو نفذت بما يرمى إلى الحد من استخدام أو من انبعاثات المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها، مثل المركبات HFCs و PFCs. وعلاوة على هذا فإن السياسات العامة المتعلقة بالطاقة أو المناخ تؤثر على انبعاثات غازات الدفيئة غير المباشرة الناشئة عن استخدامات المواد المستنفدة للأوزون أو بدائلها أو البدائل غير النوعية. هذا بالإضافة إلى صياغة سياسات محددة لتقليص انبعاثات غازات الدفيئة من بدائل المواد المستنفدة للأوزون (مثل المركبات HFCs وPFCs) وترد أمثلة لذلك في الجدول 10 من الملخص الفني.

3.8 ما الذي يمكن أن يقال عن مستقبل توافر المركبات PFCs / HFCs للاستخدام في البلدان النامية ؟

لاتتوافر بيانات منشورة تتوقع القدرة على الإنتاج في المستقبل. ومع هذا، ولما لم تكن ثمة قيود فنية أو قانونية على إنتاج المركبات HFC وPFC، فإنه يمكن افتراض أن القدرة العالمية على الإنتاج سوف تستمر عموماً ملبية أو متجاوزة الطلب. ولذا فالإنتاج في المستقبل يقدر في هذا التقرير وفق الطلب القطاعي المجمل.

ففي سيناريو العمل المعتاد (BAU) يتوقع أن تزداد القدرة العالمية على الإنتاج مع الإضافات التي تحدث في البلدان النامية أساساً ومن خلال المشاريع المشتركة. فالقدرة العالمية على إنتاج المركبات HFCs وPFCs تتجاوز في أغلب الأحوال الطلب الراهن. وهناك عدد من معامل المركبات HFC-134a في البلدان المتقدمة ويزمع إقامة معمل في أحد البلدان النامية وهناك معامل أخرى قيد التخطيط؛ والمعامل القليلة الخاصة بالمركبات HFCs الأخرى تقع على سبيل الحصر تقريباً في البلدان المتقدمة. وسوف يؤثر مشروع الجماعة الأوروبية المقترح للإزالة التدريجية للمركبات HFC-134a في مكيفات الهواء المتنقلة في السيارات الجديدة، والبرنامج الطوعي للصناعة للحد من انبعاثات المركبات HFC-134a بمعدل 50 تأثيراً على الطلب والقدرة الإنتاجية والناتج. ويسفر التوسع في الأسواق في البلدان النامية، وخاصة بالنسبة لبدائل المركبات CFCs عن قدرات جديدة لفلورة الغازات وهو الأمر الذي يلبى حالياً من خلال التوسع في قدرات إنتاج المركبات HCFC-22 و141b. [11]

الجدول 10 من الملخص الفني - أدوات السياسات للحد من انبعاثات غازات الدفيئة من بدائل المواد المستنفدة للأوزون.

نوع الأداة	أمثلة محددة للأدوات
اللوائح	معايير الأداء الإلزامية: توجد في عدة بلدان معايير أداء لكفاءة الطاقة ومعايير أداء للإحكام من التسرب، وأوضحها ما يتعلق بتطبيقات التبريد والتجميد. فاللوائح التي تحظر التهوية وتشترط إعادة التدوير تسن في كثير من البلدان ولكن إنفاذها في الغالب صعب. ويتطلب التطبيق الفعال وضع برامج إلزامية للامتثال والتدريب الإلزامي للفنيين. ويجري النظر حالياً في وضع معايير لأداء انبعاث السيارات (ومن أمثلة ذلك تقييد كمية غازات الدفيئة المنبعثة من السيارات، بما في ذلك الوقود وانبعاثات أجهزة تكييف الهواء المتنقلة) (كما في ولاية كاليفورنيا).
	الإلزام باستخدام شركات معتمدة لخدمة التركيبات والأجهزة (مثل برنامج "STEK" في هولندا).
	الحظر والتقييدات على استخدام مواد معينة لتطبيقات محددة: مخططات الإزالة التدريجية للمركبات HFCs مطبقة أو مقترحة في عدة بلدان (من أمثلتها النمسا والدانمرك وسويسرا). ويهدف القرار المقترح في الاتحاد الأوروبي إلى تعديل تشريع الاتحاد الأوروبي للموافقة على أنواع السيارات الذي سيحدد عتبة لاحتمالات الاحترار العالمي لاستخدام المركبات HFCs المستخدمة في أجهزة تكييف الهواء المنقولة.
	تدابير إدارة انتهاء العمر، مثل إعادة التدوير الإلزامية والحظر على التهوية
الحوافز المالية وآليات السوق	التكاليف النسبية للمركبات HFCs/PFCs والبدائل الأخرى للمواد المستنفدة للأوزون سوف تؤثر على اختيارات المستخدمين والمنتجين لهذه المواد. والمركبات HFCs وPFCs مواد كيميائية معقدة وتميل أسعارها إلى الارتفاع أكثر من المواد المستنفدة للأوزون التي تحل محلها، ومن ثم يتزايد التشجيع على استخدام بدائل غير مماثلة محلها. ويمكن للحوافز المالية أن تزيد تشكيل معامل التكلفة هذا بين المواد والتكنولوجيات.
	وتحصل عدة بلدان تأمينات وضرائب على استيراد وإنتاج المركبات HFC. وهذه التأمينات والضرائب ترفع تكلفة المركبات HFCs، وتشجع على الاحتواء وتجعل إعادة التدوير أكثر جاذبية.
	ويوفر رد الضرائب عند تسليم المركبات HFCs وPFCs المستخدمة إلى مرافق التدمير، حوافز لتقليل الانبعاثات إلى أدنى حد. وفي النرويج تصل هذه الضرائب المرتجعة إلى 183 كروناً نرويجياً (26 دولاراً أمريكياً) عن كل طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون.
	الإعانات: بالإضافة إلى المنح الدولية التي يقدمها الصندوق المتعدد الأطراف في إطار بروتوكول مونتريال، وعلى سبيل المثال مرفق البيئة العالمية، فالحكومات الوطنية تدعم البحوث والتطوير فضلاً عن تنفيذ التكنولوجيات الجديدة التي تنخفض فيه انبعاثات غازات الدفيئة. الدعم (50%) على تكلفة جمع وتدمير الهالونات والمركبات CFCs كانت هولندا تقدمه للتشجيع على عدم التهوية قبل أن يصبح المخزون من هذه المواد محرماً في عام 2004.
	يمكن أن يتم تمويل الحد من المركبات HFCs وPFCs من آلية التنمية النظيفة (CDM) التابعة لبروتوكول كيوتو. وثمة مشاريع لهذه الآلية موجودة في كوريا والصين ومشاريع يجري تنفيذها للهند والمكسيك.
	ويمكن إدراج نقاط المصادر الكبيرة للمركبات HFCs في مخططات الإتجار بالانبعاثات. و لم تكن هذه المصادر (مثل انبعاثات المركب HFC-23 من إنتاج المركب HCFC-22) تدرج عادة حتى الآن في مخططات الإتجار بالانبعاثات، رغم أن مخطط المملكة المتحدة استثناء ملحوظ من ذلك. وقد تكون مراقبة استخدام وانبعاث هذه المواد أقل من الناحية العملية بالنسبة للمصادر الأكثر نشراً للانبعاثات.
الاتفاقات الطوعية	هناك عدة برامج للحد من الانبعاثات والاستخدام المسؤول لها، ترعاها الصناعة والحكومات. ويمكن أن يؤدي التقيد بمبادئ الاستخدام المسؤول إلى تخفيضات فى انبعاثات المركبات HFC تتجاوز الإسقاطات الراهنة. وتشمل مبادئ الاستخدام المسؤول مايلي: • استخدام المركبات HFCs لايكون إلا في التطبيقات التي تتوافر فيها السلامة وكفاءة الطاقة والمزايا البيئية والاقتصادية الحساسة أو الصحة العامة؛ • تقتصر انبعاثات المركبات HFCs على أدنى مستوى عملي أثناء التصنيع واستخدام الأجهزة والمنتجات والتصرف فيها؛ • إذا كان لابد من استخدام المركبات HFCs فتختار المركبات أو الأجهزة الأقل تأثيراً على المناخ والتي تستوفي متطلبات التطبيق.
	ولقد وضعت مبادئ توجيهية للممارسة الجيدة تتعلق باختيار وصيانة الأجهزة، ويشمل ذلك تحسين احتواء المواد واستعادتها أثناء الخدمة في نهاية عمرها.

4. النتائج الهامة بالنسبة للقطاعات التي تستخدم المواد المستنفدة للأوزون وبدائلها

4.1 ما أهم النتائج بالنسبة لقطاع التبريد ؟

إن المبردات هي أكبر مساهم في الانبعاثات المباشرة لغازات الدفيئة بلا منازع. وفي هذا التقرير يصنف قطاع التبريد إلى القطاعات الفرعية التالية: التبريد في المنازل، والتبريد التجاري، والتبريد الصناعي، وتجهيز الأغذية، والتخزين البارد، والتبريد في وسائل النقل. وترد قطاعات تكييف الهواء المنزلي والتجاري والتدفئة، وتكييف الهواء المتنقل (MAC) في فروع مستقلة (4.2 و4.3) في هذا الملخص الفني. ويعرض الجدول 11 من الملخص الفني تقسيماً مفصلاً للركامات والانبعاثات المباشرة لغازات الدفيئة في جميع هذه القطاعات التي تستخدم المبردات.

والخيارات العامة الخمسة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة بالنسبة لقطاع التبريد يمكن تحديدها فيما يلي:

- تحسين الاحتواء: نظم الإحكام من التسرب؛
- استعادة وإعادة تدوير وتدمير المبردات اثناء الصيانة وفي نهاية عمر الأجهزة؛
- تطبيق نظم مخفضة للشحن:
  - خفض شحن المبرد لكل وحدة قدرة تبريد؛
  - تقليل الطلب على القدرة على التبريد؛
- استخدام مبردات بديلة خفضت فيها احتمالات الاحترار العالمي أو أصبحت لا تذكر (مثل مركبات الهيدروكربون (HCs) وثاني أكسيد الكربون، والنشادر، وغيرها)؛
- التكنولوجيات غير النوعية.

وتنطبق هذه المبادئ بالتساوي على قطاعي تكييف الهواء الثابت وتكييف الهواء المتنقل.

4.1.1 التبريد المنزلي

تستخدم المبردات والمجمدات المنزلية لتخزين الأطعمة في الوحدات السكنية والأماكن غير التجارية مثل المكاتب في جميع أنحاء العالم. وهناك أكثر من 80 مليون وحدة تنتج سنوياً ذات قدرات تخزين داخلية تتراوح بين 20 لتراً وأكثر من 850 لتراً. وهذا مع تقدير متوسط عمر الوحدة بعشرين عاماً، يفضي إلى تركيب قرابة 1500 مليون وحدة. ونتيجة لبروتوكول مونتريال استغل الصانعون الانتقال من استعمال المبردات التي تستخدم المركبات CFC في مطلع التسعينات. وهذا الانتقال اكتمل في البلدان المتقدمة وأحدث تقدماً هاماً في البلدان النامية. ومع هذا فالعمر النمطي للمبردات المنزلية يسفر عن تصنيع وحدات باستخدام المركب CFC-12 لاتزال تشمل أغلبية الوحدات المركبة. وهذا بدوره يؤخر بقدر كبير معدل تخفيض الطلب على المبردات التي تستخدم المركب CFC-12 في قطاع الخدمة.

والمركبان إيزوبوتين (HC-600a) وHFC-134a هما المركبان البديلان الرئيسيان في المبردات اللذان يحلان محل المركب CFC-12 في أجهزة التبريد المنزلية الجديدة (انظر الجدول 12 من الملخص الفني). وأثبت كل منهما قدرة إنتاجية هائلة على الاستخدام المأمون والكفؤ والاقتصادي والذي يعول عليه. وتأتي كفاءات إنتاجية مماثلة من استخدام أي من المركبين. وقد خلصت دراسات مستقلة إلى أن بارامترات تصميم التطبيق أوجدت تغيرات في الكفاءة أكثر مما يوفره اختيار المبردات. وتشمل معايير الاختيار الشاملة للمبردات الأمان ومتطلبات الأداء البيئي والوظيفي كما تشمل التكلفة. ويمكن أن يتأثر اختيار المبرد كثيراً بالبيئات التنظيمية وبيئات التخفيف المحلية. وبصورة نمطية يتضمن كل مبرد 50–250 غراماً من المبرد ضمن نظام محكم السد من المصنع. وفيما يلي ملخص مبسط للاعتبارات الفنية في هذين المبردين:

- يستخدم المبرد HC-600a زيتاً معدنياً معروفاً تاريخياً باعتباره زيت تزليق في الجهاز المحكم السد. ولابد أن تعالج عمليات وتصميمات التصنيع معالجة صحيحة الطابع القابل للاشتعال في هذا المبرد. ومن بين هذه العمليات ضرورة التهوية السليمة للمصنع والأجهزة الكهربائية المناسبة، ومنع أي تسرب من المبرد وسهولة الوصول إلى المكونات الكهربائية، واستخدام مكونات كهربائية معزولة، ولا تصدر شرارات عند النفاذ إلى المبرد الراشح واستخدام تقنيات صحيحة في اللحام أو، وهو الأفضل، تجنب عمليات اللحام على أجهزة مشحونة. كذلك يتعين أن تستوعب إجراءات الخدمة الميدانية قابلية الاشتعال في المبرد.
- والمبرد HFC-134a يستخدم للتزليق زيت البوليويستر الحساس للرطوبة في النظام المحكم السد. ولابد أن تراعى في عمليات التصنيع وإجراءات الخدمة سلامة الحفاظ على مستويات رطوبة متدنية. ويتطلب التعويل على الأجل الطويل زيادة الحرص على تلافي الملوثات خلال الإنتاج. أو الخدمة بالمقارنة بممارسات CFC-12 أو HC-600a.

وينتج استخدام الخليط الهيدروكربوني من البروبين (HC-290) / إيزوبيوتين (HC-600a) مواءمة القدرة الحجمية من المركب CFC-12 وتلافي الإنفاق الرأسمالي على إعادة تركيب أدوات المضاغط. وتنتج هذه الخلائط تعقيدات تصنيع وتتطلب استخدام تقنيات شحن تلائم خلائط المبرد المحتوية على مكونات ذات نقاط غليان مختلفة. وكان استخدام هذه الخلائط في أوروبا في التسعينات خطوة وسيطة صوب الانتقال إلى المركب HC-600a باستخدام مضاغط غيرت أدواتها. وتتفق معطيات الأمان بالنسبة إلى خلائط الهيدروكربون مع الاعتبارات بالنسبة للمركب HC-600a.

الجدول 11 من الملخص الفني - ركام المبردات والانبعاثات المباشرة من المركبات CFCs وHCFCs وHFCs والمواد الأخرى (مركبات الهيدروكربون والنشادر وثاني أكسيد الكربون) في عام 2002، وسيناريو العمل المعتاد BAU لعام 2015 وسيناريو التخفيف لعام 2015، بالنسبة لقطاع التبريد وقطاع تكييف الهواء المنزلي والتجاري والتدفئة ("تكييف الهواء الثابت") وقطاع تكييف الهواء المتنقل.

	المصارف (كيلوطن)					الانبعاثات (كيلوطن في السنة)					الانبعاثات (ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة) SAR/TAR[ب]	الانبعاثات (ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة) هذا التقرير[ج]
	CFCs	HCFCs	HFCs	ركامات أخرى	المجموع	CFCs	HCFCs	HFCs	انبعاثات أخرى	المجموع		
2002												
التبريد	330	461	180	108	1079	71	132	29	18	250	848	1 060
– التبريد المنزلي	*107*	–	*50*	*3*	*160*	*8*	–	*0,5*	*0,04*	*9*	*69*	*91*
– التبريد التجاري	*187*	*316*	*104*	-	*606*	*55*	*107*	*23*	-	*185*	*669*	*837*
– التبريد الصناعي[أ]	*34*	*142*	*16*	*105*	*298*	*7*	*24*	*2*	*18*	*50*	*92*	*110*
– التبريد في وسائل النقل	*2*	*4*	*10*	-	*16*	*1*	*1*	*3*	-	*6*	*19*	*22*
تكييف الهواء الثابت	84	1 028	81	1	1 194	13	96	6	0,2	115	222	271
تكييف الهواء المتنقل	149	20	249	-	418	60	8	66	-	134	583	749
المجموع لسنة 2002	**563**	**1 509**	**509**	**109**	**2 691**	**144**	**236**	**100**	**18**	**499**	**1 653**	**2 080**
سيناريو العمل المعتاد BAU لسنة 2015												
التبريد	64	891	720	136	1 811	13	321	115	21	471	919	1 097
– التبريد المنزلي	*37*	-	*189*	*13*	*239*	*5*	-	*8*	*1*	*13*	*51*	*65*
– التبريد التجاري	*6*	*762*	*425*	-	*1 193*	*5*	*299*	*89*	-	*393*	*758*	*902*
– التبريد الصناعي[أ]	*21*	*126*	*85*	*123*	*356*	*4*	*21*	*11*	*21*	*56*	*88*	*104*
– التبريد في وسائل النقل	*0,1*	*2,8*	*20,3*	-	*23,2*	*0,1*	*1,3*	*7,4*	-	*9*	*22*	*26*
تكييف الهواء الثابت	27	878	951	2	1 858	7	124	68	0	199	314	370
تكييف الهواء المتنقل	13	23	635	4	676	5	11	175	1	191	281	315
المجموع حسب سيناريو العمل المعتاد BAU لسنة 2015	**104**	**1 792**	**2 306**	**143**	**4 345**	**25**	**455**	**359**	**23**	**861**	**1 514**	**1 782**
سيناريو التخفيف لسنة 2015												
التبريد	62	825	568	186	1 641	8	202	52	15	278	508	607
– التبريد المنزلي	*35*	-	*105*	*60*	*200*	*3*		*3*	*1*	*6*	*27*	*35*
– التبريد التجاري	*6*	*703*	*378*	-	*1 087*	*3*	*188*	*40*	-	*230*	*414*	*494*
– التبريد الصناعي[أ]	*21*	*120*	*65*	*126*	*331*	*3*	*13*	*5*	*14*	*36*	*53*	*63*
التبريد في وسائل النقل	*0,1*	*2,8*	*20,3*	-	*23,2*	*0,0*	*0,9*	*4,3*	-	*5*	*13*	*15*
تكييف الهواء الثابت	27	644	1 018	2	1 691	3	50	38	0	91	145	170
تكييف الهواء المتنقل	13	23	505	70	611	3	7	65	7	82	119	136
المجموع لسيناريو التخفيف لسنة 2015	**102**	**1 493**	**2 090**	**259**	**3 943**	**14**	**259**	**155**	**22**	**451**	**772**	**914**

[أ] يشمل تحضير الأغذية / التخزين البارد.

[ب] انبعاثات غازات الدفيئة – مكافئ ثاني أكسيد الكربون (الموزون باحتمالات الاحترار العالمي) الانبعاثات، باستخدام احتمالات الاحترار العالمي المباشر مأخوذة من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (SAR/TAR) (1996, 1002).

[ج] انبعاثات غازات الدفيئة – ثاني أكسيد الكربون (الموزون باحتمالات الاحترار العالمي) الانبعاثات، باستخدام احتمالات الاحترار العالمي المباشر مأخوذة من الفصل 2 في هذا التقرير.

الجدول 12 من الملخص الفني- التبريد المنزلي، الحالة الراهنة وخيارات الإزالة

مواصفات المنتج		الجدار البارد	رباط الجريان في المبخر المفتوح	منع الصقيع
طاقة التبريد	من إلى	60 W 140 W	60 W 140 W	120 W 250 W
شحن المبرد (HFC)	من إلى	40 g 170 g	40 g 170 g	120 g 180 g
النسبة المئوية التقريبية لركام التبريد القطاعي (160 كيلو واط) في التشكيل		20 units @ 100 g average 18% of 160 kt	15 units @ 100 g average 14% of 160 kt	50/85 units @ 150 g average 68% of 160 kt
النسبة المئوية التقريبية لانبعاثات قطاع التبريد (8950 طناً) في القطاع الفرعي		18% من 8950 طناً	14% من 8950 طناً	68% من 8950 طناً
التكنولوجيا التي كانت سائدة		HC-600a	HFC-134a	HFC-134a
التكنولوجيات الأخرى ذات الطابع التجاري		HFC-134a, CFC-12	HC-600a, CFC-12	HC-600a, CFC-12
التكنولوجيات ذات احتمالات الاحترار العالمي المنخفضة بقدرة معقولة أو أفضل من المعقولة لاستبدال المركبات CFC/HFC في الأسواق		HC-600a	HC-600a	HC-600a
حالة البدائل		مطورة بالكامل وتنتج	مطورة بالكامل وتنتج	مطورة بالكامل وتنتج
قسط تكلفة صنع HC-600a		لا أقساط	3-5 US$	8-30 US$
الاستثمار الرأسمالي		0	45-75 million US$	400-1500 million US$
الحد من الانبعاثات		1432 طناً	1253 طناً	6086 طناً

ولا تزال تكنولوجيات التبريد البديلة، مثل دورة Stirling، ودورة الامتصاص والأجهزة الكهربائية الحرارية والثرميونية والصوتية الحرارية، تستخدم في تطبيقات خاصة أو مناطق خاصة بإدارة أولية تختلف عن الإدارة في المبردات المنزلية التقليدية. ولاينتظر أن تغير خيارات التكنولوجيا هذه كثيراً في وضع تكنولوجيا مضاغط البخار مثل اختيار تكنولوجيا التبريد المنزلي، في المستقبل المنظور.

وأصبحت تكنولوجيا مضاغط البخار راسخة وتستخدم بيسر على الصعيد العالمي. وتصميمات التكنولوجيا الراهنة، القائمة على الهيدروكربون HC-600a أو المركب HFC-134a تستخدم بشكل نمطي بأقل من نصف الطاقة الكهربية اللازمة في الوحدات التي تحل محلها. وهذا الأداء الموثوق يوفر دون اللجوء إلى تصميمات أغلى تكلفة أو أكثر تطوراً. ومن المتوقع أن تطرأ تحسينات مستمرة فى أداء الوحدة و/أو كفاءة الطاقة. وقد أثبتت اللوائح الحكومية والاتفاقات الطوعية بشأن كفاءة الطاقة وبرامج الوسم فعاليتها في استحداث منتجات ذات كفاءة محسنة فى عدة بلدان.

وسوف يقلل التصميم الجيد وممارسات التصنيع والخدمة الجيدة من الانبعاثات من المبردات إلى أدنى حد خلال مراحل إنتاج واستخدام المبردات، ومع ذلك يجب إيلاء اهتمام خاص إلى الاستغناء عن عدد كبير من الوحدات المحتوية على المركب CFC-12. ولما كان العمر الافتراضي للمبردات هو نمطياً 20 عاماً فإن الاستغناء عنها والتصرف فيها يحدث بنسبة 5% بشكل متواتر كل عام. وهذا يعني التخلص من 75 مليون مبرد تقريباً من التي تحتوي على 100 غرام للوحدة، أي مجموع 7500 طن من المبردات كل عام. وسيظل هذا المبرد يستخدم عموماً المركبات CFC-12 لمدة لا تقل عن 10 سنوات أخرى. ويقلل التحميل القليل للمبرد في الوحدة من المبرر الاقتصادي لاستعادة المبرد. وتقدم الوكالات المنظمة لهذا الأمر في أنحاء العالم حوافز أو عقوبات على عدم الامتثال تعزيزاً لاستعادة هذه المواد المستنفدة للأوزون.

ويصل معدل الانبعاثات السنوي الراهن (حسب بيانات عام 2002) لانبعاثات المركب HFC-134a من المبردات المنزلية إلى 1.0% إبان استخدام المنتج. وتقدر الانبعاثات من المركبات HFC في أجهزة التبريد المنزلي بمعدل 480 طناً في عام 2002، ليزداد إلى 7800 طن بحلول عام 2015 في سيناريو العمل حسب المعتاد (BAU). وفي سيناريو التخفيف فإن الانبعاثات في عام 2015 تكون 2800 طن بالنظر إلى تحسين الامتصاص والاستعادة في المبردات. ويلخص الجدول 12 من الملخص الفني فرص وقف الانبعاثات مع زيادة استخدام الهيدروكربون HC-600a في المبردات. وبالمثل فإن أقساط تكلفة التصنيع والاستثمارات الرأسمالية وتكاليف التطوير اللازمة للتنفيذ ترد فى الجدول بالنسبة لأكثر تشكيلات المبردات شيوعاً.

4.1.2 التبريد التجاري

يشمل التبريد التجاري ثلاثة أنواع رئيسية من الأجهزة: أجهزة مستقلة، ووحدات تكثيف، وأجهزة الأسواق التجارية الكاملة. وتدخل تشكيلة كبيرة من نظم التبريد في نطاق القطاع الفرعي من التبريد التجاري، ابتداء من مجمدات الجيلاتى (البوظة) ذات القدرة التبريدية التي تصل إلى نحو 200 واط والتي لا تختلف كثيراً عن المجمدات المنزلية، وصولاً إلى غرف الآلات المحتوية على مضاغط متعددة في صفوف تستهلك عدة مئات من الكيلو واط. وأكثر المبردات المستخدمة شيوعاً في هذا القطاع الفرعي هى HCFC-22 و R-404A و HFC-134a.

وفي عام 2002 كانت جميع أنواع المبردات المستخدمة في التبريد التجاري والتي يغلب عليها المعدات المحتوية على المركبات CFCs و HCFCs و HFCs تمثل 605 كيلو واط من جملة 2690 كيلو واطاً لجميع أجهزة التبريد وتكييف الهواء وجميع أنواع المبردات؛ وهذا يمثل 22% من جملة ركام التبريد وتكييف الهواء.

وعلى أساس عالمي فإن التبريد التجاري هو القطاع الفرعي للتبريد الذي يصدر أكبر كمية من انبعاثات التبريد، المحسوبة على أنها مكافئات ثاني أكسيد الكربون، وتمثل 40 من جملة انبعاثات التبريد (في التبريد وتكييف الهواء الثابت وتكييف الهواء المتنقل). وتكون مستويات الانبعاثات، بما فيها الانبعاثات الهاربة والتمزقات والانبعاثات أثناء الخدمة وفى نهاية العمر، عالية جداً وخاصة بالنسبة للأسواق التجارية والأسواق الكبرى. وكلما كبر حجم الشحن كبر المعدل المتوسط للانبعاثات، وهو ما ينتج عن الطول المفرط في الأنابيب والأعداد الكبيرة من التركيبات والصمامات والارتفاع الكبير فى الانبعاثات عندما يحدث تمزقاً.

ومعدلات التسرب من المبردات في النظام الرأسي توحي بمعدل انبعاثات عالمي سنوي قدره 30% من شحن الجهاز. وبصورة نمطية فإن انبعاثات المبردات تمثل 60% من جملة انبعاثات غازات الدفيئة الناجمة عن تشغيل الأجهزة، وتكون النسبة المتبقية هى للانبعاثات غير المباشرة بسبب إنتاج الطاقة. وهاتان النسبتان تشيران إلى مدى أهمية الحد من الانبعاثات من هذا القطاع.

وبيانات معدلات التسرب السنوية من المبردات، من أكثر من 1700 جهاز كامل فى الأسواق التجارية في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا تبين أنها في نطاق 3-22% من شحن الأجهزة بمتوسط 18%. ويمكن أن نستخلص أنه لو كان تقدير الانبعاثات 30 على الأساس العالمي صحيحاً، فإن القيم من 3 إلى 22% يجب أن تمثل بيانات شركات مختارة من بلدان تجري تخفيضات قوية للانبعاثات.

وترد الاسقاطات لانبعاثات الهالوكربون من المبردات وفقاً للسيناريوهات المختلفة فى الجدول 11 من الملخص الفني. ومعدلات النمو الاقتصادي العالية في بعض البلدان النامية سيكون لها أثر كبير للغاية على نمو ركام المبردات وانبعاثاتها.

ويمكن تحقيق تخفيضات كلية هامة في الانبعاثات أي تحسين دورة العمر للأداء المناخي LCCP، وذلك باستخدام مبردات من قبيل HFCs ومركبات الهيدروكربون والنشادر وثاني أكسيد الكربون باللجوء إلى تخفيض الشحنات وزيادة كفاءة الامتصاص والتحسين الشامل لكفاءة الطاقة عن طريق تصميمات أجهزة جديدة. ويرد ملخص لذلك في الجدول 13 من الملخص الفني. ويتعين أن تؤخذ قضايا الأمان في الاعتبار إذا أريد استخدام مبردات سُمية أو قابلة للاشتعال؛ وهذه تعتمد على اللوائح الوطنية وأحياناً المحلية، التي قد تحد من درجة تطبيق هذه المبردات.

ويمكن في أجهزة المحال التجارية الكاملة الحصول على ما يصل إلى 60% من قيم عمر الأداء المناخي أدنى من النظم المركزية المباشرة للتصميم التقليدي وذلك باستخدام نظم مباشرة تستخدم فيها مبردات بديلة وتحسين الامتصاص ونظم التوزيع والنظم غير المباشرة أو النظم التعاقبية.

وتدل النتائج المنشورة على أن النظم البديلة لها تكلفة أولية أعلى بنسبة 0-35% وأعلى في استخدام الطاقة بنسبة 0-20% عن النظم الحالية.

وتكون تكلفة الإزالة للانبعاثات من المبردات في نطاق 20 - 280 دولاراً أمريكياً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون[19،20] وأعمال تطوير نظم جديدة أعمال مستمرة بقصد الحد من التكاليف ومن استخدام الطاقة في هذه النظم، وهذا سوف يؤدي إلى زيادة تقليص تكاليف الإزالة. وقد تفضى مراعاة الزيادات الممكنة في كفاءة الطاقة إلى تكاليف إزالة سلبية (وفورات).

وبالنسبة للوحدات التجارية الصغيرة، وبالتحديد المعدات المستقلة ووحدات التكثيف (آلات البيع ومجمدات المثلجات وغرف التبريد الكبيرة وما إلى ذلك) فقد بدأت الشركات العالمية في استخدام بدائل تصل فيها احتمالات الاحترار العالمي إلى درجة متدنية أو إلى الصفر بالنسبة للمركبات (HFCs مركبات الهيدروكربون وثاني أكسيد الكربون) وللتكنولوجيات البديلة. وهذان الخياران يبشران بانخفاض الانبعاثات المباشرة أو المقارنة المنخفضة غير المباشرة.

4.1.3 تجهيز المواد الغذائية والتخزين البارد والتبريد الصناعي

تجهيز المواد الغذائية والتخزين البارد هو أحد الاستعمالات الهامة للتبريد؛ وحفظ وتوزيع الأغذية مع الحفاظ على المغذيات فيها. وهذا الاستعمال مهم للغاية بالنسبة للحجم وللأهمية الاقتصادية في جميع البلدان، بما في ذلك البلدان النامية. ويشمل هذا الاستعمال التخزين البارد (في درجات حرارة بين 1°- مئوية و10° مئوية)، والتجميد 30°- مئوية إلى 35° - مئوية) والتخزين طويل الأجل للمنتجات المجمدة (20°- مئوية إلى 30° - مئوية). وتكون كمية الأغذية المبردة نحو 10 أضعاف إلى 12 ضعفاً لكمية المنتجات المجمدة.

19 التكاليف في هذا التقرير واردة بقيمة الدولارات الأمريكية في عام 2002 ما لم ينص على غير ذلك.

20 بيانات التكلفة المعروضة قاصرة على التخفيضات المباشرة في الانبعاثات. بل قد تفضى مراعاة التحسينات في كفاءة الطاقة إلى تكاليف محددة سلبية صافية (وفورات).

الجدول 13 من الملخص الفني- ملخص قطاع التبريد التجاري، والحالة الراهنة وخيارات الإزالة.

القطاع الفرعي		الأجهزة المستقلة	وحدات التكثيف	أجهزة المتاجر الكبرى الكاملة			
				مركزية مباشرة	مركزية غير مباشرة	موزعة	هجائن
طاقة التبريد	من إلى	0.2 kW 3 kW	2 kW 30 kW	20 kW > 1000 kW			
شحن المبرد	من إلى	0.5 kW ~2 kg	1 kg 15 kg	100 kg 2 000 kg	20 500 kg	* *	* *
النسبة المئوية التقريبية لركام المبردات القطاعية في القطاع الفرعي		11 % of 606 kt	46 % of 606 kt	43 % of 606 kt	* البدائل في هذه الفئات تم تسويقها تجارياً ولكن لما كان العدد الراهن للأجهزة محدوداً، تأتي الإشارة إليها أدناه على أنها خيارات.		
النسبة المئوية التقريبية لانبعاثات المبردات القطاعية في القطاع الفرعي		3 % of 185 kt	50 % of 185 kt	47 % of 185 kt			
ركام المبردات في عام 2002، النسبة المئوية بالوزن		CFCs 33 %; HCFCs 53 %; HFCs 14 %					
المتوسط السنوي النمطي لمعدل انبعاثات الشحن		30 %					

القطاع الفرعي	الأجهزة المستقلة	وحدات التكثيف	أجهزة المتاجر الكبرى الكاملة			
			مركزية مباشرة	مركزية غير مباشرة	موزعة	هجائن
التكنولوجيات ذات الأعمار المنخفضة (LCCP)	**تحسين HFC** SDNA	**تحسين HFC** SDNA	**تحسين HFC** EmR 30 % ChEU 0 % ChCst 0±10 %	**النشادر** EmR 100 % ChEU 0-20 % ChCst 20-30 %	**HFC** EmR 75 % ChEU 0-10 % ChCst 0-10 %	**المركبات التعاقبية– HFC/CO_2** EmR 50-90% ChEU 0%
	HC SDNA	**R-410A** SDNA	**CO_2 (all-CO_2)** EmR 100 % ChEU 0±10 % ChCst 0±10 %	**HC** EmR 100 % ChEU 0-20 % ChCst 20-30 %	**Economized HFC-404A** SDNA	**المركبات التعاقبية Ammonia/CO_2** SDNA
	CO_2 SDNA	**HC** SDNA		**HFC** EmR 50-90 % ChEU 0-20 % ChCst 10-25 %	**Economized HFC-410A** SDNA	**المركبات التعاقبية HC/CO_2** SDNA
		CO_2 SDNA			**CO_2** SDNA	
احتمال تخفيض العمر LCCP (باستخدام المتوسط العالمي للانبعاثات لتخفيض الإنتاج)	SDNA		35-60 %			
تقديرات تخفيف التكلفة (لعمر 10 سنوات ، معدل فائدة 10%)	SDNA		20–280 US$ per tonne CO_2 mitigated			

ملاحظات:
EmR(%): تخفيض الانبعاثات المباشرة (مقارنة بالأجهزة المركبة)
ChEU(%) : التغيير في استخدام الطاقة (+ أو –) (مقارنة بأحدث تكنولوجيا)
ChCst(%): التغيير في التكلفة (+ أو –) (مقارنة بأحدث تكنولوجيا)
SDNA: لا تتوافر في الكتابات بيانات كافية عن الحد من الانبعاثات واستخدام الطاقة والتغيير في التكلفة

وتستند أغلبية نظم التبريد لتجهيز الأغذية والتخزين البارد إلى مضاغط ترددية ولولبية. فالنشادر والمركبات HCFC-22 وR-502 وCFC-12 هي المبردات المستخدمة تاريخياً. وتستخدم المبردات HFCs حالياً بدلاً من المركبات CFC-22 وR-502 وHCFC-22 في بعض المناطق. والمركبات HFCs المفضلة هي المركبات HFC-134a وخليط HFC مع انزلاق بدرجة حرارة صغيرة مثل R-404A وR-507A وR-410A. كذلك تستخدم نظم النشادر/ثاني أكسيد الكربون بالتعاقب، كما تستخدم مركبات الهيدروكربون كمبردات أولية في النظم غير المباشرة.

والبيانات المتوافرة عن المكافئ الكلي لتأثير الاحترار (TEWI)/ دورة عمر الأداء المناخي (LCCP) لهذه الفئة بيانات محدودة. وقد أظهرت دراسة حديثة لحسابات أداء النظام ودورة عمر الأداء المناخي لنظم التبريد 11

كيلو واط العاملة بالمركبات R-404A وR-410A وHC-290 فروقاً لاتكاد تذكر فى دورة عمر الأداء المناخي، على أساس الافتراضات المستخدمة في الحسابات.

وترد في نهاية الفرع التالي معلومات إضافية عن التسرب من المبردات وخيارات الحد من الانبعاثات لكامل قطاع تجهيز الأغذية والتخزين البارد والتبريد الصناعي.

ويشمل **التبريد الصناعي** طائفة كبيرة من تطبيقات التبريد والتجميد، منها ما هو في الصناعات الكيميائية وصناعات النفط والغاز، وصناعة الثلج في المجال الصناعي والترفيهي، وتسييل الهواء. وتعمل هذه النظم في معظمها بدوائر ضغط البخار، وتتراوح درجات الحرارة في المبخر بين 15º مئوية هبوطاً إلى درجة -70º مئوية. وتعمل تطبيقات غازات أو سوائل التبريد في درجات حرارة أدنى من ذلك كثيراً. وتتراوح قدرة الوحدات ما بين 25 كيلو واط و30 ميغاواط، في الأجهزة المصنوعة غالباً حسب الطلب والمنصوبة في الموقع. و يفضل أن تكون المبردات المستخدمة وحيدة المكون أو ثابتة الغليان لأن الكثير من الأجهزة تستخدم مبخرات فيضية لتحقيق كفاءة عالية. وتستخدم بعض التصميمات نظماً غير مباشرة مع سوائل لنقل الحرارة تخفيضاً لشحن المبردات و/ أو تقليلاً لمخاطر التلامس المباشر مع المبرد إلى أدنى حد.

وتوجد أنظمة التبريد هذه عادة في المناطق الصناعية محدودة النفاذ من الجمهور. والنشادر هو المبرد الأعم والأكثر استخداماً، ويليه في الشيوع من حيث الحجم المركب HCFC-22، رغم أن استخدام المركب HCFC-22 فى الأجهزة الجديدة ممنوع حسب اللوائح الأوروبية منذ كانون الثاني/يناير 2001 في جميع أنواع أجهزة التبريد. وقد استعيض عن المبردات CFC الأصغر حجماً وهي CFC-12 وR-502 بالمركبات HFC-134a و R-404A وR-507A وR-410A. ويستعاض حالياً عن CFC-13 وR-503 بالمركب HFC-23 وR-508A أوR-508B. ويستعاض حاليـاً عن المركب HCFC-22 بالمركب R-410A، لأن كفاءة الطاقة في النظم R-410A يمكن أن تكون أعلى قليلاً منها في النظام HCFC-22 والنظام R-410A يماثل النشادر فيما يتعلق بدرجات حرارة التبخير هبوطاً إلى -40º مئوية. وقد استخدمت مبردات الهيدروكربون تاريخياً في معامل التبريد الكبيرة في صناعة النفط والغاز.

وبدأ ثاني أكسيد الكربون يستخدم في هذا القطاع الفرعي بوصفه مبرداً لدرجات حرارة منخفضة ويستخدم في الأجهزة التعاقبية، مع النشادر في المرحلة العالية، ومع ثاني أكسيد الكربون في المنطقة الدنيا. وكفاءة الطاقة في أجهزة ثاني أكسيد الكربون يمكن أن تكون مماثلة للكفاءة فى HCFC-22 والنشادر وR-410A في نطاق المبخر -40º مئوية إلى -50º مئوية. كما أن ثاني أكسيد الكربون يستخدم كسائل نقل للحرارة في نظام غير مباشر.

وقد قدرت معدلات التسرب السنوية من المبردات في أجهزة التبريد الصناعي في حدود 7 إلى 10%، بينما قدرت من قطاع مشترك لتحضير الأغذية والتخزين البارد والتبريد الصناعي بنحو 17% من جملة ركام التبريد في النظم في عام 2002. ويتألف ركام التبريد من 35% نشادر و43% HCFC-22 بالوزن، والنسبة الباقية هى CFCs وHFCs ومركبات الهيدروكربون. ويرد في الجدول 14 من الملخص الفني توزع المبردات الرئيسية والانبعاثات في هذا القطاع الكلي في سنة 2002.

و تفرض خيارات الحد من الانبعاثات استخدام مبردات احتمالات احترار عالمي متدنية من أجل تحسين تصميم المعدات والعمليات.بما يؤدي إلى تقليل شحن نظام التبريد وتحسين احتواء المبرد واستعادته وتحسين كفاءة الطاقة عن طريق تصميمات نظم جديدة. وينبغي استخدام حسابات دورة عمر الأداء المناخي (LCCP) وصولاً إلى الاختيار الأمثل للمبرد وتصميم الأجهزة من أجل الأثر البيئي الأدنى. وقد حددت تكلفة إزالة الانبعاثات من مبردات التبريد الصناعي في نطاق 27-37 دولاراً أمريكياً/للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (معدل حسم 8% في السنة).

4.1.4 التبريد في وسائل النقل

يتألف القطاع الفرعي للتبريد في وسائل النقل من نظم تبريد لنقل البضائع المبردة أو المجمدة عن طريق البر والسكك الحديدية والجو والبحر. وتستخدم عدة أنواع من تشكيلات التبريد مثل الأجهزة على متن السفن والحاويات ذات وحدات التبريد الفردية التي يمكن نقلها بالبر أو البحر أو السكك الحديدية وشاحنات التبريد ومقطورات السيارات. كما يشمل القطاع الفرعي للنقل استخدام التبريد في سفن الصيد حيث تستخدم نظم التبريد لتحضير الأغذية وتخزينها.

والمتطلبات الفنية في وحدات التبريد في وسائل النقل أشد صرامة منها في تطبيقات التبريد الأخرى. إذ يتعين أن تعمل المعدات في درجات حرارة جوية متباينة كثيراً وفي أحوال جوية شديدة التغير (إشعاع شمسي ومطر وما إلى ذلك). ويجب أن تكون معدات النقل قادرة على حمل بضائع

الجدول 14 من الملخص الفني– تحضير الأغذية، والتخزين البارد والتبريد الصناعي (2002).

	CFCs (CFC-12 and R-502)	**HCFC-22**	**النشادر** NH_3	**HFCs** (HFC-134a, R-404A, R-507A, R-410A)
طاقة التبريد	25 kW–1000 kW	25 kW–30 MW	25 kW–30 MW	25 kW–1000 kW
الانبعاثات، بالطن في السنة	9500	23.500	17.700	1900
المبردات في الركام، بالأطنان	48.500	127.500	105.300	16.200
الانبعاثات، بالنسبة المئوية في السنة	14%	18%	17%	12%

الجدول 15 من الملخص الفني– التبريد في وسائل النقل، الخصائص والبدائل

القطاع الفرعي		النقل البحري وصيد الأسماك	النقل البري	النقل بالسكك الحديدية	النقل بالحاويات
طاقة التبريد	من إلى	5 kW 1400 kW	2 kW 30 kW	10 kW 30 kW	5 kg تقريباً
شحن المبردات	من إلى	1 kg Several tonnes	1 kg 20 kg	10 kg 20 kg	5 kg تقريباً
النسبة المئوية التقريبية لمصرف المبردات القطاعية في القطاع الفرعي		52% من 15.900 طن	27% من 15.900 طن	5% من 15.900 طن	16% من 15.900 طن
النسبة المئوية التقريبية لانبعاثات المبردات القطاعية في القطاع الفرعي		46% من 6000 طن	30% من 6000 طن	6% من 6000 طن	18% من 6000 طن
التكنولوجيا التي كانت سائدة		HCFC-22	HFC-134a, HFC-404A, R-410A	HFC-134a, HFC-404A, R-410A	HFC-404A
التكنولوجيات الأخرى ذات الطابع التجاري		المركبات HFCs المختلفة، والنشادر، والنشادر مع ثاني أكسيد الكربون لدرجات الحرارة المنخفضة؛ والأجهزة التي تستخدم الهيدروكربون في ناقلات الغاز؛ وأجهزة امتصاص جزء من حمل التبريد	مركبات الهيدروكربون، وثاني أكسيد الكربون السائل أو الصلب، والرقائق الثلجية، والألواح التصلبية	ثاني أكسيد الكربون الصلب	HFC-134a, HCFC-22
التكنولوجيات منخفضة احتمال الاحترار العالمي مع قدرات معقولة أو أفضل من المعقولة للاستعاضة عن المركبات HCFC/HFC في الأسواق		النشادر، والنشادر مع ثاني أكسيد الكربون لدرجات الحرارة المنخفضة	أجهزة ضغط مركبات الهيدروكربون وثاني أكسيد الكربون؛ ولمسافات الجر القصيرة الجمع بين الرقائق الثلجية أو الألواح التصلبية الثابتة بالهيدروكربون أو النشادر مع ثاني أكسيد الكربون السائل	أجهزة ضغط مركبات الهيدروكربون وثاني أكسيد الكربون؛ ولأنواع نقل محددة (مثل بعض الفواكه) الجمع بين رقائق الثلج أو الألواح التلبية الثابتة بالهيدروكربون أو النشادر مع ثاني أكسيد الكربون السائل	أجهزة ضغط ثاني أكسيد الكربون
حالة البدائل		مكتملة التطوير. بعض قضايا التكلفة المتعلقة بالسلامة الإضافية بالنسبة لمعامل النشادر على السفن. ومركبات الهيدروكربون عملية بصفة أساسية للسفن المبنية حسب معايير الأمان من الانفجار (مثل ناقلات الغاز)	الأجهزة التي تستخدم الهيدروكربون جربت ميدانياً بنجاح لكن ينقصها الطلب والاشتراطات الإضافية على الاستخدام (تدريب السائقين وأماكن الانتظار). والأجهزة التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون السائل روجت تجارياً. وجربت مضاغط ثاني أكسيد الكربون في نماذج أولية ولكن القضية هي المضاغط بالدفع المكشوف اللازمة في معظم الأجهزة إلى جانب التسرب	ثاني أكسيد الكربون الصلب يستخدم عادياً ولكن كفاءة الطاقة فيه ليست كما ينبغي، وهو صعب التداول وصعب في متطلبات البنى الأساسية العالية، ولذا فهو يزال حالياً تدريجياً. ويتزايد استخدام الأجهزة المصممة للمقطورات مع المتطلبات المثلى للسكك الحديدية (مقاومة الصدمات)	البدائل قيد التطوير- واختبار النماذج الأولية؛ وقد تتوافر في المستقبل القريب إذا كان عليها طلب

متنوعة للغاية تختلف متطلبات درجة الحرارة لها وأن تكون معدات النقل متينة ويعول عليها في بيئات النقل التي كثيراً ما تكون قاسية. ورغم اشتراطات التصميمات القوية والمتينة لوحدات التبريد في وسائل النقل يمكن أن تحدث تسربات في نظام التبريد نتيجة الاهتزازات والصدمات المفاجئة والاصطدام بأجسام أخرى والتعرض للتآكل بفعل المياه المالحة.

فضمان تشغيل مأمون لكل سوائل العمل أمر أساسي إن لم يكن - وعلى سبيل المثال في حالة السفن - هناك خيار سهل للإخلاء في حالة تسرب التبريد. فيتعين أن يكون الأمان عنصراً أصيلاً في اختيار السوائل أو كفالته عبر عدد من التدابير الفنية. كما أن هناك حاجة لاستمرار صيانة المعدات، حيث يمكن أن تتطلب معدات النقل خدمة في كثير من المواقع حول العالم.

ونظم التبريد تستخدم نمطياً CFC-12 وR-502 وHCFC-22 وHFC-134a وR-404A وR-507A وR-410A وR-407C. وقد اتخذت بدائل احتمالات الاحترار العالمي المتدنية، مثل النشادر ومركبات الهيدروكربون والنشادر/ثاني أكسيد الكربون، الطابع التجاري في بعض تطبيقات ضغط البخار. ويستخدم ثاني أكسيد الكربون المثلج، أو السائل أو الصلب في بعض قطاعات التبريد في وسائل النقل البري والنقل بالسكك الحديدية والنقل الجوي. ويمكن الإطلاع في الجدول 15 من الملخص الفني على عرض مجمل لشتى التطبيقات المستخدمة حالياً وعلى حالة تطور البدائل. ويقدر ركام التبريد حالياً بنحو 330 طناً من المركبات CFCs و3200 طن من المركبات HCFC-22 و9500 طن من مخاليط HFCs وHFC؛ ويتوقع أن يزداد الركام الكلي من 16000 طن في الوقت الراهن إلى 23200 طن في عام 2015 (سيناريو العمل المعتاد). والمتوقع هو أن تزداد انبعاثات التبريد المجتمعة اليوم وقدرها 6000 طن سنوياً إلى 8700 طن سنوياً بحلول عام 2015 حسب سيناريو العمل المعتاد (BAU) أو أن يصبح 5250 طناً سنوياً بعد تزايد الجهود الرامية إلى استعادة التبريد وإعادة تدويره وتحسين الامتصاص مثل استخدام المضاغط المحكمة السد، زيادة كبيرة.

وثمة خيارات لاستبدال المبردات الأدنى احتمالات للاحترار العالمي متاحة لجميع تطبيقات التبريد في وسائل النقل التي تستخدم حالياً المركبات CFCs وHCFCs أوHFCs؛ انظر الجدول 15 من الملخص الفني. وفي عدة حالات يمكن أن تزيد هذه الخيارات تكاليف نظام التبريد بسبب التكاليف المتعلقة بالمعدات والأمان. ولا يجب أن يغيب عن البال أنه بالنسبة إلى مالكي معدات النقل، وفي حالة عدم وجود حوافز خارجية، تكون التكاليف الأولية لنظام النقل ومعامل التبريد أهم كثيراً جداً من التكاليف الجارية للتركيب.

وبالنظر إلى معدلات التسرب في التبريد التي تتراوح بين 25% و 35%، فإن تغيير المركب HFC مثل R-404A إلى بديل أقل احتمالاً للاحترار العالمي يؤدي عادة إلى الحد من المكافئ الكلي لتأثير الاحترار إن لم يكن استهلاك الطاقة أعلى كثيراً منه في أنظمة الوقت الراهن. وفي عدة تطبيقات يمكن أن يكون تخفيض المكافئ الكلي لتأثير الاحترار بالغ الأهمية.

وثمة فرص كثيرة للحد من استهلاك الطاقة في نظم التبريد في وسائل النقل، بما في ذلك تحسين العزل للحد من الفاقد في التبريد والأحمال، وتواتر التحكم في المضاغط بالنسبة لظروف التحميل الجزئية، والمكثفات المبردة للمياه في النظم المحمولة على السفن، والصيانة الوقائية للحد من التبادل الخاطئ للحرارة.

4.2 ما أهم النتائج بالنسبة لتكييف الهواء والتدفئة في المساكن وفي القطاع التجاري ؟

يمكن تصنيف التطبيقات والمعدات والمنتجات التي يشملها قطاع تكييف الهواء والتدفئة في المنازل والأماكن التجارية إلى ثلاث مجموعات: مكيفات الهواء الثابتة (وتشمل المعدات التي تبرد الهواء ومضخات الحرارة التي تسخن الهواء مباشرة)، ومضخات الحرارة لمبردات ومسخنات المياه.

وتدخل مكيفات الهواء الثابتة عموماً في ست فئات واضحة: (1) التي تركب على النوافذ ومن خلال الجدران؛ (2) المشطورة غير الأنبوبية للمساكن والأغراض التجارية؛ (3) الحزمة الواحدة بغير أنابيب؛ (4) المصدر المائي بغير أنابيب؛ (5) المشطورة الأنبوبية للمساكن والحزمة الواحدة؛ (6) المشطورة الأنبوبية التجارية وبالحزمة. ومبردات المياه المقترنة بنظم معالجة الهواء والتوزيع توفر الراحة بصفة عامة لمكيفات الهواء في المباني التجارية الضخمة. وتسمح مضخات الحرارة لتسخين المياه باستخدام مصادر حرارة مختلفة: الهواء، والماء من الجداول والأنهار ومن الأرض.

ما هي المبردات التي كانت تستخدم في الماضي ؟

- HCFC-22 في مكيفات الهواء للوحدات؛
- HCFC-22 وR-502 في مضخات الحرارة لتسخين المياه؛
- CFC-11 وCFC-12 وHCFC-22 وR-500 في مبردات المياه بالطرد المركزي؛
- HCFC-22 وCFC-12 (بدرجة أقل) في مبردات المياه بالإزاحة الإيجابية.

مكيفات الهواء الثابتة: الأغلبية العظمى من مكيفات الهواء الثابتة (ومضخات تسخين الهواء بالحرارة) تستخدم تكنولوجيا دورة ضغط البخار في المبردات HCFC-22. وتستخدم معظم مكيفات الهواء بتبريد الهواء المصنوعة قبل عام 2000 سوائل عاملة لها.

مبردات المياه: تستخدم المبردات ذات المضاغط اللولبية والترحيلية والتبادلية، بصفة عامة HCFC-22. وقد عرضت بعض المبردات التبادلية الصغيرة (أقل من 100 كيلو واط) بالمركب CFC-12 باعتبارها مبردات. وتصنع المبردات بالطرد المركزي في الولايات المتحدة الأمريكية وآسيا وأوروبا. وقبل عام 1993 كانت هذه المبردات تعرف بالمركبات CFC-11 وCFC-12 وHCFC-22 وR-500 كمبردات.

المضخات الحرارية لتسخين المياه: كانت أكثر المبردات شيوعاً في الماضي للمضخات الحرارية بضغط البخار هي R-502 وHCFC-22.

ما هي الممارسات الحالية ؟

مكيفات الهواء الثابتة: يشير التقدير الأولي إلى أن أكثر من 90% من مكيفات الهواء التي تنتج حالياً والتي تبرد بالهواء (ومضخات الحرارة) على المستوى العالمي لا تزال تستخدم HCFC-22 كمبردات. وينتهي تدريجياً استخدام هذا المبرد في بعض البلدان قبل الموعد المقرر له بموجب بروتوكول مونتريال. وخيارات التبريد المستخدمة بدلاً من HCFC-22 هي نفسها لكل فئات مكيفات الهواء الثابتة: الخليط HFC-134a وHFC ومركبات الهيدروكربون. كذلك ينظر في استخدام ثاني أكسيد الكربون لهذا الغرض. وفي الوقت الراهن تستخدم خلائط HFC في الأغلبية العظمى من الأنظمة غير المستنفدة للأوزون، حيث تستخدم مركبات الهيدروكربون في نسبة قليلة من النظم المنخفضة الشحن.

مبردات المياه: بدأت مبيعات الخلائط HFCs وHFC (وخاصة R-407C وR-410A) تحل محل المبيعات من الوحدات HCFC-22 في المبردات الجديدة للإزاحة الإيجابية. وقد استحدثت المبردات اللولبية الأكبر المبردة بالمياه (مثل التي تزيد عن 350 كيلو واط) ليستخدم فيها المركب HFC-134a بدلاً من HCFC-22. ويستخدم النشادر في بعض المبردات في أوروبا، كما تنتج مبردات صغيرة قليلة تستخدم الهيدروكربون، في كل عام. وقد حلت المركبات HCFC-123 وHFC-134a محل المركبين TFC-11 و CFC-12 في المبردات بالطرد المركزي التي انتجت منذ عام 1993.

المضخات الحرارية لتسخين المياه: لايزال المركب HCFC-22 هو الأكثر استخداماً في البلدان المتقدمة في المبردات، ولكن تستخدم الآن أيضاً بدائل HFC. أما في البلدان النامية فيستخدم المركب HCFC-12 أيضاً إلى مدى محدود. وتشمل بدائل HFCs في نظم تسخين المياه في المنازل والأماكن التجارية الصغيرة مركبات الهيدروكربون وثاني أكسيد الكربون. ولاتزال مركبات الهيدروكربون تستخدم في أوروبا كما يستخدم ثاني أكسيد الكربون في أوروبا وآسيا.

ما هي الاتجاهات الممكنة في المستقبل ؟

تشمل خيارات الحد من انبعاثات غازات الدفيئة في معدات تكييف الهواء والتدفئة في المساكن والمحال التجارية الامتصاص في نظم ضغط البخار HFC / HCFC / CFC التي تطبق في أنحاء العالم وفي جميع المعدات، واستخدام نظم غير HFC / HCFC / CFC. وهذا الخيار الأخير لا يطبق في كل الظروف لاعتبارات اقتصادية واعتبارات تتعلق بالأمان وكفاءة الطاقة.

ويمكن تحقيق الاحتواء عن طريق تحسين التصميم ونظم التركيب والصيانة للحد من التسرب وتقليل كميات الشحن في المبردات إلى أدنى حد ممكن، والاستعادة وإعادة التدوير والإصلاح للمبردات أثناء الخدمة وعند التصرف في المعدات. وللتقليل إلى أدنى حد من الانبعاثات في التركيب والخدمة، والتصرف في المعدات يتعين وجود قوة عاملة مدربة تستخدم معدات خاصة. ويعرض الجدول 11 من الملخص الفني، الانبعاثات الأساسية والانبعاثات في سيناريو التخفيف لعام 2015.

ما هي المبردات البديلة المنخفضة احتمالات الاحترار العالمي ؟

إن المبردات البديلة للمركبات HFCs في المساكن والأماكن التجارية لتكييف الهواء وأجهزة التدفئة يمكن أن تشمل مركبات الهيدروكربون والنشادر والماء وثاني أكسيد الكربون، رهناً بالتطبيق.

مكيفات الهواء الثابتة: ظل استخدام مركبات الهيدروكربون فى منتجات تكييف الهواء التي تعمل بتبريد الهواء والتي تزيد فيها مستويات شحن المبرد عن 1 كيلوغرام، محوراً لتحليل كبير للمخاطر ومعايير الأمان في الأنشطة (مثل المعيار الأوروبي EN 378). وأهم قضية ستواجه الصانعين عند النظر في استعمال المبردات بالهيدروكربون هي تحديد مستوى مقبول من المخاطر وما يصاحبها من مساءلة.

ويقدم ثاني أكسيد الكربون عدداً من الخواص المرغوبة كمبرد: التوافر، وانخفاض السمية، وانخفاض احتمالات الاحترار العالمي المباشر، وقلة التكلفة. فالنظم العاملة بثاني أكسيد الكربون يرجح أن تكون أصغر من النظم التي تستخدم المبردات العامة. وتعوض هذه المزايا بأن استخدام ثاني أكسيد الكربون في تطبيقات تكييف الهواء يتطلب ظروف تشغيل عالية ونتائج كبيرة في كفاءات التشغيل المنخفضة، ومن ثم تسهم في زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير المباشرة عن طريق الزيادة في استهلاك الطاقة. وقد أثبتت الاختبارات الفعلية للنظام في نظم تكييف الهواء غير المثلى معاملات أداء (COP)[21] تصل إلى 2.25 في درجات حرارة الهواء الداخل تصل إلى 32° مئوية مقابل معاملات أداء تصل إلى 0.4 بالنسبة للمعدات النمطية HCFC-22.

مبردات المياه: إن المبردات بالإزاحة الإيجابية التي يستخدم فيها النشادر كمادة تبريد متوافرة بنطاق قدرة يتراوح بين 100 إلى 2000 كيلو واط والقليل منها أكثر من ذلك. وتقتصر المبادئ التوجيهية الموصى بها للممارسة باستخدام نظم النشادر الكبيرة في المباني العامة على الأوضاع التي يقتصر النشادر فيها على غرف الآلات التي يمكن بها لأجهزة التهوية والإنذار وأجهزة الغسل أن تعزز الأمان. وهناك مبادئ توجيهية متوافرة لسلامة تصميم وتطبيق أجهزة النشادر. والوحدات الحديثة والمدمجة داخل المصنع تحتوي على نشادر بكفاءة أكبر مما في معامل النشادر القديمة.

ولمبردات الهيدروكربون تاريخ طويل في الاستعمال في المبردات الصناعية في معامل البتروكيميائيات. ولم تكن تستخدم قبل عام 1997 في تطبيقات مبردات تكييف الهواء المريحة بسبب تحفظات على سلامة النظم. وأصبح الصانعون الأوروبيون يعرضون الآن طائفة من مبردات الهيدروكربون الإيجابية بالإزاحة وتصل مبيعات الوحدات من مبردات الهيدروكربون إلى نحو 100 إلى 150 وحدة سنوياً، وهي أساساً في أوروبا الشمالية. وهذا عدد صغير إذا قورن بقاعدة تركيب أكثر من 000 77 مبرد HCFC وHFC في أوروبا. وتشمل تدابير الأمان النمطية سلامة وضع و/أو إحكام الغاز في المبرد، وتطبيق تصميم نظم الشحن المنخفض، ونظم التهوية المضمونة الأمان من الأعطال، ونظم كشف الغاز المنشطة للإنذار. والكفاءة هنا معادلة للكفاءة في منتجات HCFC-22. وتكلفة مبردات الهيدروكربون أعلى من تكلفة معادلاتها من مبردات HCFC أوHFC.

ويجري حالياً التحقق من ثاني أكسيد الكربون في طائفة كبيرة من التطبيقات المحتملة. ومع هذا فثاني أكسيد الكربون لايتوافق مع كفاءات دورة الطاقة في مبردات الفلوروكربون بالنسبة للتطبيقات في تبريد المياه النمطي، وعلى هذا فلا توجد ثمة حوافز بيئية لاستخدام ثاني أكسيد الكربون في المبردات بدلاً من HFCs. وليس هناك استخدام تجاري لثاني أكسيد الكربون في المبردات حتى الآن.

والماء هو البديل الجذاب لأنه غير سمي وغير قابل للاشتعال. ومع هذا فهو مبرد بضغط منخفض للغاية. والضغوط المنخفضة ومعدلات التدفق الحجمي العالية جداً اللازمة في نظم ضغط البخار المائية تتطلب

[21] مكافئ الأداء COP هو قياس كفاءة الطاقة في أي نظام للتبريد.

بالضرورة تصميمات مضاغط غير شائعة في ميدان تكييف الهواء. والتطبيقات القليلة الموجودة بالفعل تستخدم الماء كمبرد لتبريد المياه أو لإنتاج عوالق ثلجية بالتبخير المباشر من حوض الماء. وهذه النظم تفرض حالياً قسط تكلفة يزيد بمقدار 50 عن النظم التقليدية. والتكاليف العالية تصاحب وتقترن بالحجم الفيزيائي الكبير للمبردات ببخار الماء وبتعقيدات تكنولوجيا مضاغطها.

المضخات الحرارية لتسخين المياه: يستخدم بعض الصانعين الأوروبيين البروبين (H-290) أو البروبيلين (HC-1270) كمبردات في المضخات الحرارية لتسخين المياه منخفضة الشحن جداً في المساكن والمحال التجارية. وتوجد دائرة الهيدروكربون بشكل نمطي خارج الأماكن أو في أي مساحة جيدة التهوية داخل الأماكن وتستخدم الهواء الجوي أو مصادر المياه الجوفية أو الأرضية.

وفي تطبيقات تسخين المياه، يعطي البروبين كفاءة الطاقة نفسها الموجودة في HCFC-22 أو أعلى منها قليلاً. وعند تصميم نظم ضخ حرارية جديدة بالبروبين أو مبردات أخرى قابلة للاشتعال، لابد من اتخاذ احتياطيات أمان كافية لضمان سلامة التشغيل والصيانة. وهناك عدة معايير تنظم استخدام مركبات الهيدروكربون في المضخات الحرارية، أو هي بسبيل الاستحداث في أوروبا وأستراليا ونيوزيلندا. ومن أمثلة المعايير قيد الإعداد تحديث المعايير الأوروبية EN 378.

وتظهر دورة ثاني أكسيد الكربون المتعددة الحرج انزلاقاً كبيراً في درجات الحرارة إلى جانب درجة الحرارة العالية. وهذا الانزلاق يمكن أن يكون مفيداً في التبادل الحراري للتدفق المقابل. وتستطيع المضخات الحرارية التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون مبرداً توليد درجات الحرارة للماء حتى 90° مئوية وقد تم تطويرها في اليابان للاستعمال المنزلي. وقدرة التسخين النمطية هي 4.5 كيلو واط.

ويستخدم النشادر في المضخات الحرارية المتوسطة الحجم وذات القدرة الكبيرة، أساساً في سكاندينافيا وألمانيا وسويسرا وهولندا. وتماثل متطلبات أمان النظام في مضخات النشادر الحرارية مثيلتها في المبردات بالنشادر.

ما هي التكنولوجيات البديلة المغايرة ؟

لقد جرت دراسة لعدد من التكنولوجيات الأخرى غير التقليدية بالنسبة إلى الحد من استهلاك المركبات HFCs وانبعاثاتها. وهذه تشمل النظم المجففة، ونظم دورة ستيرلنغ، والكهربائيات الحرارية، والسمعيات الحرارية والتبريد المغنطيسي. وباستثناء دورة ستيرلنغ والمجففات تعاني هذه جميعها من جزاءات كبيرة على الكفاءة تجعل الآثار غير المباشرة اللاحقة تفوق أي فائدة من التخفيض المباشر للانبعاثات. أما دائرة ستيرلنغ فرغم تلقيها اهتمام الباحثين ظلت قاصرة على تطبيقات البيئة الملائمة و لم تأخذ أبداً الطابع التجاري لتكييف الهواء. وفي تطبيقات الحمولة الكامنة العالية تستخدم نظم تجفيف لتكملة الأداء الكامن لأجهزة تكييف الهواء الميكانيكية التقليدية.

ما هي الاحتمالات الكلية للتخفيض ؟

من الممكن تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة من أجهزة تكييف الهواء المنزلية والتجارية وأجهزة التدفئة بما يقارب 200 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة بالنسبة إلى سيناريو العمل المعتاد (2015). وتتراوح التكاليف النوعية من –3 إلى 170 دولاراً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. وبوسع تحسين كفاءات نظام الطاقة أن يقلل كثيراً من انبعاثات غازات الدفيئة غير المباشرة، بما يفضي في بعض الحالات إلى وفورات كلية للحد من انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة (أي في المبردات) فيما يلي :(1) زيادة كفاءة استعادة المبرد في نهاية عمره (في سيناريو التخفيف، بافتراض أن يكون 50% و80% بالنسبة للبلدان النامية والبلدان المتقدمة، على التوالي؛ (2) تخفيض الشحن (حتى 20%) ؛ (3) تحسين الاحتواء؛ (4) استخدام المبردات غير الفلوروكربون في التطبيقات المناسبة.

4.3 ما أهم النتائج بالنسبة لتكييف الهواء المتنقل ؟

ما هي الاتجاهات في الماضي والحاضر في مجال تكييف الهواء المتنقل ؟

ظلت أجهزة تكييف الهواء المتنقل تنتج بشكل كبير في الولايات المتحدة الأمريكية منذ أوائل الستينات وفي اليابان منذ السبعينات. والزيادة الكبيرة في أعداد السيارات المكيفة الهواء في أوروبا وكذلك فى البلدان النامية بدأت مؤخراً، حوالي عام 1995.

وكما يتضح من الجدول 16 من الملخص الفني فإن الأسطول العالمي CFC-12 قد تناقص من نحو 212 مليون سيارة في عام 1990 إلى 119 مليون سيارة في عام 2003، بينما زاد الأسطول HFC-134a من أقل قليلاً من مليون في عام 1992 إلى 338 مليون في عام 2003.

وعلي أساس سيناريو العمل المعتاد (BAU)، بما في ذلك ارتفاع النمو الاقتصادي في البلدان السريعة النمو، فإن الجدول 11 من الملخص الفني يبين زيادة متوقعة في أسطول تكييف الهواء تصل إلى قرابة 965 مليون سيارة مكيفة الهواء بحلول عام 2015.

ما هي الانبعاثات الراهنة والاسقاطات ؟

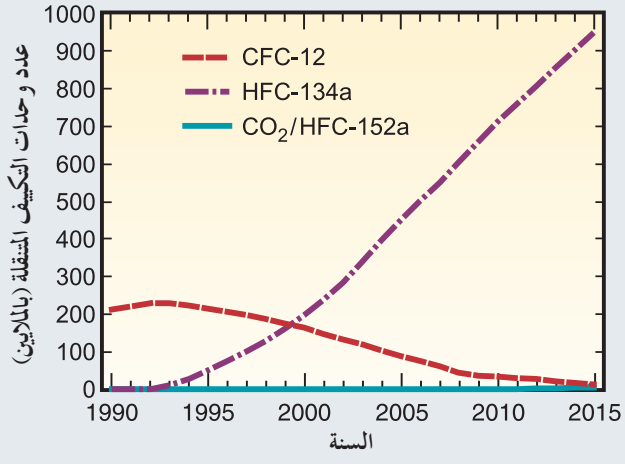
تصل الانبعاثات من السيارات التي تواصل استخدام أجهزة تكييف الهواء المتنقلة بالمركب CFC-12 إلى نحو 531 غراماً في السنة لكل سيارة حين يشمل ذلك جميع أنواع الانبعاثات (الانبعاثات الهاربة تمثل 220 غراماً في السنة لكل سيارة). وتتم الاستعادة وإعادة التدوير بالنسبة للمركب CFC-12 في نهاية عمر السيارات في بعض البلدان ولكن سيظل المركب CFC-12 يطلق في نهاية المطاف إلى الغلاف الجوي بعد تلك الممارسات ما لم يتم إتلافه. والانبعاثات السنوية من الأسطول العالمي للسيارات المكيفة الهواء على أساس CFC-12 تصل إلى نحو 514 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة (تمثل الانبعاثات الهاربة 213 ميغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة). وتوحي الإسقاطات بأن

الجدول 16 من الملخص الفني– تطور أسطول مكيفات الهواء واختيار المبردات من عام 1990 إلى عام 2003

السنة	أسطول السيارات مكيفة الهواء (بالملايين)	
	CFC-12	HFC-134a
1990	212	-
1991	220	-
1992	229	0.7
1993	229	10
1994	222	27
1995	215	49
1996	206	74
1997	197	100
1998	186	128
1999	175	161
2000	163	198
2001	149	238
2002	134	285
2003	119	338

تأثير القطاع الفرعي لتكييف الهواء المتنقل على التأثير الإشعاعي للنظام المناخي ستهيمن عليه انبعاثات CFC-12 من الآن وحتى عام 2006 على أقرب تقدير.

والانبعاثات المباشرة من الأسطول العالمي لأجهزة تكييف الهواء المتنقلة على أساس HFC-134a تقدر بنحو 220 غراماً سنوياً لكل سيارة بما في ذلك الانبعاثات الهاربة التي تمثل 130 غراماً سنوياً لكل سيارة، أو إذا وضعت كمكافئ ثاني أكسيد الكربون، تصل إلى نحو 96 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً بما في ذلك الانبعاثات الهاربة التي تمثل 56 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً. ومجموعات "اصنعها بنفسك Do-it-yourself" الحالية لإعادة شحن مكيفات الهواء التي تستخدم علب الزيوت التي تستعمل لمرة واحدة تؤدي إلى ما لا يقل عن مثلي الزيادة في الانبعاثات إلى الغلاف الجوي مقارنة بالخدمة المهنية التي تستخدم مكونات لتسليم الزيوت بمزيد من الكفاءة.



الشكل 11 من الملخص الفني– تطور أسطول أجهزة التكييف المتنقلة من عام 1990 إلى عام 2015 في سيناريو العمل كالمعتاد (BAU).

ويشدد الجدول 11 من الملخص على سرعة التغيير في اختيار المبردات، التي نشأت عن تنفيذ بروتوكول مونتريال.

ما هي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير المباشرة المتصلة بالطاقة والمتعلقة بتشغيل أجهزة التكييف المتنقلة؟

يؤدي تشغيل أجهزة تكييف الهواء المتنقلة على النطاق العالمي إلى تأثير كبير غير مباشر عن طريق تزايد استخدام الوقود وما يتصل به من انبعاثات لثاني أكسيد الكربون. ولا تبين اختبارات ومعايير استهلاك الوقود الراهنة في قطاع السيارات القيمة الصريحة لهذا التأثير، الذي يتباين حسب المنطقة المناخية. ويقدر رهناً بالأحوال المناخية أن أجهزة تكييف الهواء المتنقلة تمثل زيادة في استهلاك الوقود 2.5 إلى 7.5% ، أي نحو 126 كيلوغراماً (طوكيو) إلى 369 كيلوغراماً (فوينكس)من ثاني أكسيد الكربون في السنة للسيارة. ومع تقدير أن العدد الكلي للسيارات المكيفة الهواء سيكون 457 مليون سيارة (في عام 2003) فإن الأثر المباشر يقابل معدلاً يصل إلى 114 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً (عند أخذ متوسط الأسطول العالمي وافتراض متوسط للقيمة 250 كيلوغرام من ثاني أكسيد الكربون سنوياً لكل سيارة) بالنسبة إلى 750 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً من الانبعاثات المباشرة.

ما هي الاتجاهات الممكنة في المستقبل بالنسبة لأجهزة تكييف الهواء المتنقلة؟

الخيارات التالية موجودة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة1: (1) تعزيز الأجهزة HFC-134a الراهنة؛ (2) الانتقال إلى المبردات الأقل احتمالاً للاحترار العالمي، إما HFC-152a وإما ثاني أكسيد الكربون. أما مركبات الهيدروكربون، حتى وإن كانت من المبردات المنخفضة الاحتمالات للاحترار العالمي وذات كفاءة عند استخدامها على الوجه الصحيح فهي لاتعتبر خيارات مناسبة بالنسبة لصانعي السيارات وموردها نظراً إلى الشواغل المتعلقة بالأمان.

وقد بدأ استحداث أجهزة HFC-134a "محسنة" تدريجياً في السوق بتكلفة إضافية تتراوح بين 24 و36 دولاراً للجهاز. وهذه الأجهزة تستخدم خراطيم أكثر إحكاماً ومضاغط وصمامات خدمة أكثر إحكاماً، وكلها تقلل التسرب. وتوحي الدراسات الأخيرة بأن تحسين الأجهزة HFC-134a وتحسين الخدمة يمكن أن يجعلا الانبعاثات في حدود 70 غراماً سنوياً للسيارة، أي ما يمثل حوالى 60% منها في الأجهزة HFC-134a الحالية. ومن الممكن بالتحسينات في ممارسات الاستعادة والتدريب على الخدمة أن يزيد الحد من الانبعاثات. وتتعلق الوفورات الكبيرة في الطاقة باستخدام مضاغط متغيرة الحجم مع رقابة خارجية، وهو ما يستحدث تدريجياً في السوق. وتتعلق الوفورات الإضافية بتصميم أجهزة تكييف الهواء المتنقلة التي تراعي القيود على كفاءة الطاقة.

الجدول 17 من الملخص الفني– مقارنة خيارات أجهزة تكييف الهواء المتنقلة

	HFC-134a (مرجعية)	تحسين HFC-134a	CFC-12 (تطوير النوع القديم)	ثاني أكسيد الكربون (قيد التطوير)	HFC-152a (الأجهزة المباشرة قيد التطوير)
خصائص المواد					
الكفاءة الإشعاعية (W m-2 ppb-1)	0.16	0.16	0.32	انظر الفصل 2	0.09
العمر في الغلاف الجوي (بالسنوات)	14	14	100	انظر الفصل 2	1.4
احتمالات الاحترار العالمي المباشر (الأفق الزمني 100 سنة)					
– هذا التقرير	1410	1410	10.720	1	122
– اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ [أ]	1300	1300	8100	1	140
البيانات الفنية					
مرحلة التطور	تجاري	قريب من التجاري	تجاري	إثبات	إثبات
عمر الجهاز	12–16	12–16	12–16	12–16	12-16
طاقة التبريد (كيلو واط)	6	5	6	6	6
الشحن (كيلوغرام لكل جهاز)					
– المدى	0.7–0.9	0.6–0.75	1–1.2	05–0.7	0.45–0.55
– الأرقام النسبية	100%	80%	125%	70%	70%
عدد الشحنات طول عمر الجهاز	2–3	1–2	4	2–4	1-2
معامل الأداء (COP)	0.9–1.6	1.2–2.5	0.9–1.2	0.9–2.0	1.2-2.0
استهلاك الطاقة (الأرقام النسبية)	100	80	130	70	70
الانبعاثات لكل وحدة وظيفية					
الانبعاثات المباشرة					
- بالنسبة المئوية من الشحن سنوياً	15	7	20	15	7
- بالكيلوغرامات مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة	166	64	1782	0.09	4.9
(الأرقام النسبية)	100%	40%	1043%	0.05%	2.9%
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير المباشرة (بالكيلوغرام من ثاني أكسيد الكربون في السنة)					
- أشبيله	184	147	239	129	129
- طوكيو	126	101	163	88	88
- فونيكس	369	295	480	258	258
الانبعاثات في نهاية العمر					
كفاءة الاسترجاع	0	50	0	0	50
المكافئ TEWI (كيلوغرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون على مدى 14 عاماً)					
- أشبيله	4900	2954	28.294	1807	1875
- طوكيو	4088	2310	27.230	1233	1301
- فونيكس	7490	5026	31.668	3613	3681
(دون استرداد) [ب]					
التكاليف لكل وحدة وظيفية					
التكاليف الاستثمارية (بالدولارات الأمريكية)	215	24–36	n.a	48–180	

ملاحظات:

[أ] قيم احتمالات الاحترار العالمي المستخدمة في الحسابات هي احتمالات الاحترار العالمي الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ.

[ب] بالنظر إلى أوجه عدم اليقين الكبيرة في فعالية الاسترداد فإن حسابات المكافئ TEWI لم تأخذ الاسترداد في الحسبان وهكذا فإن متوسط الانبعاثات المباشرة في السنة بالنسبة إلى "الأجهزة المحسنة HFC-134a" هي 100 غرام في السنة.

وهناك عدة دراسات حديثة توحي بأن التحسينات في كفاءة الطاقة، عن طريق التدابير من قبيل ضوابط التشغيل وعدم التشغيل بدلاً من التشغيل المستمر العادي، وعزل الأبواب والأسقف وما إلى ذلك.بما يمكن من تخفيض هذه الانبعاثات بنسبة تقرب من 30-40% وهو مايمثل 30-40 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً.

وقد ثبت نجاح أجهزة التكييف المتنقلة التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون في سيارات الركاب والحافلات التجارية. وتقل احتمالات الاحترار العالمي في ثاني أكسيد الكربون.بمعدل 1300 ضعف عن HFC-134a، وبما يحد من التأثيرات المباشرة في كل شحنة. ومع ذلك فالأجهزة التي تعمل بثاني أكسيد الكربون تعمل في ضغوط أعلى.بمقدار ثمانية أضعافها في الأجهزة CFC-12 وHFC-134a (وصرف الضغوط في حدود MPa)، ولما كانت معدلات تدفق التسرب تتعلق.بمربع الضغط فإن الأجهزة العاملة بثاني أكسيد الكربون تعني زيادة كبيرة في صعوبة الاحتواء. وقد أثبتت الأجهزة العاملة بثاني أكسيد الكربون حتى الآن كفاءة في الطاقة تقارن أو تفضل الأجهزة HFC-134a المحسنة في المناخات الأبرد المحيطة، ولكن الأرجح أن تكون الكفاءة في المناخات الأدفأ. غير أنه، كما سبقت الإشارة في الجدول 17 من الملخص الفني فبسبب التأثير المباشر قليل الأهمية يصبح المكافئ الكلي لتأثير الاحترار في الأجهزة التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون أفضل كثيراً منه في الأجهزة HFC-134a المحسنة. وتشمل الحواجز أمام إضفاء الصفة التجارية تقرير التكاليف الإضافية وقضايا الأمان المتصلة بإطلاق ثاني أكسيد الكربون داخل قمرة الركاب وقضايا الصيانة فضلاً عن التكاليف في نظام الخدمة.

كذلك ثبت نجاح الأجهزة HFC-152a في أجهزة تكييف الهواء المتنقلة. فبينما تستطيع الأجهزة HFC-152a استخدام مكونات الأجهزة HFC-134a نفسها، فإن الأولى تتطلب جهاز أمان إضافياً لأن المركب HFC-152a مادة قابلة للاشتعال بينما HFC-134a غير قابل للاشتعال. والانبعاثات المباشرة (في مكافئات ثاني أكسيد الكربون) تكون منخفضة للغاية (مخفضة بنسبة 92% المشار إليها على أنها خط الأساس). HFC-134a وقد أثبتت الأجهزة HFC-152a إلى الآن كفاءة في الطاقة تقارن أو تفضل الأجهزة HFC-134a المحسنة، لكن الكسب في الطاقة يمكن أن يضيع إذا استخدم نظام ثانوي سوقي مطلوب لاعتبارات الأمان. ومع هذا فتأثيرها المناخي الكلي معبر عنه بالمكافئ الكلي لتأثير الاحترار (TEWI) يظل أدنى كثيراً منه في الأجهزة HFC-134a

وبنفس ترتيب حجم الأجهزة التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون. والحواجز الرئيسية أمام إضفاء الطابع التجاري في الوقت الحالي هى تقرير مخاطر القابلية للاشتعال وضمان التوافر التجاري للأجهزة HFC-152a على الصعيد العالمي.

ويعرض الجدول 17 من الملخص الفني مقارنة لأجهزة التكييف الأولية المتنقلة المستخدمة حالياً، أو التي هى قيد التطوير أو المؤكدة. وبالنسبة لكل خيار فإن القضايا المتعلقة بالتكلفة مبينة إلى جانب النقاط التي تحتاج إلى نظر لتقييم الآثار على التأثير الإشعاعي للنظام المناخي، بما في ذلك الآثار غير المباشرة. وجدير بالتأكيد أن خيار انتقاء أى خيار فني في سنة ما لن تكون له إلا آثار محدودة في السنوات الأولى من تطبيقه بالنظر إلى جميع المبررات الموجودة بالمصارف- والتي تبعثها- الأساطيل الحالية.

4.4 ما أهم النتائج بالنسبة للرغاوى؟

ما أهم التطبيقات التي تستخدم فيها الرغاوى حالياً وما سبب ذلك؟

لقد ظلت البلمرات المرغاة (أو الخلوية) تستخدم تاريخياً في مختلف التطبيقات التي تستغل إمكانية إيجاد تراكيب مرنة أو صلبة. ويستمر استخدام الرغاوى المرنة بفعالية في تبطين الأثاث، والتغليف ورغاوى إدارة الآثار (الأمان). وتستخدم الرغاوى الصلبة أساساً للعزل الحراري مثل ما يلزم للأجهزة والنقل في المباني. وعلاوة على هذا تستخدم الرغاوى الصلبة لإيجاد الأمان الهيكلية والطفو.

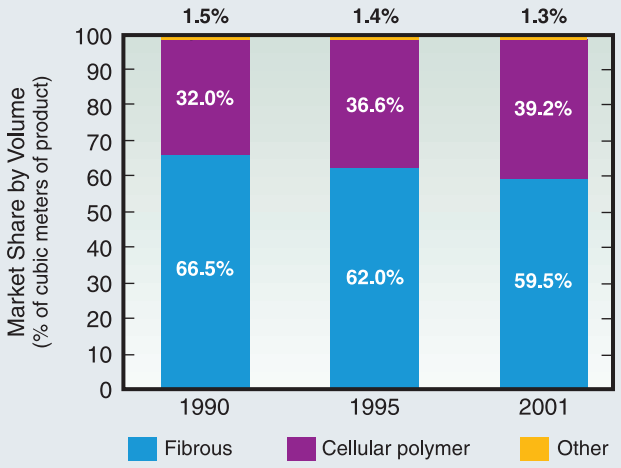
وبالنسبة لتطبيقات العزل الحراري (وهو الأغلب في استخدام الرغاوى الصلبة) فإن بدائل الأنسجة المعدنية (مثل الأنسجة الزجاجية والصوف المعدني) كانت وتظل هى البدائل الرئيسية غير النوعية، ويوضح الجدول 18 من الملخص الفني الفوائد الرئيسية وأوجه القصور في الأسلوبين.

وتتفاوت آثار هذه المزايا وأوجه القصور النسبية تفاوتاً كبيراً بين المنتجات داخل الفئة الواحدة وبين التطبيقات المختلفة. وهذا يجعل التوصل إلى نتيجة عامة حول الأفضليات أمراً مستحيلاً. فسوق العزل الحراري الحالية تدعم تشكيلة من الحلول (15 نوعاً رئيسياً من المنتجات على الأقل)، وهذا يعكس مدى المتطلبات للتطبيقات المخدومة. وللأسف فالبيانات

الجدول 18 من الملخص الفني– المزايا وأوجه القصور في استخدام الألياف المعدنية والبوليميرات الخلوية في تطبيقات العزل الحراري

	الألياف المعدنية	البوليميرات الخلوية
المزايا	• التكلفة الأولية • التوافر • ارتفاع درجة الحرارة القصوى • أداء الحرائق	• الخواص الحرارية على أساس عوامل النفخ • مقاومة الرطوبة • السلامة الهيكلية • خفة الوزن
أوجه القصور	• الخواص الحرارية القائمة على الهواء • مقاومة الرطوبة [أ] • انخفاض السلامة الهيكلية	• أداء الحرائق (العضوية) • درجات الحرارة القصوى المحدودة • التكلفة الأولية في بعض الحالات

ملاحظة:
[أ] الأثر المحتمل على الأداء الحراري للأجل الطويل



الشكل 12 من الملخص الفني– تغير حجم العزل حسب نوع المنتج (2001-1990) في أوروبا.

المتوافرة عن سوق العزل الحراري محدودة على الصعيدين العالمي والإقليمي. ومن بين تعقيدات تحديث السوق العالمية الفرق في ممارسات البناء في أنحاء العالم بحيث تفي غالباً بالتوافر المادي والأحوال المناخية.

ولمجرد ضرب مثال فإن التحليل المنهجي والدوري لسوق العزل الحراري الأوروبية يسر التعرف على الاتجاهات خلال الفترة من عام 1990 إلى عام 2001 (الشكل 12 من الملخص الفني). ويبين هذا التحليل تزايد الاعتماد على المنتجات الرغوية في تطبيقات العزل الحراري الذي كان جزئياً بدافع زيادة استخدام الألواح ذات الأوجه المعدنية في أوروبا وهذا بدوره يعتمد بشكل متزايد على القلوب الرغوية ومع هذا فمواءمة تصميمات الحريق في أوروبا على مدى السنوات الخمس المقبلة قد تتسبب في الحفاظ على هذا الاتجاه بل وعلى عكس اتجاهه. ومن هنا تأتي تقلبية هذه الأسواق وأهمية الحفاظ على نطاقات لأنواع المنتجات.

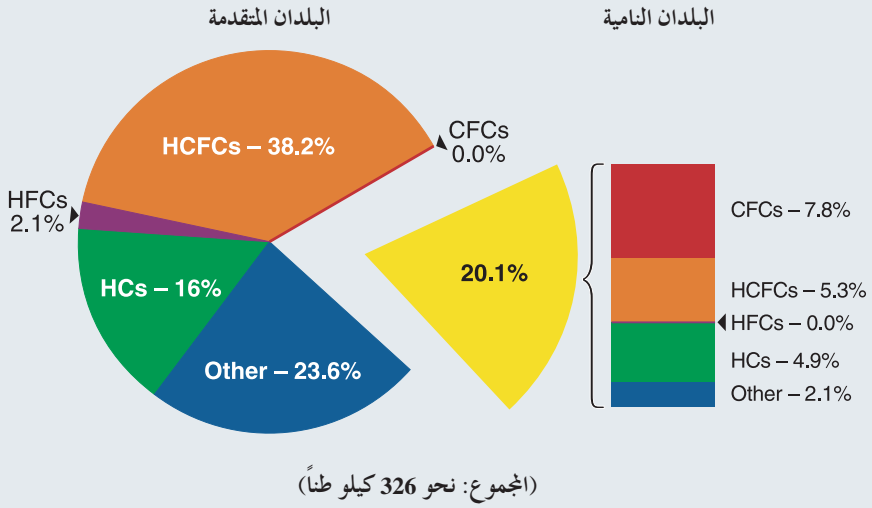
ومن المهم لدى استعراض الخيارات غير النوعية الإقرار باستمرار التطور. ويبدو مرجحاً على سبيل المثال أن استخدام ألواح العزل المفرغة (القوالب الرغوية المفرغة والمحكمة) في الثلاجات والمجمدات المنزلية سوف يتزايد. والواقع أن معظم الوحدات اليابانية تحتوي بالفعل على لوح على الأقل من هذا النوع في أوضاع التصميم الاستراتيجي. وتشمل الفرص الأخرى الرقائق العاكسة المتعددة الطبقات لكن الكفاءة الحرارية لهذه الرقائق لاتزال حتى الآن أبعد ما تكون عن الإثبات.

والعلاقة بين المنتجات الرغوية وعمليات إعدادها للتصنيع والاستعمال عملية معقدة. ويلخص الجدول 19 من الملخص الفني العلاقات الترابطية الأساسية بين أنواع المنتجات العامة واستعمالاتها في الرغاوى العازلة وغير العازلة، في حين يتناول الفصل الرئيسي التغطية الإضافية للعمليات من أجل التصنيع.

الجدول 19 من الملخص الفني– الترابطات الأساسية بين أنواع المنتجات النوعية وتطبيقات الرغاوى غير العازلة والعازلة.

نوع الرغاوى (العازلة)	مجال التطبيق							
	خدمات المباني والبناء				التبريد والنقل			
	المخازن المبردة	عزل الأنابيب	عزل الأرضيات	عزل الأسقف	عزل الجدران	العربات المبردة والنقل	الأجهزة الأخرى	الأجهزة المنزلية
البوليريثان	√	√	√	√	√	√	√	√
البوليسترين المنبط	√	√	√	√	√	√		
الفينول	√	√		√	√			
البولي إيثيلين	√	√	√					

نوع الرغاوى (غير العازلة)	مجال التطبيق					
	قابلية الطفو	التغليف	الراحة		النقل	
	البحر والملاهي	الأغذية وغيرها	الأثاث	الأسرة	السلامة	المقاعد
البوليريثان	√	√	√	√	√	√
البوليسترين المنبط	√	√				
البولي إيثيلين	√	√				

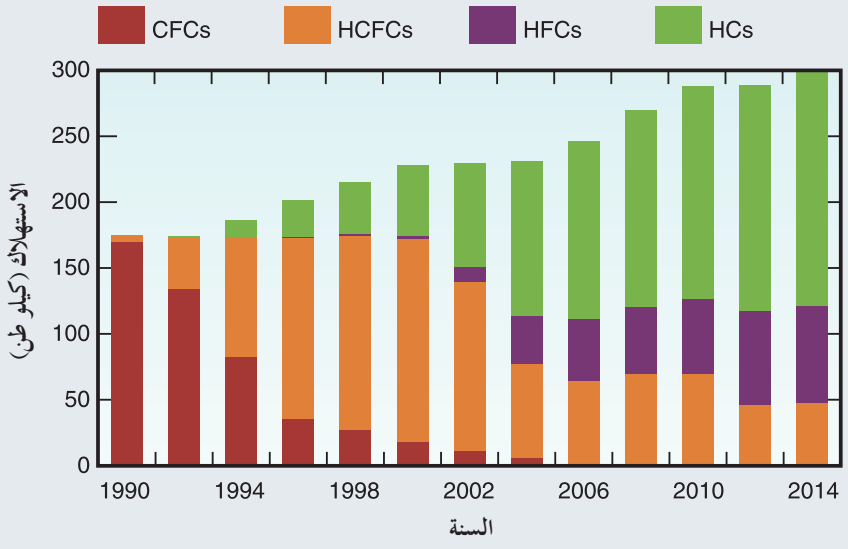


الشكل 13 من الملخص الفني– تفصيل استخدام عوامل النفخ حسب النوع ونوع البلد (2001).

ماهي عوامل النفخ المستعملة تاريخياً وماهي الاتجاهات بالنسبة للمستقبل؟

عند نقطة اكتشاف ثقب الأوزون في مطلع الثمانينات، كانت كل التطبيقات وأنماط المنتجات تقريباً تستخدم المركبات CFCs إما كعامل نفخ أولي (الرغاوى الصلبة) وإما كعوامل نفخ مساعدة (الرغاوى المرنة). وكانت جملة استهلاك المركبات CFCs في قطاع الرغاوى في عام 1986 تقارب 250 كيلو طناً (165 كيلوطناً من الرغاوى الصلبة؛ و85 كيلو طناً من الرغاوى المرنة). وزاد استعمال عامل النفخ في جملته بنسبة 30% أخرى خلال الـ 15 عاماً التالية، رغم تحسن كفاءات النفخ وانخفاض الخسائر. غير أنه تم في غضون ذلك تقييم واعتماد تشكيلة متنوعة من عوامل النفخ البديلة. وقد شملت المركبات HCFCs (باعتبارها مواداً انتقالية) ومركبات الهيدروكربون والمركبات HFCs وكلوريد الميثيلين (للرغاوى المرنة) وشتى أشكال ثاني أكسيد الكربون. ويلخص الشكل 13 من الملخص الفني الحالة في عام 2001.

ويبين الشكل 14 من الملخص الفني الزيادة المتوقعة في استهلاك عوامل النفخ في قطاع الرغاوى الصلبة في الفترة حتى عام 2015.



الشكل 14 من الملخص الفني– النمو المتوقع في استهلاك عوامل النفخ في الرغاوى الصلبة – بعد عام 2000.

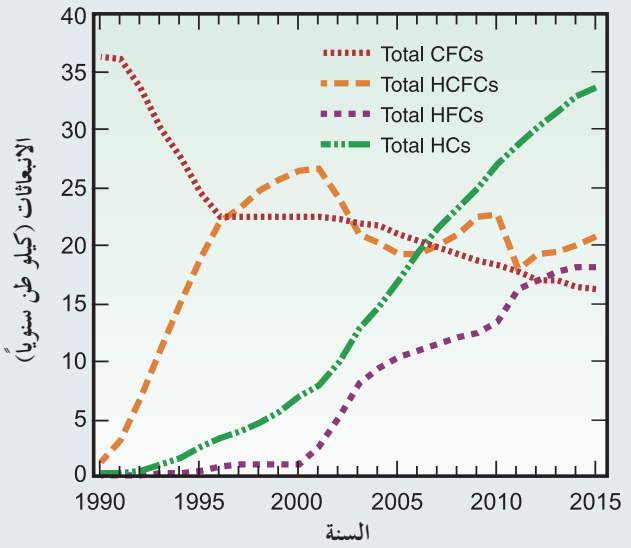
ما هي آثار أنماط الاستخدام في الماضي والحاضر والمستقبل ؟

تؤثر أنماط الاستخدام في الماضي والحاضر والمستقبل على الانبعاثات وعلى تراكم عوامل النفخ في الركامات. ويبين الشكل 15 من الملخص الفني الانبعاثات المتوقعة فيما بين عامي 1990 و2015 على أساس الاستخدام التاريخي والمستقبلي لعوامل النفخ في الرغاوى . ويبين الخط البياني الانبعاثات السنوية المتوقعة لكل أنواع عوامل النفخ حتى عام 2015. ويقدر الجدول 20 من الملخص الفني التطورات المتوقعة للركامات حسب المناطق ومجال التطبيق. واضح أن الكثير من الانبعاثات من الرغاوى المستخدمة في المباني لابد وأن يحدث.

ما الدافع وراء اختيار عوامل النفخ ؟

الموصلية الحرارية

تتيح القدرة على الاحتفاظ بعوامل النفخ في الرغاوى فرصاً لتحسين كفاءة العزل الحراري بالنسبة إلى المنتجات المملوءة بالهواء. ومع ذلك لا يمكن تحقيق هذه الفوائد إلا عندما تكون الموصليات الحرارية لعوامل النفخ المحفوظة أقل منها في الهواء. وهذا هو الحال بالنسبة لجميع عوامل النفخ



الشكل 15 من الملخص الفني– الانبعاثات السنوية من عوامل النفخ على المستوى العالمي حسب المجموعة (1990-2015).

الجدول 20 من الملخص الفني– جملة المصارف العالمية المتراكمة من أنواع عوامل نفخ حسب المجموعة (1990-2015)

مجال التطبيق	عامل النفخ	1990 (بالأطنان)		2000 (بالأطنان)		2015 (بالأطنان)	
		الدول المتقدمة	الدول النامية	الدول المتقدمة	الدول النامية	الدول المتقدمة	الدول النامية
الأجهزة والنقل	*CFC*	378,000	108,000	238,000	222,000	450	15,500
	HCFC	0	0	177,000	32,100	75,700	265,000
	HFC	0	0	1150	0	154,000	0
	HC	0	0	87,100	31,600	354,000	329,000
	جميع العوامل	378,000 (24.6 %)	108,000 (53.7 %)	503,250 (20.1 %)	285,700 (58.1 %)	584,150 (17.2 %)	609,500 (58.5 %)
البوليوريثان الألواح المجموع الفرعي	*CFC*	233,000	34,300	283,000	70,500	262,000	75,100
	HCFC	0	0	96,000	3700	142,000	94,800
	HFC	0	0	2150	0	135,000	0
	HC	0	0	43,800	250	238,000	0
	جميع العوامل	233,000 (15.1 %)	34,300 (17.1 %)	424,950 (16.9 %)	74,450 (15.1 %)	777,000 (22.9 %)	169,900 (16.3 %)
المباني وغيرها المجموع الفرعي	*CFC*	921,000	58,800	964,000	127,300	769,000	106,000
	HCFC	5200	0	568,000	4650	683,000	156,000
	HFC	0	0	200	0	269,000	150
	HC	1150	0	47,500	50	311,000	0
	جميع العوامل	927,350 (60.3 %)	58,800 (29.2 %)	1,579,700 (63.0 %)	132,000 (26.8 %)	2,032,000 (59.9 %)	262,150 (25.2 %)
المجموع	*CFC*	1,532,000	201,100	1,485,000	419,800	1,031,450	196,600
	HCFC	5200	0	841,000	40,450	900,700	515,800
	HFC	0	0	3500	0	558,000	150
	HC	1,150	0	178,400	31,900	903,000	329,000
	جميع العوامل	1,538,350	201,100	2,507,900	492,150	3,393,150	1,041,550

الموضحة في الشكل 15 من الملخص الفني. ومع هذا فالأداء النسبي لمختلف أنواع عوامل النفخ يتباين بالفعل بتباين درجات الحرارة. وعلى سبيل المثال فالمزايا المقررة للمركبات HFCs على مركبات الهيدروكربون تكون أكبر في المبردات (متوسط درجة الحرارة هو 5م)، منها في سخانات المياه (متوسط درجة الحرارة هو 40م). وعلاوة على هذا فحجم وشكل الخلايا يؤثر أيضاً على الأداء الكلي للرغاوى ولذا لا تكون مقارنات المنتجات دائماً صحيحة.

القابلية للاشتعال (المنتجات والعمليات)

إن القابلية الكلية للاشتعال في المنتجات الرغوية تتأثر باختيار الصفيفة البوليمترية ومادة الواجهة كما تتأثر باختيار عامل النفخ. غير أن الحالة في الغالب هي أن إسهام عامل النفخ يمكن أن ينقل تصنيف المنتج أو يغير سلوك شركات التأمين إزاء الخطر المحتمل. وفضلاً عن هذا يمكن أن يوجد تداول بعض عوامل النفخ القابلة للاشتعال تحديات أساسية في بعض عمليات الرغاوى. وهذا هو الأمر بالذات بالنسبة للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم (SMEs)، حيث لايوجد بها وفورات الحجم الكبير وتهيمن عليها عمليات توقف الأعمال. وفي حالة عوامل النفخ القابلة للاشتعال فإن معيار الاستثمار يتفاوت كثيراً رهناً بما إذا كان الاستثمار يتعلق بإنشاء مصنع جديد أو تعديل مصنع قائم. ففي الحالة الأخيرة يمكن أن تكون التكاليف مانعة في أغلب الأحيان إذا كان المصنع قديماً أو إذا كان مملوكاً لمؤسسة صغيرة أو متوسطة الحجم. وقد تكون قضايا مسؤولية صاحب العمل سبباً للقلق في بعض الأقاليم التي بها تراث قضائي قوي.

ما الذي تم بالفعل لتقليل الاستخدام إلى أدنى حدوده ؟

عند أخذ الجوانب الثلاثة المبينة أعلاه في الاعتبار تظهر مركبات HFCs باعتبارها الخيار المفضل في عدة قطاعات رئيسية، وإن كان التقدم المحرز في استنباط تكنولوجيات بديلة قد كفل تقييد الاستهلاك. ومن أمثلة هذا التوسع في استخدام تكنولوجيات الهيدروكربون. غير أنه حتى في الحالات التي اعتمد فيها استخدام مركبات HFCs فإن هناك نقطتين إضافيتين تستحقان النظر:

(1) ما مقدار المركب HFC اللازم في المعادلة لتحقيق الأداء المطلوب ؟
(2) أي من المركبات HFC ينبغي اختيارها ؟

من الممكن أن تكون تكلفة المركبات HFCs قيداً عاماً على الاستهلاك. فتكاليف عوامل النفخ تمثل نمطياً عنصراً هاماً في التكاليف الكلية المتغيرة. وعلى هذا فأي زيادة كبيرة في تكاليف عوامل النفخ يمكن أن تؤثر على تغير التكاليف بما يصل إلى 15%. وفي الأسواق عالية المنافسة تصبح هذه الزيادات غير مستدامة وتحول دون الانتقاء ما لم يمكن إحداث تغييرات في المعادلة للحد من الاعتماد على عوامل نفخ أكثر كلفة. ومن أمثلة هذا، النفخ المشترك لرغاوى البوليريثين الذي أساسه HFC مع ثاني أكسيد الكربون المتولد من تفاعل الايسوسيانات والماء.

غير أن القرار النهائي قرار معقد يستند إلى الجمع بين تكلفة عامل النفخ المباشرة وقضايا التشكيل ذات الصلة (مثل استخدام زيادة مؤخر الاشتعال، أو الجزاءات على كثافة الرغوة) وأداء المنتج، وسلامة العملية والتكاليف الرأسمالية. وكما أشير إلى ذلك آنفاً فإن التكاليف الرأسمالية مهمة بصفة خاصة للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم ومستهلكي الحجم الصغير وآخرين.

والتأثير الصافي للاختيار المشار إليه أعلاه للاعتبارات بشأن الطلب على HFC هو الحد من الإسقاطات السابقة (1999) وهي استهلاك 115 كيلو طن في عام 2010 إلى 60 كيلو طن في عام 2010 في هذا التقرير الحالي. وهذا يمكن اعتباره بالفعل تخفيضاً تيسره مبادئ الاستخدام المسؤول من قبل صناعة الرغاوى.

اختيار أدنى احتمالات الاحترار العالمي

لما كان السائلان الأولان للمركبات (HFCs وهما HFC-245fa و HFC-365mfc) لهما احتمالات احترار عالمي مماثلة لمدة 100 عام، كان الاختيار بين الاثنين مدفوعاً أكثر باعتبار نقطتي غليان كل منهما وكفاءات النفخ. وبالنسبة لعوامل النفخ الغازية، فإن HFC-152a له احتمالات احترار عالمي لمدة 100 عام أدنى من HFC-134a. ومع ذلك فالمركب HFC-152a أكثر قابيلة للاشتعال من المركب HFC-134a وهو ينبعث أيضاً بأسرع كثيراً من بعض أنواع الرغاوى (مثل البولي ستيرين المنبثق). وقد يعني هذا أن التأثيرات القصيرة الأجل لاستخدام المركب HFC-152a يمكن أن تكون مهمة بقدر تأثيرات المركب HFC-134a. وفضلاً عن هذا ففائدة العزل الحراري للمركب HFC-152a يمكن أن تكون قصيرة الأجل. فيتعين تقييم جميع هذه العوامل عند اختيار عامل النفخ المناسب.

ما التدابير الإضافية التي يمكن أن تحد من زيادة الانبعاثات في المستقبل وما هي الإجراءات المطلوبة ؟

زيادة البدائل

إذا كان اعتماد معايير للاستخدام المسؤول في اختيار المركب HFC قد أفلح في الحد من استهلاك المركبات HFCs في قطاع الرغاوى بما يقارب 50 عاماً عما كان متوقعاً في عام 1999, فهناك عدة مجالات يمكن فيها زيادة البدائل على مدى 5-10 سنوات. وعلى سبيل المثال:

- التوسع في استخدام الهيدروكربون في رغاوى رش البولي يوريثان؛
- التوسع في استخدام ثاني أكسيد الكربون في البولي ستيرين المنبثق (XPS)؛
- التوسع في استعمال الهيدروكربون في رغاوى الأجهزة؛
- التغييرات في سلوك شركات التأمين إزاء مركبات الهيدروكربون في الألواح.

ورغم أن بالإمكان منهجة تأثيرات كل من هذه الاتجاهات على انفراد، فإن أوجه عدم اليقين أكبر من أن تكون ذات مغزى. وعلى هذا ففي هذا التقييم يعرض سيناريوهان للتخفيف على مستوى رفيع بغية تقييم تأثير متابعة هذين الخيارين.

عمليات الممارسة الجيدة

لقد استغل العمل بالفعل في سبيل وضع إجراءات لتحديد خسائر العملية والتقليل منها إلى أدنى حد. وإذا كان هذا العمل مهماً لوضع السياق الصحيح لتداول المركبات HFCs في عمليات الرغاوى، فإن الوفورات المحتملة يرجح أن تصل إلى 32 من الانبعاثات الكلية لدورة الحياة، إذ أن معظم العمليات أصبحت بالفعل محفوظة جيداً. وقد يكون أحد الاستثناءات هو في حالة الانبعاثات أثناء استعمال رش البولي يوريثين،

حيث لايزال المزيد من الجهد مطلوباً لتكملة الخسائر، وقد تسفر الجهود التي تبذل في المستقبل عن تحسينات في تصميم الرش الرئيسي.

إدارة النفايات

أصبح واضحاً أن تقليل النفايات إلى أدنى حد هو هدف لجميع المؤسسات. ومع ذلك فمنتجو الرغاوى يواجهون تحديات محددة:

- انتشار المنتجات التي تتطلب مزيداً من عمليات الإنتاج الأكثر تقلباً؛
- خسائر التصنيع الذاتية (مثل قطع أجزاء من الأنبوب من كتل الرغاوى).

ولذا فإدارة هذه النفايات قضية أساسية في تقليل الانبعاثات إلى أدنى حدودها. وتقدر نماذج سيناريو التخفيف آثار الجمع بين العمليات وتحسينات إدارة النفايات.

إدارة الركامات (المبردات)

إن حجم الركامات الحالية والمستقبلة لعوامل النفخ في الأجهزة وقطاعات النقل تم تقييمه. وسيناريو خط الأساس يراعي بالفعل نشاط الاستعادة الجاري في أوروبا واليابان بحيث لا تتساوى أحجام الركامات تلقائياً مع الانبعاثات في المستقبل. وباستخدام التكنولوجيا المركبة واستعادة التكاليف من المبردات التي تقدر حالياً بما بين 10-50 دولاراً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، يبدو من المعقول افتراض إمكانية إدارة جميع رغاوى التبريد في نهاية العمر بحلول عام 2015، إذا كان الاستثمار في المصانع لأداء ذلك موزعاً توزيعاً جغرافياً مناسباً. فمن شأن هذا أن يشرك، رغم ذلك، الاستثمار في البلدان النامية كما في البلدان المتقدمة. ومن السيناريوهات التي جرى تقييمها في هذا التقرير البحث في احتمالات تأثير جميع الأجهزة التي تعالج في نهاية العمر مع توخي مستويات استعادة تزيد على 80% من تحميل عامل النفخ الأصلي.

إدارة الركامات (المباني)

بالنسبة إلى قطاع البناء فإن الجدوى الفنية والأمان الاقتصادية لاستعادة عوامل النفخ لم تتحدد بالقدر الكافي. فالأنشطة من قبيل المشروع الياباني لمركز الاختبار لمواد البناء (JTCCM) في اليابان تساعد في مواصلة تطوير المعارف في هذا المجال. غير أن توافق الآراء العام في الوقت الراهن هو على أن الاستعادة ستكون أكثر تكلفة بكثير من الأجهزة بسبب تدني الإنتاج (بسبب الخسائر في مراحل الاستخدام والاستعادة) والتكاليف الإضافية لفصل نفايات الهدم.

ومن الاستثناءات من هذا الاتجاه سوق الألواح المغطاة بالمعدن حيث قد يتيح الاحتفاظ بعوامل النفخ وتسرع عمليات الفك، الاستعادة من خلال معامل التبريد القائمة. والركام المتوافر من ألواح البولى يوريثين تم تقديره ويتوقع أن يتجاوز 700 كيلوطن من عوامل النفخ بالفلوروكربون بحلول عام 2015. ويتوقع أن تكون تكاليف الاستعادة في الحدود نفسها بالنسبة للأجهزة، ولكن العمل مستمر لتأكيد ذلك. وقد تمت نمذجة السيناريوهين، ولكن مع مزيد من التواضع في توقع نسبة 20% للاستعادة من مصادر البناء التقليدية.

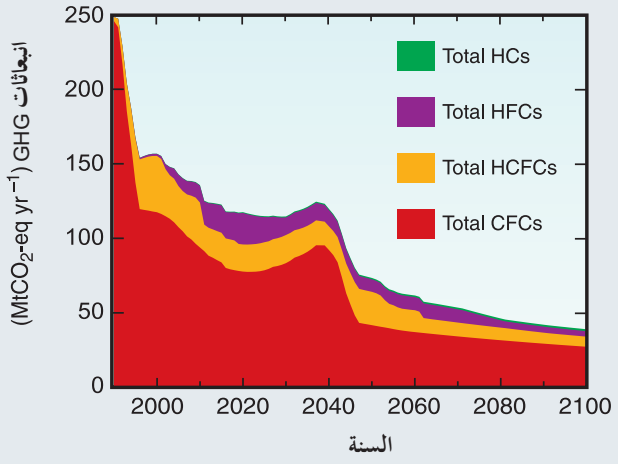
ما أهمية سيناريوهات الاحتمالات هذه في توسيع نطاق استراتيجيات المناخ والأوزون؟

خط الأساس للانبعاثات فى سيناريو العمل المعتاد يرد فى الشكل 16 من الملخص الفني. ولما كانت دورات حياة الرغاوى مهمة بهذا القدر فإن جميع الرسوم البيانية في هذا الفصل تبين الأثر المحتمل لسيناريوهات الحد الممكن من الانبعاثات حتى عام 2100. والافتراض الأساسي هو تجميد مستويات الاستهلاك في عام 2015 بالنسبة للمركبات HCFCs وHFCs. فيفترض أن مركبات HCFCs تزال تدريجياً بشكل خطي بين عامي 2030 و2040. ومع مراعاة أن تطورات التكنولوجيا يرجح أن تستمر في قطاع الرغاوى، فإن الاعتماد على المركبات HFCs لايتوقع بعد عام 2030، ويفترض هبوط خطي اعتباراً من عام 2020. وكنقطة مرجعية أخرى، فإن الانبعاثات الجارية من الركامات المكونة من قبل عام 2015 موضحة أيضاً. والعناصر الأولية الثلاثة لسيناريو التخفيف يمكن تلخيصها على النحو التالي:

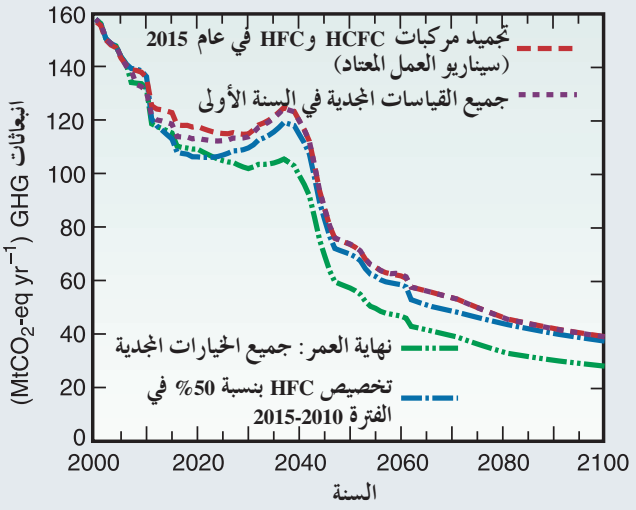
- هبوط خطي فى استخدام المركبات HFCs بين عامي 2010 و2015 يفضي إلى تخفيف بنسبة 50% بحلول عام 2015؛
- اعتماد استراتيجيات للحد من انبعاثات الإنتاج فى الفترة من 2005 وما بعدها لجميع كتل الرغاوى، ومن عام 2008 وما بعدها فى القطاعات الفرعية الأخرى للرغاوى؛
- التوسع في التدابير الحالية لنهاية العمر بالنسبة لجميع الأجهزة والألواح المغطاة بالصلب بحلول عام 2010 إلى جانب معدل استعادة 20% من الرغاوى الأخرى الخاصة بالمباني اعتباراً من 2010.

ترد الآثار الناجمة عن هذه التدابير الثلاثة في الشكل 17 من الملخص الفني والجدول 21 من الملخص الفني.

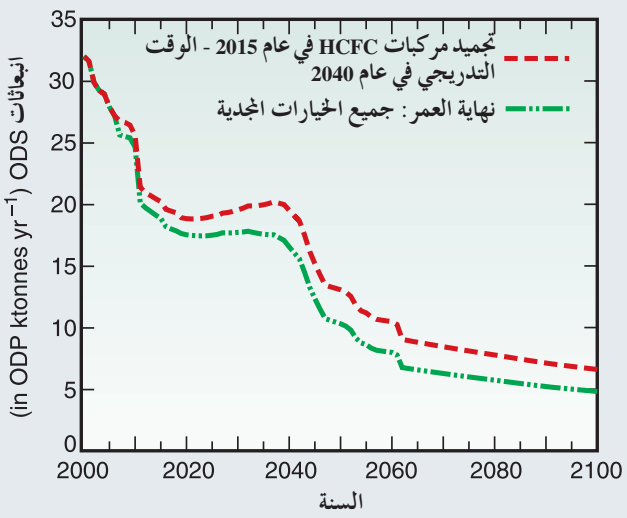
ويمكن ملاحظة أن التركيز على الحد من استهلاك HFC يتيح أهم الوفورات في الفترة حتى عام 2015 وعلى أساس ذلك فإن أى تخفيض من هذا القبيل يمكن أن يستقر أ من أنماط الاستخدام بعد عام 2015، وهذا التركيز يتيح



الشكل 16 من الملخص الفني– انبعاثات عوامل النفخ المرجحة لاحتمالات الاحترار العالمي حسب المجموعة (1990-2100) – سيناريو العمل المعتاد.



الشكل 17 من الملخص الفني– ملخص تأثيرات مجموعات التدابير كل على حدة.



الشكل 18 من الملخص الفني– تأثير جميع التدابير السارية في نهاية العمر للحد من انبعاثات المواد المستنفدة للأوزون.

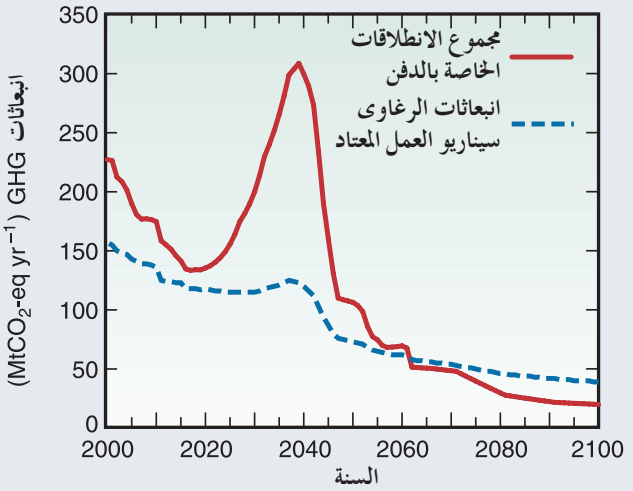
أقصى فائدة محددة من "HFC- بالذات" حتى عام 2100 أيضاً. وعلى العكس من ذلك فإن تدابير نهاية العمر تؤدي إلى وفورات أقل خلال الفترة حتى عام 2015، ولكنها بالفعل احتمالات أن تؤتي وفورات كلية أكثر في الفترة حتى عام 2100 إذا أخذت في الاعتبار جميع أنواع عوامل النفخ. وهذه القيمة مهمة بوجه خاص بالنسبة للمركبات CFCs، حيث ترتفع احتمالات الاحترار العالمي ويوجد تأثير زائد في نفاد الأوزون.

والوفورات المحتملة في انبعاثات المواد المستنفدة للأوزون من جميع الاستراتيجيات الصحيحة لنهاية العمر واردة أدناه في الشكل 18 من الملخص الفني على أساس أطنان طاقة استنفاد الأوزون. ويلاحظ أن الوفورات سنة بعد أخرى في حدود 2000 إلى 3000 طن طاقة استنفاد الأوزون ستتراكم في الفترة الممتدة حتى عام 2100.

وتقديرات التخفيضات في انبعاثات غازات الدفيئة وانبعاثات الغازات المستنفدة للأوزون المحددة في هذا التحليل من تدابير نهاية العمر تقديرات محافظة نسبياً، لأنها مقيسة على أساس خط الأساس الذي لا يحسب عنده إلا 10 إلى 20% من خسارة النفخ عند دفن الرغاوى. وهذا يفسر جزئياً وجود انبعاثات هامة بعد عام 2065. وقد أصبحت مواقع الدفن بالفعل ركامات بنفسها. ولو طبق افتراض أكثر جرأة على الرغاوى المحتمل دفنها (أي 100% من الانبعاثات وقت الدفن) فإن الشكل 20 من الملخص الفني يبين العواقب من حيث انبعاثات غازات الدفيئة.

الجدول 21 من الملخص الفني– ملخص تأثير مجموعات التدابير فرادى حسب نوع عامل النفخ: تخفيضات الانبعاثات التراكمية الناشئة عن كل سيناريو تم تقديره.

التدبير	السنة	تخفيضات الانبعاثات التراكمية			
		CFCs (بالطن)	HCFCs (بالطن)	HFCs (بالطن)	مكافئات ثاني أكسيد الكربون بالميغا طن
تخفيضات استهلاك المركب HFC (2010-2015)	2015	0	0	31,775	36
	2050	0	0	225,950	259
	2100	0	0	352,350	411
التحسينات في الإنتاج/التركيب	2015	78	14,450	16,700	36
	2050	58	31,700	32,700	68
	2100	47	24,350	26,500	55
خيارات إدارة نهاية العمر	2015	8545	16,375	105	52
	2050	64,150	144,650	88,540	540
	2100	137,700	358,300	194,800	1200



الشكل 19 من الملخص الفني– آثار تطبيق افتراضات مختلفة لانبعاثات الدفن الأولية.

ومع التسليم بأن الحقيقة قد تكمن في مكان ما بين الطرفين، فإن احتمال إطلاق كميات كبيرة من عوامل النفخ على مدى فترة زمنية قصيرة نسبياً (2030-2050) يلفت الانتباه إلى احتمال زيادة القيمة في إدارة نهاية العمر باعتبارها خياراً للتخفيف.

4.5 ما أهم النتائج بالنسبة للهباءات الطبية؟

الهباءات الطبية مهمة في علاج الربو ومرض انسداد الرئة المزمن (COPD)

إن الربو ومرض انسداد الرئة المزمن هما أكثر الأمراض المزمنة شيوعاً بالنسبة للمسالك الهوائية (المسالك الهوائية أو القصبة الشعبية) للرئتين ويقدر أنهما يؤثران على أكثر من 300 مليون شخص في العالم. ويتسبب هذان المرضان في الزيادة الكبيرة في الإنفاق على الرعاية الصحية ويسببان خسارة جسيمة في الوقت من العمل والمدرسة وعلاوة على ذلك فهما المسؤولان عن الوفاة المبكرة.

والربو هو حالة مزمنة لها مكونان أساسيان هما التهابات المسالك التنفسية وضيق المسالك التنفسية. وتظهر على معظم المرضى بالربو أعراض يومية مع نوبات شديدة متقطعة. وفي أغلب الأحيان يبدأ الربو في الطفولة، ويتفاوت مدى انتشاره مابين قرابة 1% في بعض البلدان ومنها مثلاً إندونيسيا وأكثر من 30% لدى الأطفال في نيوزيلندا وأستراليا.

ومرض انسداد الرئة هو حالة تتميز نمطياً بضيق والتهاب في المسالك التنفسية مقترنين بتلف في أنسجة الرئة. وهو ينشأ أساساً عن تدخين السجائر، مع تلوث الهواء في البيئة كعامل محتمل مشارك، ويفضي في النهاية إلى عجز دائم وإلى الوفاة. وانتشار هذا المرض في كثير من البلدان المتقدمة يكون بين 4 و17% بين الكبار الذين يزيد عمرهم عن 40 عاماً. والبيانات ليست مؤكدة في البلدان النامية، ولكن ذكرت أرقام تصل إلى 26%. والتدخين يقل في بعض البلدان المتقدمة، ولكن في البلدان النامية يتزايد التدخين ويتزايد مرض انسداد الرئة المزمن.

والعلاج عن طريق الاستنشاق هو المعيار الذهبي للعلاج حالياً ويحتمل أن يظل كذلك. فاستنشاق الأدوية الهبائية ذات الحجم الجزيئي المحدد (1-5 ميكرون) يعظم الأثر السريري المحلي في المسالك التنفسية عند الضرورة مع أقل قدر من الآثار الجانبية. وقد ظلت هباءات الاستنشاق موضوعاً لاستثمار كبير في البحوث والتطوير، استجابة للاحتياجات العلاجية والبيئية. والطريقتان الرئيسيتان حالياً لصرف العقاقير التنفسية لمعظم المرضى هي جرعة الاستنشاق المقيسة (MDI) ومسحوق الاستنشاق الجاف (DPI).

ماهي جرعة الاستنشاق المقيسة (MDI)؟

جرعات الاستنشاق المقيسة هي الشكل السائد للعلاج من الربو ومرض انسداد الرئة المزمن (COPD) على نطاق العالم. وقد بدأ استخدام هذه الجرعات في أواسط الخمسينات مع CFC-11 وCFC-12 للدفع؛ وبدأ استخدام المركب CFC-114 فيما بعد. ولإنجاز عملية الإزالة التدريجية لمركبات CFCs بموجب بروتوكول مونتريال، اضطلعت صناعة الجرعات الاستنشاقية المقيسة ببحث شامل من أجل بديل مناسب لدافع الهباء. فالدافع الطبي لابد أن يكون مأموناً لاستعمال البشر وأن يفي بعدة معايير إضافية صارمة تتعلق بالأمان والنجاعة: (1) غاز مسيل مع ضغط بخار مناسب، (2) انخفاض السمية، (3) عدم القابلية للاشتعال، (4) الثبات كيميائياً، (5) القبول لدى المرضى (من حيث الطعم والرائحة)، (6) خصائص ذوبان مناسبة، (7) كثافة ملائمة. وكان من العسير للغاية تحديد مركبات تفي بكل هذه المعايير وفي النهاية برز مركبان من المركبات HFCs هما HFC-134a وHFC-227ea كبديلين صالحين للمركبات CFCs.

وكان لابد من إدخال تعديلات كبيرة على مكونات وتركيبات جرعات الاستنشاق المقيسة التي أساسها المركب CFC، لكي تستخدم الدوافع HFC الجديدة. وبما أن هذه الجرعات عقاقير طبية فهي تخضع لتنظيم شامل من سلطات الصحة الوطنية لضمان سلامة المنتج، ونجاعته وجودة تصنيعه. ولذا فإن عملية استنباط الجرعات بالمركب HFC هي بالضرورة مماثلة لاستنباط عقار جديد تماماً من حيث أنها تشتمل على تجارب سريرية كاملة لكل جرعات أعيد تركيبها. وتكاليف الاستنباط (الفنية والصيدلية والسريرية) لعملية التحول من المركب CFC إلى المركب HFC قدر أن تصل إلى ما يقارب مليار دولار في عام 1999 ومن ثم تكون الآن أعلى كثيراً. ويتوقع تحمل تكاليف مماثلة لبرامج استنباط الجرعات من جديد لتحل محل الجزيئات الموجودة في الجرعات MDIs.

ماهى مساحيق الاستنشاق الجافة (DPI)؟

تحمل مساحيق الاستنشاق الجافة دواء مسحوقاً بحجم جزيئات محدد، ولا تستخدم فيها دوافع وليس لها تأثير على طبقة الأوزون أو المناخ. وتوفير عقار فعال على هيئة مسحوق أمر صعب من الناحية الفنية. وعلى سبيل المثال فالجزيئات بالحجم الذي يستنشق يكون لها خصائص تدفق ضعيفة بسبب قوى اللصق بين الجسيمات. وفضلاً عن هذا فمعظم تركيبات هذه الجرعات تكون حساسة للرطوبة أثناء عملية التحضير والتخزين والاستعمال، وبذلك تحد من فائدتها في المناخات الرطبة.

وكان استعمال هذه الجرعات في البداية لتقديم جرعات واحدة مقيسة مسبقاً محدوداً فى الستينات والسبعينات. وأدى التقدم الفني الكبير إلى أن تصبح الجرعات DPIs المتعددة الجرعات والمناسبة للمريض على نطاق أوسع فى العقد المنصرم وخفف هذا من تعاطي الجرعات MDI. وظلت الجرعات DPI تركب بنجاح لكثير من العقاقير المستنشقة وأصبحت الآن متوافرة على نطاق واسع في كثير من البلدان ولكن ليس كلها. ومع ذلك فهى ليست بديلاً عن الجرعات المعبأة تحت الضغط لجميع المرضى أو لجميع العقاقير.

والتكلفة النسبية لمسحوق الاستنشاق الجاف DPI مرتفعة ولاسيما إذا قورنت بالجرعات MDIs المحتوية على سالبوتامول، والتي لا تزال تمثل قرابة 50% من الجرعات MDIs التي توصف في جميع أنحاء العالم. وفي دراسة أجريت للمقارنة بين التكاليف في سبعة بلدان أوروبية، وجد أن جرعات السالبوتامول DPIs تكلف في المتوسط أكثر من 2.6 أضعاف الجرعات MDIs.

ما هي العوامل التي تؤثر في اختيار العلاج؟

الوقاية الأولية من الربو ليست ممكنة للآن بينما الوقاية الأولية من مرض انسداد الرئة المزمن تقتضي عدم بدء تعاطي التبغ. ويرجح أن تستمر الزيادة في انتشار الربو ومرض انسداد الرئة المزمن (COPD).

واختيار أنسب العقاقير والمستنشقات يقرره الأطباء والمريض على أساس عوامل كثيرة تشمل المرض وحدته، والامتثال وسهولة الاستعمال والتكلفة والتوافر وأفضليات المريض. و لاتكون أجهزة الاستنشاق فعالة إلا إذا استخدمت على وجهها الصحيح. وكثيراً ما يكون المرضى قادرين على استعمال أحد الأجهزة بطريقة صحيحة ولكن ذلك لاينطبق على جهاز آخر. والجرعات MDIs والمساحيق DPIs لها دور هام في العلاج وليس هناك علاج واحد يقبله جميع المرضى. فمن المهم جداً الحفاظ على مجموعة الخيارات العلاجية.

والجرعات MDIs هى الشكل السائد لعلاج الربو والمرض COPD على النطاق العالمي. ففي البلدان المتقدمة تتفاوت نسبة استعمال الجرعات MDI إلى استعمال المساحيق DPI تفاوتاً كبيراً بين البلدان: ففي الولايات المتحدة الأمريكية تكون النسبة 1:9 (DPI:MDI)؛ وفي المملكة المتحدة 3:7؛ وفي السويد 8:2. وهذا يتعلق بمجموعة من العوامل تشمل التوافر (مثل جرعات المساحيق DPIs المتعددة الجرعة التي لم تتوافر إلا مؤخراً في الولايات المتحدة مقارنة بشركة محلية لها تاريخ تقليدي طويل في إنتاج المساحيق DPI في السويد) واعتدال الأسعار.

ما هى التطورات الفنية في المستقبل؟

من المتوقع أن يصل النمو السنوي في السوق العالمية للأدوية المستنشقة للربو / المرض COPD، في عام 2015 بما يقارب 1.5 إلى 3% سنوياً. وقد استعيض عن نسبة كبيرة من مركبات CFCs بالمركبات HFCs (قرابة 90% من HFC-134a و10% من HFC-227ea)، وسيكون كل استعمال الجرعات MDI في العالم المتقدم من المركب HFC بحلول عام 2010. ومن الذروة السنوية لاستعمال المركب CFC بأكثر من 15,000 طن في الفترة 1987-2000 هبط استعمال CFC في الجرعات MDIs إلى مايقدر بنحو 8000 طن، حيث يمثل المركب HFC 3000-4000 طن في الفترة 2001-2004 وبحلول عام 2015 يقدر أن يكون استعمال HFC قد ارتفع إلى 13,000-15,000 طن. ويعزى انخفاض استعمال HFCs مقارنة بذروة استخدام CFC، جزئياً إلى زيادة استعمال المساحيق DPIs وجزئياً لأن بعض الجرعات MDIs من HFC تستخدم دافعاً أقل في كل تشغيل.

ولا يتوقع حدوث تقدم فني كبير في تكنولوجيا الأجهزة على الأجل القريب. فالبحث والتطوير من أجل منتج استنشاق جديد عملية مطولة وفيها تحديات فنية وعمليات باهظة التكاليف وتستغرق نمطياً أكثر من 10 سنوات للوصول إلى الأسواق. أما أجهزة الاستنشاق في المستقبل مثل المرشات والمساحيق DPIs مع مصدر طاقة لتكون مستقلة عن تنفس المريض أو أجهزة جرعات متعددة مائية صغيرة ستكون على الأرجح أكثر تكلفة من مساحيق DPIs في الوقت الراهن ولذا ستكون أكثر تكلفة من الجرعات MDIs من HFC.

وفي البلدان النامية أصبح العلاج المستنشق ينحصر تقريباً في الجرعات MDIs المضغوطة إما من صانعين متعددي الجنسيات وإما من صانعين محليين. ومن المرجح أن يؤدي تحسين الظروف الاقتصادية مع اعتماد مبادئ توجيهية دولية للعلاج إلى زيادة كبيرة في العلاج المستنشق. ولأن المساحيق DPIs معقولة التكلفة وأقل تعقيداً فهى مجدية من الناحية الفنية ويمكن تصنيعها محلياً في البلدان النامية. وستكون هناك صعوبات صيدلانية هامة في المناخات الحارة والرطبة وستظل أكثر تكلفة من الجرعات MDIs على أساس تكلفة كل جرعة. ولو أصبحت هذه متوافرة وأخذت نصيبها المعقول من السوق، فإن بوسعها أن تخفف من الزيادة المستقبلية في أحجام المركب HFC اللازم للجرعات MDIs.

ماذا ستكون تكلفة الانتقال الكامل من الجرعات HFC MDIs إلى المساحيق DPIs؟

إن المساحيق DPIs المتعددة الجرعات الجديدة تحتوي على عقاقير أكثر تكلفة، بينما يحتوي نحو 50% من الجرعات MDIs على السالبوتامول الأقل تكلفة والخارج عن نطاق البراءات. وهذا يفسر جزءاً من الفرق في تكلفة كل مستنشق. وقد قدر أن يوجد بحلول عام 2015 نحو 340 مليون وحدة HFC MDI محتوية على سالبوتامول. وتحويل هذه الوحدات إلى مسحوق سالبوتامول مكافئ يكبد نظم الرعاية الصحية تكاليف باهظة. والتقديرات الافتراضية لتكلفة التحول الكامل من الجرعات HFC MDIs إلى المساحيق DPIs (بافتراض زيادة دنيا في الأسعار هى الضعفين) ستكون في حدود إضافة متكررة قدرها 3,4-1,7 مليار دولار في السنة (150-300 دولار/طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون). وسيكون الحد من الانبعاثات المتحقق في حدود 10 ميغاطن مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً بحلول عام 2015. وهذه التكلفة الإضافية ستؤثر كثيراً على رعاية المرضى.

هل ستفرض أى قيود طبية على التحول من الجرعات HFC MDIs إلى المساحيق DPIs؟

تحويل المرضى عن أدوية موثوقة وناجعة له آثار هامة بالنسبة لصحة المريض وسلامته، وتوفير نطاق من البدائل المأمونة أمر بالغ الأهمية قبل إنفاذ التغيير على الواقع البيئي. وأى تدابير سياسات بيئية في المستقبل من شأنها أن تؤثر على تعاطي المريض للجرعات HFC MDIs تتطلب بحثاً ومشاورات دقيقة مع الأطباء والمرضى والسلطات الصحية الوطنية وغير هؤلاء من خبراء الرعاية الصحية.

ما هى الاستنتاجات الأساسية؟

- الأثر الرئيسي لتخفيض احتمالات الاحترار العالمي فيما يتعلق بالجرعات MDIs هو اكتمال التحول عن المركب CFC إلى الجرعات HFC MDIs.
- لايتوقع تقدم رئيسي خطير بالنسبة لتوفير العقاقير المستنشقة خلال 10-15 سنة بالنظر إلى الحالة الراهنة للتكنولوجيات وما ينطوي عليه ذلك من نطاقات زمنية للتطوير.
- إن صحة وسلامة المريض لهما الأهمية القصوى في قرارات العلاج ورسم السياسات التي يمكن أن تؤثر على تلك السياسات.
- على أساس الحالة الافتراضية وهى التحول عن الدواء المستنشق الأكثر استعمالاً (سالبوتامول) من الجرعات HFC MDIs إلى المساحيق DPI، فإن التكاليف السنوية المتكررة المتوقعة ستكون في حدود 1,7 مليار دولار بتكلفة فعلية للتخفيف 150-300 دولار للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون من أجل تخفيض بنحو 10 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً بحلول عام 2015.

4.6 ما هي أهم النتائج بالنسبة للوقاية من الحريق؟

ما هى الاتجاهات الماضية والحالية في مجال الوقاية من الحريق؟

الهالونات غازات توفر قدراً استثنائياً من الأمان والنجاعة والنظافة في مكافحة الحريق. وهذه الغازات تستعمل على نطاق واسع في أنحاء العالم في أجهزة إطفاء النيران الثابتة والمحمولة ابتداء من أوائل الستينات. وبسبب الطاقات العالية فى استنفاد الأوزون قادت الحكومات والمهنيون في الوقاية من الحريق أول عملية إزالة تدريجية على مستوى القطاع في إطار بروتوكول مونتريال. وأدى هذا إلى استنباط طائفة من البدائل الناجعة لاستنباط أجهزة جديدة. ولما كانت الوقاية من الحريق هى قطاع عالي التنظيم، فإن اعتماد البدائل يتطلب تغييرات كاملة في المعايير والممارسات والتكنولوجيات المحلية والوطنية والدولية. وقد قللت هذه التغييرات من الانبعاثات غير الضرورية من ركامات الهالونات وأصبحت تطبق أيضاً على بدائل الهالونات.

وهناك فئتان من التطبيقات يمكن أن تتطلبا الهالون أو البديل: الأجهزة الثابتة ومطفئات النيران المحمولة. وكان الهالون 1301 هو المسيطر على السوق في الأنظمة الثابتة قبل بروتوكول مونتريال، وكان ركامه المتبقي حوالي 45 كيلوطناً عام 2000. وكان الهالون 1211 يستخدم أساساً في مطفئات الحريق المحمولة وكان الركام في عام 2000 يقدر بنحو 154 كيلوطناً. وكان الهالون 2402 يستخدم بشكل سائد في الاتحاد السوفياتي السابق ولاتوجد معلومات عن ركاماته أو انبعاثاته متاحة في الكتابات. ويفيد أحد التقديرات لعام 2000 بأن الانبعاثات 2,3 كيلوطن بالنسبة للهالون 1301 و 17,8 كيلوطناً للهالون 1211 أى نحو 5% و11% من الركام كل سنة على التوالي. وتوحي إحدى الدراسات بأن معدل انبعاثات الهالون 1301 في الأجهزة الثابتة باستثناء السفن والطائرات والشبكات العسكرية لايزيد عن 0,12% سنوياً في حين كان مستوى اليقظة استثنائياً في تتبع وحفظ الهالون من أجل توفير الحماية الحرجة من النيران. والمعدل المتدني للغاية (0.12% سنوياً) للانبعاثات قد تحقق في أحد الأقاليم ويعزى ذلك أساساً إلى عوامل ثقافية فريدة إلى جانب إجراء إنفاذ قوي غير معتاد، وقد يصعب تكرار أيهما في أقاليم أخرى. ومعدلات الانبعاثات بالنسبة للأجهزة الثابتة هو في المتوسط 1%±2 سنوياً وحوالي ضعف هذا الرقم بالنسبة للمطفئات المحمولة، أى 2%±4 سنوياً من المصرف (القواعد المركبة بما في ذلك مخزونات إعادة الشحن).

والوقاية من الحريق منظمة بشدة في معظم البلدان. إذ لا يمكن استخدام عوامل أو تقنيات جديدة إلا بعد إثبات أمان وأداء مطفئات الحريق وفقاً لبروتوكولات محددة. ومن المهم أن تسعى البلدان التي ليس لديها معايير وطنية إلى اعتماد الممارسات الموصى بها في المعايير الدولية بغية الحماية من استحداث بدائل غير مأمونة أو غير ناجعة.

وينطوي انتقاء بديل للهالون على تقييم طائفة كبيرة من العوامل. وهذه تشمل المساحة والوزن والتكلفة والأمان واشتراطات "النظافة" (أى دون أن يكون لها بقايا أو أضرار كما هو الحال في تخزين السجلات أو في

مباني التراث الثقافي)، والأداء البيئي والفعالية ضد تهديد محدد بالحريق (الحرائق في المواد الصلبة (الحرائق من "الفئة ألف")، والسوائل القابلة للاشتعال (الحرائق من "الفئة باء") والأجهزة الكهربائية المزودة بالطاقة (الحرائق من "الفئة جيم") والظروف الخاصة مثل الأحوال الجوية شديدة البرودة).

و لم يعد الهالون ضرورياً في معظم التركيبات الجديدة (>95%) التي كانت تستخدم الهالونات قبل زمن بروتوكول مونتريال. أما التركيبات الجديدة المتبقية التي لاتزال تستخدم الهالونات فهى أساساً في الطائرات التجارية وبعض التطبيقات العسكرية التي لايزال البحث جارياً عن بدائل فعالة للهالونات فيها. ومن بين التطبيقات التي كانت تحمى قبلاً بالهالونات، يقع نصف التركيبات الجديدة اليوم على أساس بدائل غير غازية، كالماء والمساحيق الجافة، بينما النصف الآخر يستفيد من العوامل الغازية النوعية، بما في ذلك طائفة من مركبات الهالوكربون والغازات الخاملة.

وفي الأجهزة الثابتة التي يلزم فيها عامل نظيف فإن البدائل المتاحة حالياً هى ثاني أكسيد الكربون والغازات الخاملة (كالنتروجين والأرغون) والمركبات HFCs وPFCs وHCFCs ومؤخراً جداً الفلوروكيتون (FK). وبعض هذه البدائل ليس له تأثير كبير على النظام المناخي بينما بدائل أخرى لها احتمالات كبيرة للاحترار العالمي. والمركبات HCFCs هى فقط المستنفدة للأوزون أيضاً. وكانت المركبات PFCs وHCFCs تستخدم في المراحل الأولى من تنفيذ بروتوكول مونتريال ولكنها لاتقدم أى ميزة على العوامل النظيفة الأخرى للهالوكربون. و لم تعد الأجهزة PFC الجديدة تنتج بسبب الآثار البيئية لهذه الغازات على المناخ بالنسبة إلى البدائل الأخرى التي لها القدرات نفسها وبالتكاليف نفسها. وقد تلائم أجهزة ثاني أكسيد الكربون بعض التطبيقات ولكنها تكون فتاكة عند التركيزات اللازمة لإطفاء النيران، بينما أجهزة الغاز الخامل قد تكون ملائمة أيضاً للاستخدام في بعض التطبيقات ولكن لها آثار هامة من حيث الوزن والحجم ولايوصى بها عندما تكون القضية هى وقف سرعة النيران، وذلك بسبب معدل التصريف الذي يكون أبطأ بما بين خمس وست مرات من أجهزة الهالوكربون.

ويعرض الجدول 22 من الملخص الفني مقارنة للأجهزة الأولية المستخدمة حالياً أو الجاري تطويرها أو المؤكدة للأجهزة النظيفة الثابتة لإطفاء الحرائق، والمناسبة للأماكن المشغولة (وهى تحل نمطياً محل الهالون 1301). والقضية بالنسبة لكل خيار هى التكلفة النسبية المبينة مع الاعتبارات اللازمة لتقييم الآثار على التأثير الإشعاعي للنظام المناخي والشواغل العملية مثل وزن الجهاز والمساحة اللازمة والقدرات الخاصة والتوافر.

ويبين الشكل 21 من الملخص الفني مستويات الإنتاج والانبعاثات وأحجام ركامات الهالون 1301 الناتجة وبدائلها HFC/PFC/HCFC/FK للفترة 1965-2015. ويتوقع أن يكون ركام الهالون 1301 في عام 2002 هو 42.434 طناً يصحبها 2052 طناً من الانبعاثات، وهو مايتفق تماماً مع قياسات الغلاف الجوي التي تشير إلى 1000-2000 طن من الانبعاثات.

والركام المجمع لجميع البدائل HFC/PFC/HCFC/FK في الأجهزة الثابتة في عام 2004 يقدر بنحو 26.700 طن. والمركبات PFCs تكون نحو 2.5% من ذلك المجموع. ويقول أحد التقديرات إن جزء HCFC يمكن أن يرتفع إلى نحو 3600 طن (نحو 13%). وتوحي الدراسات بأن معدلات الانبعاث وهى 1% / ± 2سنة أصبحت الآن عملية في هذه الأجهزة. وبمعدل انبعاث 2 تمثل الانبعاثات في عام 2004 1.4 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون (ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون).

وبالنسبة للمطفئات المحمولة فإن مدونات الحريق وتكاليفه هى الدوافع الأولية لدى اختيار البديل (الذي يحل نمطياً محل الهالون 1211). و لم تنل المطفئات المحمولة التي تستخدم المركبات HFCs وPFCs إلا تقبلاً محدوداً في السوق. ويرجع ذلك أساساً إلى ارتفاع تكاليفها بالمقارنة بالمطفئات التقليدية التي تستخدم عوامل مثل ثاني أكسيد الكربون، والمواد الكيميائية الجافة والماء. وكان تقبل HCFC أكبر ولكنه أيضاً محدود بارتفاع تكلفته بالنسبة لتكلفة العوامل التقليدية. والعوامل الكيميائية الجافة أرخص سعراً بما بين ست وست عشرة مرة من العوامل النظيفة وهى أكثر فعالية من حيث درجات الحريق، ولكن فيها عيباً هو نفايات العامل. والمركبات HFCs وPFCs وHCFCs هى الأغلى سعراً والأقل فعالية من حيث الأداء في إطفاء الحرائق (أى درجات حرائقها). ويعرض الجدول 23 من الملخص الفني مقارنة بين بدائل مطفئات الحريق المحمولة. وبالنسبة لكل خيار فإن التكلفة النسبية والاعتبارات المناخية مبينة شأنها شأن الشواغل العملية من قبيل الوزن والقيود. والذين كانوا يستخدمون المطفئات المحمولة بالهالون 1211 أمامهم الآن ثلاثة خيارات: مطفئة واحدة HFC/HCFC بتكلفة عالية أو مطفئة واحدة بمواد كيميائية جافة إذا أمكن تحمل نفاياتها أو استخدام المطفئتين - واحدة بالماء للمواد العادية القابلة للاحتراق ومطفئة ثانية بثاني أكسيد الكربون لاستخدامها في حرائق السوائل القابلة للاشتعال أو بالقرب من الأجهزة المزودة بالطاقة. وكثيراً ما تفرض اللوائح المحلية والوطنية اختيار المطفئات المحمولة.

ويبين الشكل 21 من الملخص الفني مستويات الإنتاج والانبعاث وأحجام ركامات الهالون 1211 الناتج وبدائلها HFC/PFC/HCFC للفترة 1965-2015. وكان ركام الهالون 1211 في عام 2002 مسقطاً بمقدار 124.843 طناً مع 17.319 من الانبعاثات. وهذا تقريباً ضعف المقدار 8000-7000 طن من الانبعاثات المتوقعة على أساس قياسات الغلاف الجوي. وبينما لاتتوافر بيانات في الكتابات فالمعلومات المقدمة من المنتج مقترنة بالنمذجة تقدر ركامات المطفئات المحمولة بالمركبات HCFCs وHFCs وPFCs بنحو 1471 طناً في نهاية عام 2002 مع 0.12 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون من الانبعاثات. والتقديرات بالنسبة لعام 2004 هى بالتقريب 1852 طناً مع انبعاثات قدرها 0.16 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بمعدل انبعاث 4%. وقرابة 68% منها هى مركبات HCFCs، و30% مركبات HFCs، و2% مركبات PFCs.

الجدول 22 من الملخص الفني– جدول مقارنات - أجهزة العوامل النظيفة المناسبة للأماكن المأهولة.

غاز خامل	FK-5-1-12	HFC-125[1]	HFC-227ea	HFC-23	Halon 1301 (مرجعي)	الأجهزة الثابتة
						خصائص المادة
غير متاح	0.3	0.23	0.26	0.19	0.32	الكفاءة الإشعاعية ($W-m^{-2}-ppb^{-1}$)
غير متاح	0.038	29	34.2	270	65	العمر في الغلاف الجوي (بالسنوات)
						احتمالات الاحترار العالمي المباشر (الأفق الزمني 100 سنة)
غير متاح	لا متاح[2]	3 450 2 800	3 140 2 900	14 310 11 700	7 030 5 400	- هذا التقرير -اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ 1996
غير متاح	-	~ 0	-	~ 0	12	احتمالات نفاد الأوزون
						البيانات الفنية
لا	ملاحظة[6]	نعم[4]	نعم[4]	نعم[3]	نعم	القدرات الخاصة المثبتة
4.3	1.2	1.1	1.1	2.3	0.8	الوزن (كيلوغرام على المتر المكعب) [أ]
28.2	7.3	7.4	6.8	12.0	5.8	المساحة ($m^2/m^3 \times 10^4$) [ب]
56.6	13.8	14.4	13.1	18.0	8.6	الحجم ($m^3/m^3 \times 10^4$) [ج]
2 ± 1%	2 ± 1%	2 ± 1%	2 ± 1%	2 ± 1%	2 ± 1%	معدل الانبعاث [د]
						التكاليف
458%	484%	355%	377%	535%	100%	التكاليف الاستثمارية (بالنسبة إلى الهالون 1301)
0.31	0.72	0.53	0.60	0.43	0.15	تكاليف الخدمات الإضافية (دولار أمريكي للكيلوغرام$^{-1}$) [هـ]
0.00	(18.00)	(13.20)	(15.07)	(10.75)	(3.85)	تكاليف الاسترداد الإضافية في نهاية العمر (دولار أمريكي للكيلوغرام$^{-1}$) [و] ( ) يدل على الدخل
14–27	21–22	-	-	-	-	تكاليف تخفيف المركب HFC (دولار أمريكي لكل طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) [ز]
						الاعتبارات التجارية
نعم	لا[7]	نعم	نعم	نعم	-	صانعو العوامل المتعددة

ملاحظات:

أ متوسط وزن حاويات تخزين العوامل والمحتويات بالكيلوغرام لكل متر مكعب من المساحة المحمية.

ب متوسط مساحة المربع أو المثلث المحيط بركام اسطوانات العوامل معبراً عنها بالأمتار المربعة مضروبة في 10^4 لكل متر مكعب من الحجم المحمي.

ج الحجم المتوسط هو المساحة مضروبة في ارتفاع الاسطوانات المقيس إلى أعلى الصمامات معبراً عنه بالأمتار المكعبة مضروبة في 10^4 لكل متر مكعب من الحجم المحمي.

د المتوسط الكلي لمعدل الانبعاثات السنوية طول الخدمة وهو يشمل تصريفات الأجهزة الخاصة بالحريق والتصريفات غير المتعمدة.

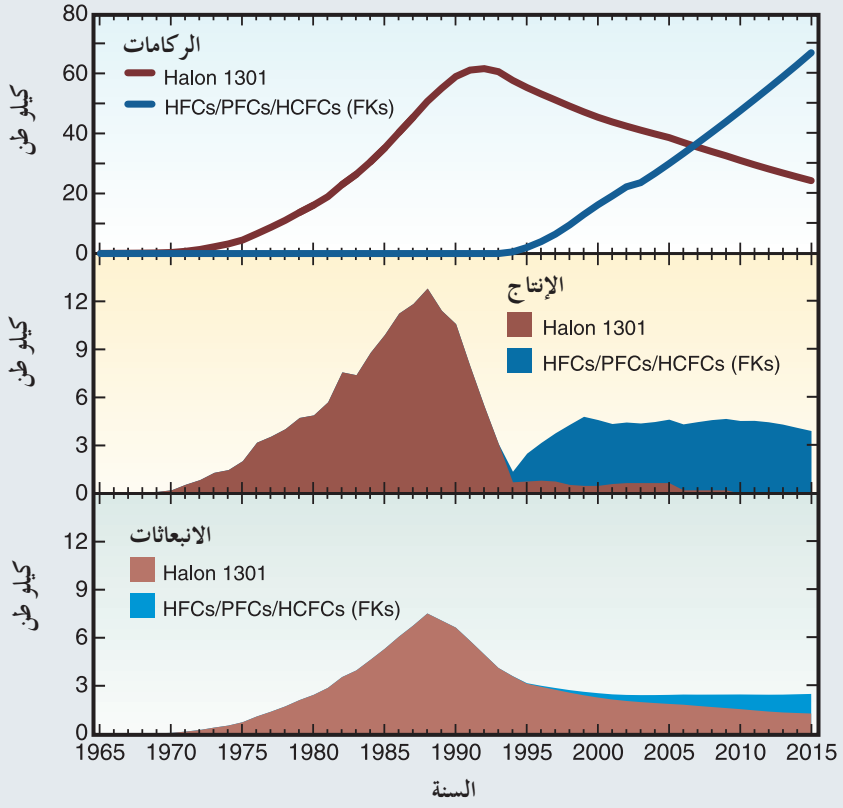
هـ التكاليف الإضافية للخدمة السنوية تستند إلى الاستعاضة عن 2% من شحنات العوامل المنبعثة في كل سنة.

و بالنسبة لعوامل الهالوكربون فإن قيمة عامل انتهاء العمر تكون إيجابية تمثل مكافئ استرداد التكلفة بنسبة 50% من التكلفة الأساسية للعامل عندما يسترد العامل أو يعاد تدويره أو يباع من جديد للاستخدام إما في أجهزة جديدة وإما في تجديد أجهزة موجودة.

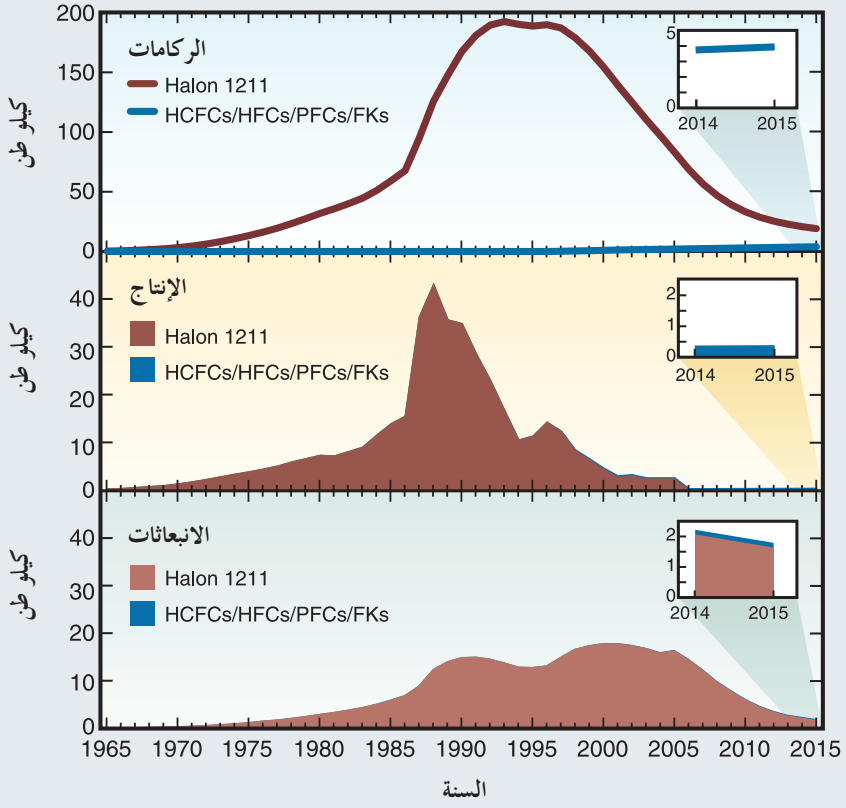
ز تكاليف تخفيف المركب HFC بالنسبة للفلوروكيتون 5-1-12 والغاز الخامل تستند إلى المركبات HFC-227ea و HFC السائدة سابقاً، كمرجع. وتعكس القيمة الأدنى التكلفة بالدولارات لكل طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بمعدل تخفيض 4% ومعدل ضريبة 0%. ويشمل النطاق أدنى وأعلى تكلفة على الولايات المتحدة الأمريكية، والمرفق الأول لغير الولايات المتحدة الأمريكية، والبلدان غير المدرجة في المرفق الأول.

شرح القدرات الخاصة:

1. في بعض الولايات القضائية لايسمح باستخدام HFC-125 في المساحات المأهولة في حين يسمح في ولايات قضائية أخرى بهذا الاستخدام بشروط محددة.
2. نظراً إلى قصر العمر في الغلاف الجوي لايمكن إعطاء احتمالات للاحترار العالمي. والمتوقع أن تكون تلك الاحتمالات غير ذات قيمة لكل الأغراض العملية (تانيغوشي، 2003). انظر الفرع 2.5.3.3 "مركبات الهيدروكربون القصيرة العمر للغاية" للاطلاع على المعلومات الإضافية.
3. المركب HFC-23 يكون فعالاً في درجات الحرارة المنخفضة (المناخات الباردة) وفي الأحجام الكبيرة بالنظر إلى ضغط بخاره العالي.
4. المركب HFC-227ea يكون فعالاً على متن السفن وفي السيارات بسبب الاختبار الشامل الواسع النطاق الذي أقر بارامترات الفائدة وأثبت قدرته الخاصة في هذه التطبيقات.
5. المركب HFC-125 فعال في السيارات ومحركات الطائرات نتيجة للاختبار الشامل الواسع النطاق الذي أقر بارامترات استخدامه وأثبت قدراته التخصصية في هذه التطبيقات.
6. الفلوروكيتون 5-1-12 لايزال في المراحل الأولى من عمر إنتاجه ويتعين أن يختبر للاستخدامات الخاصة غير التي انجزت من خلال اختبارات الموافقة التقليدية لشروط ISO ومعايير النوع NFPA.
7. إذا كان العامل FK-5-1-12 منتجاً له حقوق ملكية لصانع وحيد لهذه العوامل فإن العامل متاح من صانعي أجهزة متعددين.



الشكل 20 من الملخص الفني– بدائل الهالون 1301 والهالوكربون في السلاسل الزمنية لأجهزة إطفاء الحريق الثابتة.



الشكل 21 من الملخص الفني– السلسلة الزمنية للهالون 1211 بالنسبة لمطفئات الحريق المحمولة.

الجدول 23 من الملخص الفني– جدول مقارنة- عوامل إطفاء الحرائق بالنسبة لمطفئات الحرائق المحمولة

الأجهزة المحمولة	Halon 1211 (مرجعي)	HCFC المخلوط باء	HFC-236fa	Carbon Dioxide	المواد الكيميائية الجافة	الماء
خصائص المادة						
الكفاءة الإشعاعية (W m^{-2} ppb^{-1})	0.3	ملاحظة [أ]	0.28	انظر الفصل 2	-	-
العمر في الغلاف الجوي (بالسنوات)	16	ملاحظة [أ]	240	انظر الفصل 2	-	-
احتمالات الاحترار العالمي المباشر (الأفق الزمني 100 سنة)						
- هذا التقرير	1 860	<650 [أ]	9 500	1	-	-
-اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ 1996	غير معلوم	<730 [أ]	6 300	1	-	-
احتمالات نفاد الأوزون	5.3	<0.02 [أ]	-	-	-	-
البيانات الفنية						
نفايات العامل بعد التصريف	لا	لا	لا	لا	نعم	نعم
المناسب للحرائق من الفئة ألف	نعم	نعم	نعم	لا	نعم	نعم
المناسب للحرائق من الفئة باء	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	لا
المناسب للأجهزة المزودة بالطاقة الكهربائية	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	لا
ترتيب مطفأة الحرائق [ب]	2-A:40-B:C	2-A:10-B:C	2-A:10-B:C	10-B:C	3-A:40-B:C	2-A
شحن العامل (كيلوغرام)	6.4	7.0	6.0	4.5	2.3	9.5
وزن المطفأة المشحونة (كيلوغرام)	9.9	12.5	11.6	15.4	4.15	13.1
ارتفاع المطفأة (ملم)	489	546	572	591	432	629
عرض المطفأة (ملم)	229	241	241	276	216	229
معدل الانبعاث [ج]	4 ± 2 %	4 ± 2 %	4 ± 2 %	4 ± 2 %	4 ± 2 %	4 ± 2 %
التكاليف						
التكاليف الاستثمارية (بالنسبة إلى الهالون 1211)	100 %	186 %	221 %	78 %	14 %	28 %
تكاليف الخدمات الإضافية (دولار أمريكي للكيلوغرام$^{-1}$)	–[د]	–[د]	–[د]	–[د]	–[د]	–[د]
تكاليف الاسترداد الإضافية في نهاية العمر (دولار أمريكي للكيلوغرام$^{-1}$)	–[د]	–[د]	–[د]	0.00	0.00	0.00

ملاحظات:

[أ] المخلوط باء للمركب HCFC هو خليط من المركب HCFC-123 وCF4 والأرغون. وبينما تعتبر نسبة المكونات ملكية خاصة للصانع فهناك مصدران يفيدان بأن المركب HCFC-123 يمثل أكثر من 90% من المخلوط على أساس الوزن، حيث CF4 والأرغون يمثلان الجزء الباقي. وعمر المركب HCFC-123 في الغلاف الجوي هو 1,3 سنة؛ وهذا الرقم هو 50,000 سنة بالنسبة للمركب CF4.

[ب] ترتيب مطفأة الحرائق وفقاً لمتطلبات مؤسسة مختبرات الضمان. وكلما ارتفع الرقم زادت فعالية المطفأة.

[ج] هذه القيمة هي مجموع متوسطات معدل الانبعاثات السنوي لعمر الخدمة، وهي تشمل التصريفات الدولية بالنسبة للحريق والتصريفات غير المتعمدة.

[د] هذه المعلومات ليست في الكتابات ولاهي متاحة من مصادر أخرى، لأنها تعتبر سرية.

ما هي الاتجاهات الممكنة في المستقبل في مجال الوقاية من الحريق؟

يقدر أن تكون الانبعاثات من بدائل الهالوكربون في أجهزة الإطفاء الثابتة، في عامي 2010 و2015، حسب النمذجة مرتفعة إلى 2,74 و3,72 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون على التوالي. وفي المطفئات المحمولة يقدر أن تكون هذه الانبعاثات حسب النمذجة عالية تصل إلى 0,25 و 0,34 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، على التوالي.

وتستند هذه التقديرات إلى معدل انبعاث 2 من ركام الأجهزة الثابتة و4 من ركام المطفئات المحمولة في السنة وهي تفترض معدل نمو 3 في السنة. وبوسع الجهود المبذولة للحد من زيادة الانبعاثات غير الضرورية في أجهزة إطفاء الحرائق أن تقلل هذه القيم بنسبة تقترب من 50%، بينما يرجح أن تزيد الرعاية الأقل شمولاً في مجال تخفيضات الانبعاثات هذه القيم بنسبة 50%. وهذا يجعل جملة الانبعاثات من أجهزة إطفاء الحريق الثابتة في نطاق 12 سنوياً، ومن المطفئات المحمولة في حدود 24 سنوياً.

وإذا كانت عدة بدائل للمركبات HFCs قد اقترحت للوقاية من الحريق، تشمل الغازات الخاملة ومركبات الفلوروكيتون والماء فإن المركبات HFCs والغازات الخاملة أصبحت ويبدو أنها ستظل الأكثر استخداماً من بين العوامل النظيفة وقد حققت التوازن في السوق. وبسبب طول عملية اختبار وإقرار أنواع أجهزة جديدة للوقاية من الحريق، لايرجح أن يكون لأى خيارات إضافية تأثير يذكر بحلول عام 2015. وقد سوقت مركبات الفلوروكيتون 12-1-5 وأصبحت متوافرة الآن ولكن ليس هناك مجال للتنبؤ بمعدل تقبلها في السوق أو بتأثيرها على التوازن المستقر بالفعل. ولايوجد أساس حالياً لتقدير أى تخفيض في استخدام أو انبعاثات المركبات HFC/PFC/HCFCs فى الوقاية من الحريق بحلول عام 2015. وفضلاً عن هذا توجد علاقة بين ركام الهالون واستخدام المركبات HFCs. والتخفيضات فى استخدامات الهالونات سوف تفضي إلى زيادة في استخدام المركبات HFCs (وغيرها من البدائل) لاستيفاء متطلبات الوقاية من الحريق. ولابد أن يستمر الحرص في إدارة مصرف الهالون لضمان توافر مناسب من الهالونات. ولذا سوف يتأثر الطلب على العوامل النظيفة بالنمو الاقتصادي وبالقرارات التي يتخذها المنظمون وأصحاب الهالون فيما يتعلق بتصريف العوامل من الأجهزة التي بطل استعمالها.

وفي عامي 2010 و2015 يتوقع أن تبقى ركامات قدرها 31 و24 كيلوطناً من الهالون 1301 على التوالي و33 و19 كيلوطناً من الهالون 1211 على التوالي. ولكن أحجام الانبعاثات والركامات سوف تعتمد على فعالية الممارسات الرامية إلى الحد من التسرب ومعالجة مسألة الاسترداد في نهاية العمر. ويتوقع أن تكون ركامات المركبات HFC/PFC/HCFC/FK في الأجهزة الثابتة عند نسبة 2% من الانبعاثات، 44 كيلوطناً في عام 2010 و63 كيلوطناً في عام 2015 منها قرابة 3,6 كيلوطن تتألف من مركبات HCFCs. ويتوقع لركامات المطفئات المحمولة بمعدل انبعاثات 4 أن تصبح 3,0 كيلوطن في عام 2010 و3,9 كيلوطن في عام 2015، بافتراض معدل نمو 3% يقدر أن منها نحو 68% من المركبات HCFCs، و30% من المركبات HFCs، و2% من المركبات PFCs. وفي نظرة إلى المستقبل نجد أن انبعاثات غازات الدفيئة من الأجهزة التي تستخدم العوامل النظيفة القائمة على الهالوكربون إما أن تزداد أو تتناقص رهناً بتقبل السوق في المستقبل لبدائل الهالونات. ومع استمرار البحث في التكنولوجيات الجديدة للوقاية من الحريق، قد تظهر خيارات استبدال إضافية بعد عام 2015.

4.7 ما أهم النتائج بالنسبة للهباءات غير الطبية والمذيبات وبالنسبة لانبعاثات المركبات HFC-23؟

ما هى الاتجاهات في الماضي والحاضر؟

قبل بروتوكول مونتريال كانت المواد المستنفدة للأوزون تستخدم على نطاق واسع كمذيبات لتنظيف المعادن والإلكترونيات وأجهزة القياس الدقيق، وفي هباءات المستهلك والهباءات الفنية وهباءات الأمان بوصفها دوافع أو مذيبات. وقد تم إنهاء استخدام المواد المستنفدة للأوزون في هذه الاستخدامات، أو تم تخفيضه بشكل كبير. وأصبحت معظم تطبيقات التنظيف المذيبة تعتمد الآن على بدائل مغايرة. وتتحول نسبة مئوية صغيرة أو يتوقع أن تتحول إلى المركبات HFCs أو مركبات الهيدروفلوروإيثير (HFEs). ويتراجع استخدام المركب PFC ويتوقع أن ينتهي تماماً بحلول عام 2025.

الهباءات غير الطبية

تستخدم منتجات الهباءات ضغط الغاز لدفع الأجزاء النشطة من السوائل أو العجائن أو المساحيق في أنماط رش دقيقة مع التحكم في حجم القطرات وكميتها. كما يمكن إدخالها في المنتجات التي تستخدم الغاز فقط. وفي البلدان المتقدمة يستخدم 98% من الهباءات غير الطبية دوافع غير مستنفدة للأوزون ومتدنية احتمالات الاحترار العالمي تدنياً شديداً (الهيدروكربون وثنائي ميثيل الإيثير، وثاني أكسيد الكربون أو النتروجين). وهذه البدائل أدت إلى تخفيض إجمالي في انبعاثات غازات الدفيئة من منشأ هبائي غيرطبي بأكثر من 99% بين عامي 1977 و2001. وباقي منتجات الهباءات التي تستخدم المركبات HCFCs (في البلدان النامية حيث يسمح باستهلاك المركب HCFC حتى عام 2040) أو المركبات HFCs (HFC-152a وHFC-134a) تفعل ذلك لأن هذه الدوافع توفر الأمان والأداء أو المزايا الصحية بالنسبة لمستخدميها. وفضلاً عن هذا فإن استخدام المركبات HFCs في الهباءات غير الطبية مقيد أكثر بالتكلفة. والمركبات HFCs أغلى بمقدار خمسة إلى ثمانية أضعاف مركبات الهيدروكربون. وفي عام 2003 كان استخدام المركب HFC في الهباءات يمثل جملة انبعاثات تقرب من 22 ميغاطناً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون.

المذيبات

يقدر أن استخدام المذيبات من المواد المستنفدة للأوزون بحلول عام 1999 كان بنسبة 90% وقد خفض عن طريق التحفظ والاستعاضة بتكنولوجيات مغايرة (كالدفق غير النظيف، ومذيبات التنظيف المائية أو شبه المائية ومذيبات الهيدروكربون). والنسبة المتبقية من المذيبات وهى 10% تتقاسمها عدة بدائل مذيبات عضوية. أما البدائل العضوية للمركبين CFC-113 وCFC-11 فتشمل المركبات HCFCs وPFCs وHFCs وHFEs. والمذيبات HCFC الوحيدة المستخدمة حالياً هى HCFC-141b وHCFC-225ca/cb. ومعظم المركبات HCFC-141b يستخدم في نفخ الرغاوى؛ ولاتمثل تطبيقات المذيبات إلا أقل من 10% من استخدامها العالمي في عام 2002. أما استخدام المركب HCFC-141b فهو محظور في الاتحاد الأوروبي ويتراجع سريعاً في غيره من البلدان المتقدمة. وفي البلدان النامية لايزال استخدام HCFC-141b يتزايد وخاصة في الصين والهند والبرازيل حيث ترتفع معدلات النمو الاقتصادي. ويوجه استخدام المركب HCFC-225ca/cb نحو تطبيقات قليلة وبسبب طاقته على استنفاد الأوزون وجدول إزالته التدريجية فإنه يستعاض عنه تدريجياً بالمركب HFC وHFE والبدائل المغايرة.

المنتجات الثانوية والهاربة أثناء الإنتاج

تحدث انبعاثات المواد المستنفدة للأوزون، والمركبات HFCs وPFCs كذلك خلال إنتاج مركبات الفلوروكربون إما بوصفها منتجات ثانوية غير مرغوبة وإما باعتبارها فواقد مواد مفيدة كانبعاثات هاربة. والفواقد الهاربة تكون صغيرة وتمثل عموماً نسبة تقل عن 1% من جملة الإنتاج. وأهم هذه المنتجات الثانوية هو المركب HFC-23 (الفلوروفورم)، الذي يتولد خلال تصنيع المركب HCFC-22. وإذا كان بروتوكول مونتريال

الجدول 24 من الملخص الفني– مقارنة بدائل الهباءات غير الطبية.

	HCFC-22	HFC-134a	HFC-152a	ثنائي ميثيل الإيثير	إيسوبيوتين [أ]
خصائص المادة					
الكفاءة الإشعاعية ($W\ m^{-2}\ ppb^{-1}$)	0.20	0.16	0.09	0.02	0.0047
العمر في الغلاف الجوي (بالسنوات)	12	14	1.4	0.015	0.019
احتمالات الاحترار العالمي (الأفق الزمني 100 سنة)					
- هذا التقرير	1 780	1 410	122	1	n/a
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ 1996	1 500	1 300	140	1	
طاقة استنفاد الأوزون	0.05	~ 0	-	-	-
التأثير على الأوزون الأرضي					
– MIR (g-O_3/g المادة)	<0.1	<0.1	<0.1	0.93	1.34
– POCP (الوحدات النسبية)	0.1	0.1	1	17	31
القابلية للاشتعال (على أساس درجة الاشتعال)	غير قابل للاشتعال	غير قابل للاشتعال	قابل للاشتعال	قابل للاشتعال	قابل للاشتعال
البيانات الفنية					
مرحلة التطور	تجاري	تجاري	تجاري	تجاري	تجاري
نوع التطبيق:					
- الهباءات الفنية	X	X	X	X	X
- هباءات السلامة	X	X			
- منتجات المستهلك	تمت إزالته تدريجياً في البلدان الصناعية		X	X	X
الانبعاثات	كل المواد لها انبعاثات في كل الحالات				
التكاليف					
التكاليف الاستثمارية الإضافية			متطلبات سلامة خاصة في معمل التعبئة	متطلبات سلامة خاصة في معمل التعبئة	متطلبات سلامة خاصة في معمل التعبئة

ملاحظات:

[أ] تشير القيم المدرجة إلى الإيسوبيوتين فقط. يبين الفصل 10 دوافع هباءات الهيدروكربون الإضافية المستخدمة في تطبيقات الهباءات غير الطبية.

سوف يزيل تدريجياً الاستخدام المباشر للمركب HCFC-22 فإن استخدامه كمادة وسيطة مسموح به وباستمراره إلى ما لانهاية لأنه لا ينطوي على إطلاق المركب HCFC-22 إلى الغلاف الجوي. والطلب العالمي على المواد الوسيطة أخذ يتزايد ويتوقع أن يستمر في الزيادة إلى ما بعد عام 2015. ويتزايد إنتاج المركب HCFC-22 سريعاً في البلدان النامية وخاصة الصين والهند. وسوف ينتهي الاستخدام التجاري (غير الوسيط) بحلول عام 2020 في البلدان المتقدمة وبحلول عام 2040 في البلدان النامية.

ويتراوح توليد المركب HFC-23 من 1,4 إلى 4% من جملة إنتاج HCFC-22، رهناً بإدارة الإنتاج وظروف التشغيل. والمركب HFC-23 هو الأقوى (احتمالات احترار عالمي 14,310) والأثبت (العمر في الغلاف الجوي 270 عاماً) من بين المركبات HFCs. والانبعاثات العالمية من المركب HFC-23 زادت بما يقدر بنسبة 12% فيما بين عامي 1990 و1995 نتيجة لزيادة مماثلة في الإنتاج العالمي للمركب HCFC-22. ومع ذلك فبسبب التنفيذ الواسع النطاق لتعظيم العملية والإتلاف الحراري في البلدان المتقدمة، لم يستمر هذا الاتجاه، ومنذ عام 1995 أصبح أقل من الزيادة في الإنتاج.

ما هي الخيارات المتاحة للحد من الانبعاثات؟

الهباءات غير الطبية

رغم عدم وجود حواجز فنية تمنع التحول من المركبات CFCs إلى بدائل في منتجات الهباءات غير الطبية، ففي عام 2001 كان هناك مايقدر بنحو 4300 طن من CFCs يستخدم في البلدان النامية والبلدان التي تمر اقتصاداتها بمرحلة انتقالية .(CEIT) والهباءات الفنية هى هباءات غازية مضغوطة تستخدم في تنظيف وصيانة وتثبيت واختبار وصنع أو تطهير مختلف أنواع الأجهزة أو تستخدم في عدد من العمليات. وأكبر استخدام للمركبات HFCs في الهباءات الفنية هو مايحدث في المكانس حيث تكون الاستعاضة عن المركب HFC-134a بالمركب HFC-152a هى عامل رئيسي فى الحد من انبعاثات غازات الدفيئة. وبالنسبة للمكانس

الجدول 25 من الملخص الفني– عرض مجمل للمركبات HFCs وPFCs وHCFCs في تطبيقات المذيبات

	HCFC-141b	HCFC-225ca/cb	HFC-43-10mfc	HFC-365mfc	PFC-51-14 (c_6f_{14})
خصائص المادة					
الكفاءة الإشعاعية (Wm^{-2} ppb^{-1})	0.14	0.2/0.32	0.4	0.21	0.49
العمر في الغلاف الجوي (بالسنوات)	9.3	1.9/5.8	15.9	8.6	3.200
احتمالات الاحترار العالمي (الأفق الزمني 100 سنة)					
- هذا التقرير	713	120/586	1 610	782	9 140
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية تغير المناخ (1996، 2001)	600	180/620	1 300	890	7 400
طاقة استنفاد الأوزون	0.12	0.02/0.03	–	–	–
التأثير على الأوزون الأرضي					
– MIR (g-O_3/g المادة)	<0.1	<0.1	غير متاح	غير متاح	غير متاح
– POCP (الوحدات النسبية)	0.1	0.2/0.1	غير متاح	غير متاح	غير متاح
التأثير على الأوزون الأرضي	لايوجد	لايوجد	لايوجد	لايوجد	لايوجد
القابلية للاشتعال (على أساس درجة الاشتعال)	لايوجد	لايوجد	لايوجد	قابل للاشتعال	لايوجد
البيانات الفنية					
مرحلة التطور	تجاري	تجاري	تجاري	تجاري	تجاري
نوع التطبيق:					
- تنظيف الإلكترونيات	X	X	X		
- التنظيف الدقيق	X	X	X	X	X
- تنظيف المعادن	X	X	X		
- التجفيف	X	X	X	X	
- المذيبات الحاملة	X	X	X		X

(المنظفات بالتلامس أو المزيلات بالتدفق) وعوامل إطلاق القوالب، فإن الاستعاضة عن المركب HCFC-141b بالمركبات HFEs وHFCs ذات احتمالات الاحترار العالمي الأقل تتيح الفرصة لتخفيضات إضافية في الانبعاثات دون مشاكل فنية كبيرة. أما هباءات الأمان (نفير إشارة الأمان ومالئات إطارات السيارات) ومبيدات الحشرات للطائرات والمناطق المقيدة فتظل تعتمد على المركب HFC-134a نظراً لعدم قابليته للاشتعال. وتشمل منتجات هباءات التجميل والراحة والتجديد الثلج الصناعي والخيوط الغيبة ومحدثات الضوضاء (الأبواق). وأغلبية مثيرات الضوضاء (<80%) تستخدم مركبات الهيدروكربون؛ والثلج الصناعي والخيوط الجديدة تكمن أساساً في مركبات الهيدروكربون، ولكن بعد الإعلان بكثرة عن حوادث سلامة أعيدت تركيباتها إلى HFC-134a. واستخدام المركب HFC في مستحضرات التجميل والراحة والهباءات الجديدة محظور في الاتحاد الأوروبي.

ويعرض الجدول 24 من الملخص الفني مقارنة لبدائل الهباءات غير الطبية.

المذيبات

على الرغم من أن مركبات HFCs متوافرة في جميع المناطق فإن استخدامها كمذيبات كان ابتداء في البلدان المتقدمة نظراً لارتفاع التكاليف والتركيز على التطبيقات في الصناعات عالية التقنية. ومع تزايد القلق إزاء حماية المناخ أصبح الاتجاه في استخدامات HFC هو التركيز عليها في التطبيقات الدقيقة التي ليس لها أي بدائل أخرى. و يعتبر أن الاستخدام الراهن في البلدان المتقدمة بلغ الذروة وقد يتراجع في المستقبل.

و لم تعد المذيبات PFC تعتبر ضرورية فنياً في معظم الاستخدامات، واستخدامها مقيد بتطبيقات بيئية قليلة نظراً لأدائها المحدود للغاية وارتفاع تكلفتها. ومعلوم أن أحجامها تتناقص منذ أواسط التسعينات نتيجة للاستعاضة عنها بمذيبات أقل احتمالات للاحترار العالمي. وتنقسم خيارات الحد من الانبعاثات في التطبيقات الخاصة بالمذيبات إلى فئتين:

(1) تحسين الاحتواء في الاستخدامات الحالية. فالأجهزة الجديدة والمعاد تجديدها يمكن أن تخفض كثيراً من انبعاثات جميع المذيبات. ويمكن للأجهزة المثالية أن تحد من استهلاك المذيبات بنسبة تصل إلى 80% في بعض التطبيقات. وبالنظر إلى ارتفاع تكلفة المذيبات المفلورة وسهولة إعادة تدويرها فإنها تستعاد عموماً ويعاد استخدامها لدى المستخدمين النهائيين أو الموردين.

(2) السوائل والتكنولوجيات البديلة. يمكن أن تحل تشكيلة من المذيبات العضوية محل المركبات HFCs وPFCs والمواد المستنفدة للأوزون في كثير من التطبيقات. وتشمل هذه السوائل البديلة مركبات أقل احتمالات للاحترار العالمي مثل المذيبات المكلورة التقليدية، والمركبات HFEs

الجدول 26 من الملخص الفني– عرض مجمل للسوائل البديلة والتكنولوجيات غير النوعية في تطبيقات المذيبات

	CH_2Cl_2[أ]	HFE-449s1[ب]	n-propyl bromide	No Clean	Hidro-carboon/ oxygenated	Aqueous/ semi-aqueous
خصائص المادة						
الكفاءة الإشعاعية (Wm^{-2} ppb^{-1})	0,03	0,31	0,3	غير متاح		غير متاح
العمر في الغلاف الجوي (بالسنوات)	0,38	5	0,04	غير متاح		غير متاح
احتمالات الاحترار العالمي المباشر (الأفق الزمني 100 سنة)						
– هذا التقرير	10	397	غير متاح	غير متاح		غير متاح
– اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (1996)	9	لم يقدم				
طاقة استنفاد الأوزون	–	–	–	–	–	–
التأثير على الأوزون الأرضي						
– MIR ($g\text{-}O_3/g$ المادة)	0,07	غير متاح	غير متاح			
- POCP (الوحدات ذات الصلة)	7	غير متاح	غير متاح			
التأثير على الأوزون الأرضي	منخفض إلى معتدل	لايوجد	منخفض إلى معتدل	لايوجد	منخفض إلى معتدل	لايوجد
القابلية للاشتعال (على أساس نقطة الاشتعال)	لايوجد	لايوجد	لايوجد	غير متاح	قابل للإشتعال	غير متاح
البيانات الفنية						
مرحلة التطور	تجاري	تجاري	تجاري	تجاري	تجاري	تجاري
نمط التطبيق:						
– تنظيف الإلكترونيات		X	X	X	X	X
– التنظيف الدقيق	X	X	X		X	X
– تنظيف المعادن		X	X		X	X
– التجفيف					X	
– المذيبات الحاملة	X	X	X		X	

ملاحظات:

أ تشير القيم المسرودة إلى CH_2Cl_2 فقط. وتستخدم مذيبات مكلورة إضافية في هذه التطبيقات وفقما أشير إليه في الفصل 10.

ب تشير القيم المسرودة إلى HFE-449s1 فقط. وتستخدم مذيبات HFE إضافية في هذه التطبيقات وفقما أشير إليه في الفصل 10.

وبروميد البروبيل الطبيعي. أما التكنولوجيات العديدة غير النوعية والتي تشمل الهيدروكربون والمذيبات المؤكسجة فهي بدائل صالحة أخرى في بعض التطبيقات. ويتيعن التزام الحذر قبل اعتماد أي بدائل لاتكون صورتها السمية كاملة. وفي عدد محدود من التطبيقات لاتتوافر بدائل بسبب خصائص الأداء الفريدة للمركبات HFC أوPFC في تلك الحالة.

ويعرض الجدولان 25 و26 من الملخص الفني مقارنات بين بدائل المذيبات.

المنتجات الثانوية والهاربة أثناء الإنتاج

من الممكن فنياً الحد في المستقبل من انبعاثات المركب HFC-23 من المركب HCFC-22 بأكثر من 90% (أو بمعامل عشرة) عن طريق حبس وإتلاف المنتج الثانوي HFC-23. ومع ذلك فانبعاثات المركب HFC-23 يمكن أن تزداد بنسبة تصل إلى 60% من الآن وحتى عام 2015، من نحو كيلوطن في السنة إلى 23 كيلوطناً في السنة نتيجة النمو المتوقع في إنتاج المركب HCFC-22. والحد الأعلى لانبعاثات HFC-23 هو في حدود 3-4% من إنتاج المركب HCFC-22 ولكن الكمية الفعلية من المركب HFC-23 المنتجة تتوقف جزئياً على كيفية تشغيل العملية في كل مرفق.

ومن الممكن أن تخفض التقنيات والإجراءات الرامية إلى الحد من توليد المركب HFC-23 من خلال المعالجة المثلى، متوسط الانبعاثات إلى 2% من الإنتاج أو أقل من ذلك. غير أن الإنجازات الفعلية تتفاوت بالنسبة لكل مرفق، ولايمكن القضاء على انبعاثات المركب HFC-23 بهذه الوسائل. وحبس وإتلاف المركب HFC-23 بالأكسدة الحرارية خيار عالي الفعالية للحد من الانبعاثات. ومن الممكن أن تزيد كفاءة الإتلاف عن 99%، ولكن تأثير "وقت توقف" وحدات الأكسدة الحرارية على الانبعاثات لابد أن يؤخذ في الاعتبار. فبافتراض العمر التكنولوجي 15 عاماً يمكن حساب تكاليف الإزالة المحددة بأقل من 0,2 دولاراً للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون.

ويتطلب حساب انبعاثات المركب HFC-23 لا لمجرد بيانات عن كميات المركب HCFC-22 المنتجة (النشاط) ومعدل الانبعاثات (الذي يتأثر بتصميم العملية وثقافة التشغيل) وإنما على مدى إزالة الانبعاثات. ولهذا الأمر تأثير خاص على عدم التيقن من تقديرات HFC-23 للانبعاثات في المستقبل.

ويعرض الجدول 27 من الملخص الفني مقارنة بين الوصول بالعملية إلى الحد الأمثل و الأكسدة الحرارية كخيارين للحد من انبعاثات المنتج الثانوي HFC-23.

الجدول 27 من الملخص الفني– مقارنة المنتج الثانوي HFC-23 من خيارات الحد من إنتاج المركب HCFC-22: العمليات المثلى والأكسدة الحرارية.

HFC-23			HCFC-22
			خصائص المادة
0,19			الكفاءة الإشعاعية (W m^{-2} ppmm^{-1}) 0,20
270			العمر في الغلاف الجوي (بالسنوات) 12
			احتمالات الاحترار العالمي المباشر (الأفق الزمني 100 سنة)
14 310			- هذا التقرير 1 780
11 700			-اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ 1 500
~0			طاقة استنفاد الأوزون 0,05
غير قابل			القابلية للاشتعال غير قابل
أكسدة حرارية	**عمليات مثلى**	**لا حلول مثلى**	**خيارات الحد من انبعاثات المركب HFC-23**
تجاري	تجاري	تجاري	مرحلة التطور
<1% HCFC-22 produced	2%–3% HCFC-22 produced	3%–4% HCFC-22 produced	الانبعاثات المباشرة
التكاليف الرأسمالية للتركيبات الكاملة من 2-8 مليون دولار، وتكاليف التشغيل السنوية من 189–350 ألف دولار	يمكن أن تتراوح بين وفورات هامشية وجزاءات كبيرة، وفقاً للعملية والسوق	مرجعي	التكاليف الإضافية

ما هي الاتجاهات الممكنة في المستقبل؟

الهباءات غير الطبية

تقدر انبعاثات المركب HFC في الهباءات غير الطبية بنحو 23 ميغاطناً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2010. ويتوقع تدني النمو في هذا القطاع حتى عام 2015. ومع أنه لاتوجد حواجز فنية تمنع صياغة منتجات استهلاكية بغير HFCs، فإن استخدام HFC-152a في بعض المنتجات مثل مرشات الشعر ومزيلات الرائحة سوف تزداد في الولايات المتحدة الأمريكية بسبب تنفيذ لوائح للتحكم في تكون أوزون المستوى الأرضي من انبعاثات الهيدروكربون. ولاتعفي الضوابط الحالية للمركبات العضوية المتطايرة (VOC) في أوروبا المركبات HFCs بسبب التعريف الواسع للمركبات العضوية المتطايرة (الغليان <250°م في ظروف ضغط/درجة حرارة قياسية). ولاتوجد لوائح أخرى في أى مكان في العالم تقيد استخدام مركبات الهيدروكربون في الهباءات غير الطبية.

المذيبات

معظم استخدامات المذيبات تطلق انبعاثات بطبيعتها مع فترة جرد قصيرة تمتد من أشهر قليلة إلى عامين. ومع أن المذيبات المستخدمة يمكن تقطيرها، وهى فعلاً تقطر ويعاد تدويرها في الموقع، فجميع الكميات التي تباع تنبعث بالضرورة في نهاية المطاف. والتمييز بين الانبعاث والاستهلاك ليس مهماً في هذه التطبيقات. والانبعاثات العالمية المسقطة للمركبين HFC وPFC من استخدامات المذيبات هى 4,2 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2010 و4,4 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عام 2015. ويفترض أن تهبط انبعاثات PFCs خطياً إلى أن يبطل استخدامها في تطبيقات المذيبات بحلول عام 2025.

انبعاثات المنتجات الثانوية للمركب HFC-23

إن كمية المركب HFC-23 المنتجة (وهى التي يحتمل أن تنبعث) تتصل اتصالاً مباشراً بإنتاج المركب HCFC-22 ونتيجة لهذا تحتاج التنبؤات بالانبعاثات إلى سيناريو لمستقبل أحجام إنتاج المركب HCFC-22. وهذه سوف تتوقف على استهلاك المركب HCFC-22 في البلدان المتقدمة، وهو يتراجع الآن، والاستهلاك في البلدان النامية والطلب العالمي على المواد الأولية من المركبات الفلوروبوليمرية، وكلاهما آخذ في الزيادة.

وعلى أساس سيناريو العمل المعتاد (BAU) الذي يراعي تماماً مقتضيات بروتوكول مونتريال، فإن استهلاك وإنتاج المواد غير الأولية للمركب

الجدول 28 من الملخص الفني– انبعاثات المركب HFC-23 في الماضي والمستقبل

السنة	سيناريو إنتاج المركب HCFC-22 (كيلوطن)	انبعاثات المركب HFC-23 حسب سيناريوالعمل المعتاد BAU (كيلوطن)	انبعاثات المركب HFC-23 حسب أفضل الممارسات الحالية (كيلوطن)
1990	341	6.4	6.4
1995	385	7.3	7.3
2000	491	11.5	11.5
2005	550	15.2	13.8
2010	622	19.0	8.8
2015	707	23.2	2.3

HCFC-22 سيتراجعان بمعامل 10 بحلول عام 2015 من المستوى المتوسط في الفترة 2000-2003 في البلدان المتقدمة. وفي البلدان نفسها يتوقع أن يستمر النمو في الطلب على المواد الأولية للفلوروبوليميرات زيادة خطية تؤدي إلى مضاعفة الطلب على المواد الأولية للمركب HCFC-22 بحلول عام 2015. وفي البلدان النامية ارتفع إنتاج HCFC-22 لاستخدامات المواد الأولية وغير الأولية زيادة سريعة في السنوات الأخيرة؛ على مدى الفترة 1997-2001، وزاد الإنتاج للاستخدامات التجارية (أو غير المواد الأولية) زيادة خطية بمعدل 20 كيلوطناً سنوياً وزاد استخدام المواد الأولية إلى 4,1 كيلوطن سنوياً. والإسقاطات لهذه المعدلات حتى عام 2015 أن جملة الاحتياجات العالمية للمركب HCFC-22 ستصل إلى 730 كيلوطناً في السنة -نحو 40% منها مواد أولية- مقارنة بجملة 470 كيلوطناً في السنة في عام 2000. (الجدول 28 من الملخص الفني).

وفى سيناريو العمل المعتاد (BAU) حتى عام 2015، افترض أن الانبعاثات من القدرة الحالية (في البلدان المتقدمة والبلدان النامية) سوف تظل 2% من إنتاج المركب HCFC-22 وأن القدرة الجديدة (وأساساً في البلدان النامية) سوف تطلق المركب HFC-23 بمعدل 4%. وعلى هذا فإن الانبعاثات من HFC-23 يمكن أن تزيد بنسبة 60% من الآن وحتى عام 2015 من نحو 15 كيلوطناً في السنة في عام 2003 إلى 23 كيلوطناً في السنة (الجدول 28 من الملخص الفني).

وعلى خلاف هذا السيناريو فإن تكنولوجيا أفضل الممارسات الراهنة التي تتألف من الحبس والأكسدة الحرارية "لغازات التهوية" تطبق تدريجياً في جميع المرافق، ابتداء من عام 2005. ويفترض أن تكون كفاءة تكنولوجيا الإتلاف 100% وأنها تثمر في 90% من وقت الإنتاج في معامل HCFC-22. وحسبت الانبعاثات المخفضة من النشاط نفسه (على هيئة إنتاج مفترض في المستقبل للمركب HCFC-22) حسب سيناريو العمل المعتاد (BAU). والفرق بين التنبؤين للمركب HFC-23 يعزى أساساً، لهذا السبب، إلى مدى انتشار تكنولوجيا الإتلاف. وتمثل التنبؤات الحالات المتطرفة المحتملة، وسوف تميل التغيرات المستقبلية في النشاط إلى الزيادة في احتمال تنبؤ أو آخر.

ووفقاً لدراستين أوروبيتين في عام 2000 فإن إتلاف الانبعاثات من المنتجات الثانوية للمركب HFC-23 من إنتاج المركب HCFC-22 له قدرة محتملة على تخفيض ما يصل إلى 300 ميغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في السنة بحلول عام 2015 والتكاليف المحددة إلى أقل من 0,2 دولار أمريكي للطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. كذلك يمكن لتخفيض إنتاج المركب HCFC-22 بسبب قوى السوق أو السياسات الوطنية أو التحسينات في تصميم المرافق وانشائها أن يخفض أيضاً انبعاث المركب HFC-23. [10.4]

المرفق الأول: مسرد المصطلحات

التعاريف الواردة في هذا المسرد تشير إلى استخدام المصطلحات في سياق الملخصين في التقرير الخاص عن الأوزون والمناخ.

الهباء
هو معلق من جزيئات صلبة أو سائلـــة دقيقة للغايـة في أحد الغازات. ويستخدم الهباء كذلك كاســم شائع لعلبة رذاذ (أو "أيروسول") حيث يملأ وعاء بمنتج ودافعه ويكون تحت الضغط بحيث يطلق المنتج على هيئة رذاذ دقيق.

الركامات
هي المقدار الكلي للمواد التي يحتوي عليها جهاز قائم أو مخزونات كيماوية أو رغاوى أو منتجات أخرى لم تطلق بعد إلى الغلاف الجوي.

أفضل الممارسات
بالنسبة لهذا التقرير، تعتبر أفضل الممارسات أقل قيمة لانبعاثات الهالوكربون يمكن الحصول عليها في تاريخ معين باستخدام تكنولوجيات مؤكدة تجارياً في إنتاج واستخدام واستبدال واسترجاع وتدمير الهالوكربون أو المنتجات القائمة على الهالوكربون.

الخليط/المزيج (التبريد)
هو مزيج من سائلين نقيين أو أكثر. والمخاليط تستخدم في التوصل إلى خواص تناسب أغراض التبريد الكثيرة. فعلى سبيل المثال الخليط من مكونات قابلة للاشتعال وغير قابلة للاشتعال يمكن أن يفضي إلى خليط غير قابل للاشتعال. ويمكن تقسيم المخاليط إلى ثلاث فئات: ثابتة عند الغليان، وغير ثابتة عند الغليان، وشبه ثابتة عند الغليان.

عامل النفخ (رغاوى)
هو غاز أو سائل طيار أو مادة كيميائية تولد غازاً خلال عملية الإرغاء. فالغاز يخرج على شكل فقاعات أو خلايا على هيئة هيكل لدن.

سيناريو العمل المعتاد (BAU) (2015، هذا التقرير)
هو سيناريو أساس لاستخدام مركبات الهالوكربون وبدائلها، وهو يفترض أن جميع لوائح وتدابير الإزالة التدريجية، بما في ذلك بروتوكول مونتريال واللوائح الوطنية ذات الصلة، تبقى مستمرة حتى عام 2015. والممارسات العادية (بما فيها الاسترداد في نهاية العمر) ومعدلات الانبعاثات تبقى دون تغيير حتى عام 2015.

ثاني أكسيد الكربون (CO_2)
هو غاز ينتج طبيعياً ويكون على هيئة منتج ثانوي لإحراق الوقود الأحفوري والكتلة الحيوية، بالإضافة إلى عمليات صناعية أخرى وتغيرات في استغلال الأراضي. وهذا هو غاز الدفيئة الرئيسي المنتج بفعل الإنسان والذي يؤثر على التوازن الإشعاعي للأرض، وهو الغاز المرجعي الذي تقاس على أساسه غازات الدفيئة الأخرى بصفة عامة.

المركبات الكربونية الفلورية الكلورية (CFCs)
هي مركبات هالوكربون لاتحتوي إلا على الكلور والفلور وذرات الكربون. وهذه المركبات هي مواد مستنفدة للأوزون (ODSs) وغازات دفيئة في آن واحد.

تغير المناخ
يشير تغير المناخ إلى تغير هام إحصائي إما في الحالة المتوسطة للمناخ وإما في تقلبيته، ويستمر لفترة طويلة (تكون نمطياً عقوداً أو أكثر). وقد يعزى تغير المناخ إلى عمليات طبيعية داخلية أو تأثيرات خارجية أو إلى تغييرات بشرية المنشأ مستمرة في تركيب الغلاف الجوي أو في استخدام الأراضي.

ويلاحظ أن المادة 1 من الاتفاقية الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) تعرف "تغير المناخ" بأنه "تغير في المناخ يعزى مباشرة أو بصورة غير مباشرة إلى نشاط بشري يغير في تكوين الغلاف الجوي العالمي بالإضافة إلى تقلبية المناخ الطبيعية، التي ترصد على فترات زمنية مقارنة". والاتفاقية الإطارية UNFCCC تميز هكذا بين "تغير المناخ" الذي يعزى إلى أنشطة بشرية تغير تكوين الغلاف الجوي، و"تقلبية المناخ" التي تعزى إلى أسباب طبيعية.

تقلبية المناخ
هي التغيرات في الحالة المتوسطة والإحصاءات الأخرى (مثل الانحراف القياسي وحدوث الحالات المتطرفة) للمناخ على جميع النطاقات الجوية والفضائية التي تخرج عن ظواهر الطقس الفردية. ويمكن أن تنجم تقلبية المناخ عن عمليات داخلية طبيعية داخل النظام المناخي (التقلبية الداخلية)، أو تنتج عن تقلبات في التأثيرات الخارجية الطبيعية أو البشرية المنشأ (التغيرية الخارجية). انظر أيضاً: تغير المناخ.

مكافئ ثاني أكسيد الكربون
هو كمية ثاني أكسيد الكربون التي تسبب كمية مماثلة من التأثير الإشعاعي باعتباره كمية معينة من غاز دفيئة آخر. وعندما يستخدم بتركيزات فإن هذا يشير إلى التأثير الإشعاعي الآني الناجم عن غاز دفيئة أو مكافئ كمية ثاني أكسيد الكربون. وعندما يستخدم بانبعاثات فإن هذا يشير إلى وقت التأثير الإشعاعي المتكامل على مدى أفق زمني محدد ينجم عن التغيير في التركيزات التي تنتجها الانبعاثات. انظر احتمال الاحترار العالمي.

عمود الأوزون
هو مجموع كمية الأوزون في عمود رأسي فوق سطح الأرض. ويقاس عمود الأوزون بوحدات دوبسون (DU).

الاحتواء (التبريد)
هو تطبيق تقنيات خدمة أو أجهزة خاصة لإزالة أو تقليل فواقد التبريد من الجهاز أثناء التركيب أو التشغيل أو الخدمة أو التصرف في جهاز التبريد وتكييف الهواء.

التدمير
تدمير المواد المستنفدة للأوزون (ODSs) في معامل تدمير معتمدة، تجنباً لانبعاثاتها.

مسحوق الاستنشاق الجاف (DPI) (الهباءات الطبية)
هذه تكنولوجيا بديلة لجرعات المستنشقات المقيسة (MDIs) ويمكن استخدامها إذا كان الدواء المصروف يمكن تركيبه بطريقة مرضية كمسحوق بالغ النعومة، وبذا يقضي على استعمال الدافع الكيميائي.

مركبات الكربون الفلورية
تحتوي مركبات الكربون الفلورية على ذرات فلور، تشمل المركبات الكربونية الفلورية (CFCs) ومركبات الهيدروكربون الفلورية الكلورية (HCFCs)، ومركبات الهيدروكربون الفلورية (HFCs)، والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs).

مركبات الفلوروكيتون (FKs)
هي مركبات عضوية تلحق فيها مجموعتان من الألكيل مفلورتان تماماً بمجموعة كربونيل (C=O).

احتمالات الاحترار العالمي (GWP)
هي دليل يقارن الأثر المناخي لأى انبعاث لغاز دفيئة بالنسبة إلى الانبعاث الصادر عن كمية مماثلة من ثاني أكسيد الكربون. واحتمالات الاحترار العالمي تتحدد بأنها نسبة التأثير الإشعاعي المتكامل زمنياً والناشئ عن انبعاث نبضة قدرها 1 كيلوغرام من مادة نسبة إلى ما ينبعث من 1 كيلوغرام من ثاني أكسيد الكربون، على مدى أفق زمني ثابت. انظر أيضاً: التأثير الإشعاعي.

غازات الدفيئة (GHGs)
هي المكونات الغازية للغلاف الجوي، طبيعية وبشرية المنشأ، التي تمتص الإشعاع وتطلقه ضمن حزمة من الإشعاع الحراري دون الأحمر الذي ينبعث من سطح الأرض، بفعل الغلاف الجوي والسحب. وهذه الخاصية هي التي تسبب تأثير غازات الدفيئة. وغازات الدفيئة الأولية في الغلاف الجوى للأرض هى بخار الماء (H2O)، وثاني أكسيد الكربون (CO2) وأكسيد النيتروز (N2O)) والميثان (CH4) والأوزون (O3). وعلاوة على هذا هناك عدد من غازات الدفيئة بشرية المنشأ بالكامل في الغلاف الجوي، ومنها مركبات الهالوكربون والمواد الأخرى الكلورية والمحتوية على البروم وهى المشمولة في بروتوكول مونتريال. كذلك تعتبر من غازات الدفيئة بعض الغازات النزرة الأخرى مثل هكسافلوريد الكبريت (SF6) ومركبات الهيدروكربون الفلورية (HFCs)، والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs).

مركبات الهالوكربون
هي مركبات كيميائية تحتوي على ذرات كربون وذرة أو أكثر من هالوجينات الكلور (CL)، والفلور (F)، والبروم (Br)، أو اليود (I). وتحتوي مركبات الهالوكربون المهلجنة بالكامل على الكربون وذرات الهالوجين، في حين أن مركبات الهالوكربون المهلجنة جزئياً تحتوي أيضاً على ذرات هيدروجين (H). ومركبات الهالوكربون التي تطلق الكلور أو البروم أو اليود في الغلاف الجوي تسبب استنفاد الأوزون. كما أن مركبات الهالوكربون هي أيضاً من غازات الدفيئة. وتشمل مركبات الهالوكربون المركبات الكربونية الفلورية الكلورية (CFCs)، ومركبات الهيدروكربون الفلورية الكلورية (HCFCs)، ومركبات الهيدروكربون الفلورية (HFCs)، والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs)، والهالونات.

الهالونات
هي مركبات الهالوكربون المهلجنة بالكامل والتي تحتوي على ذرات البروم والفلور.

مركبات الهيدروكربون (HCs)
هي مركبات كيميائية تتألف من ذرة واحدة أو أكثر من الكربون محاطة بذرات هيدروجين فقط.

مركبات الهيدروكربون الفلورية الكلورية (HCFCs)
هي مركبات الهالوكربون التى لا تحتوى إلا على ذرات الهيدروجين والكلور والفلور والكربون. ولأن هذه المركبات (HCFCs) تحتوي على الكلور فهي تسهم في نفاد الأوزون. وهي أيضاً من ضمن غازات الدفيئة.

مركبات الهيدروكربون الفلورية (HFCs)
هي مركبات الهالوكربون التى لا تحتوى إلا على ذرات الكربون والهيدروجين والفلور. ولأنها لاتحتوي على الكلور أو البروم أو اليود فهى لاتستنفد طبقة الأوزون. وهي كغيرها من مركبات الهالوكربون غازات دفيئة قوية.

مركبات الهيدروفلوروإيثير (HFEs)
هي مواد كيميائية تتألف من الهيدروجين والفلور والإيثير، ولها خصائص أداء مماثلة لبعض المواد المستنفدة للأوزون (ODSs) التي تستخدم كمذيبات.

تقدير دورة العمر (LCA)
هو تقدير للأثر البيئي الكلي لمنتج ما طوال فترة حياته (الصناعة والاستعمال وإعادة التدوير أو الصرف).

دورة عمر الأداء المناخي (LCCP)
هي مقياس للأثر الكلي للاحترار العالمي من المعدات على أساس الانبعاثات الكلية من غازات الدفيئة ذات الصلة طوال دورة الحياة. ودورة الأداء المناخي هي امتداد للمكافئ الكلي لتأثير الاحترار (TEWI). ويراعى في القياس LCCP كذلك الانبعاثات المباشرة الهاربة، الناشئة أثناء التصنيع وانبعاثات غازات الدفيئة المرتبطة بالطاقة الداخلة فيها.

جرعة المستنشقات المقيسة (MDIs) (الهباءات الطبية)
هي طريقة لتعاطي عقاقير علاج الرئة عن طريق الاستنشاق.

المواد القابلة للاختلاط
هي قدرة سائلين أو غازين على التحلل المنتظم كل في الآخر. والسوائل غير المخلوطة تنفصل إلى طبقتين يمكن تمييزهما.

التكنولوجيات المغايرة (NIK)
هذه التكنولوجيات تحقق هدف المنتج ذاته دون استخدام مركبات الهالوكربون، وتتم نمطياً باتباع نهج بديل أو تقنية غير تقليدية. وتشمل الأمثلة عليها استخدام مضخات أو قضبان إزالة العرق لتحل محل مزيلات العرق الهبائية باستخدام المركبات CFC-12؛ واستخدام الصوف المعدني ليحل محل المركبات CFC وHFC أوHCFC للرغاوى العازلة؛ واستخدام مساحيق الاستنشاق الجافة (DPIs) لتحل محل جرعات الاستنشاق المقيسة CFC أوجرعة المستنشقات المقيسة (MDIs) من مركبات الهيدروكربون الفلورية (HFC) .

رغاوى المكون الواحد (OCF)
هي الرغوة التي يكون فيها عامل النفخ بمثابة عامل رغوة وعامل دفع في وقت واحد. وتستخدم هذه الرغاوى أولياً في سد الفجوات (لمنع تسرب الهواء) بدلاً من العزل الحراري في حد ذاته. وبهذه الطريقة يكون استخدام عامل النفخ عامل انبعاث كامل.

الأوزون
هو الشكل ثلاثي الذرة للأكسجين (O3) وهو مكون غازي للغلاف الجوي. وهو ينشأ في التروبوسفير من التفاعلات الضوئية الكيميائية التي تشمل غازات وتحدث طبيعياً وتنجم عن الأنشطة البشرية (ضخان). ويعمل أوزون التروبوسفير كواحد من غازات الدفيئة. وينشأ الأوزون في الستراتوسفير من التفاعل بين الأشعة الشمسية فوق البنفسجية والأكسجين الذري (O2). ويؤدي أوزون الستراتوسفير دوراً رئيسياً في التوازن الإشعاعي في الستراتوسفير. ويكون تركيزه أعلى ما يكون في طبقة الأوزون.

المواد المستنفدة للأوزون (ODSs)
هي المواد المعروف أنها تستنفد أوزون الستراتوسفير. وهذه المواد مقيدة بموجب بروتوكول مونتريال وتعديلاته وهي المركبات الكربونية الفلورية الكلورية (CFCs) ومركبات الهيدروكربون الفلورية الكلورية (HCFCs) والهالونات، وبروميد الميثيل (CH3Br)، وتتراكلوريد الكربون (CCL4)، وكلوروفورم الميثيل (CH3CCL3)، ومركبات الهيدروكربون الفلورية البرومية (HBFCs)، والبروموكلوروميثان.

نفاد الأوزون
هو الإتلاف الكيميائي المتسارع لطبقة أوزون الستراتوسفير بوجود مواد تنتج عن الأنشطة البشرية.

المركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs)
هي مركبات هالوكربون منتجة بالتركيب ولاتحتوي إلا على ذرات الكربون والفلور. وهى تتميز بقوة بالغة على الثبات وعدم القابلية للاشتعال وبانخفاض السمية وعدم وجود مواد مستنفدة للأوزون وبقدرتها العالية على الاحترار العالمي.

التأثير الإشعاعي
التأثير الإشعاعي هو التغير في الإشعاعية الصافية (ويعبر عنها بالواط في المتر المربع: Wm2) في التروبوبوز بسبب تغير داخلي أو تغير التأثير الخارجي للنظام المناخي، كتغير في تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO2) في الغلاف الجوي أو في الناتج الشمسي. وفي العادة يحسب التاثير الإشعاعي بعد مراعاة تكيف درجات الحرارة في الستراتوسفير مع التوازن الإشعاعي، ولكن مع تثبيت جميع خواص التروبوسفير بقيم لاتتغير. والتأثير الإشعاعي يسمى آنياً إذا لم يحسب حساب تغيير في درجة حرارة الستراتوسفير. انظر أيضاً: احتمالات الاحترار العالمي.

الاسترداد
هو جمع وتخزين المواد المتحكم فيها من الآلات والمعدات والسفن الحاوية وما إلى ذلك، أثناء الخدمة أو قبل الصرف دونما حاجة إلى اختبار أو معالجة بالضرورة بأي طريقة من الطرق.

إعادة التدوير
هي إعادة استخدام مادة متحكم فيها مستردة بعد عملية تنظيف أساسية مثل الفلترة أو التجفيف. وبالنسبة للمبردات فإن إعادة التدوير تشتمل عادة على إعادة شحن في جهاز وهو ما يحدث غالباً "في الموقع".

المبردات (التبريد)
هي عامل نقل حرارة، وهي عادة سائلة، وتستخدم في الأجهزة من قبيل المبردات والمجمدات وأجهزة تكييف الهواء.

المذيب
هو أي منتج (مائي أو عضوي) مخصص لتنظيف مكون أو تركيبة بإذابة الملوثات الموجودة على سطحه.

التكاليف المحددة (لخيارات الإزالة)
هي الفرق في التكاليف بين خيار الإزالة مقارناً بحالة مرجعية، يعبر عنها بوحدات محددة ذات صلة. وفي هذا التقرير فإن التكاليف المحددة لخيارات الحد من انبعاثات غازات الدفيئة يعبر عنها عموماً بالدولارات الأمريكية لكل طن من مكافئات ثاني أكسيد الكربون التى أمكن تلافيها (دولار لكل طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون).

سيناريوهات التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات
هي سيناريوهات الانبعاثات التى أعدتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات (2000).

الستراتوسفير
هو المنطقة الطبقية العالية من الغلاف الجوي فوق التروبوسفير. وهى تمتد من ارتفاع نحو 8 كيلومترات في خطوط العرض العالية و16 كيلومتراً في المناطق المدارية إلى ارتفاع نحو 50 كيلومتراً. وتتميز هذه المنطقة بتزايد درجات الحرارة بالارتفاع.

المكافئ الكلي لتأثير الاحترار (TEWI)
هو قياس للتأثير الكلي على الاحترار العالمي من جراء الأجهزة القائمة على مجموع انبعاثات غازات الدفيئة أثناء تشغيل المعدات وتصريف سوائل التشغيل في نهاية عمرها. وهذا التأثير الكلي TEWI يراعي الانبعاثات المباشرة الهاربة والانبعاثات غير المباشرة التي تنتج من الطاقة المستهلكة في تشغيل المعدات. وهذا المعادل الكلي (TEWI) يقاس بوحدات كتلة مكافئ ثانى أكسيد الكربون. انظر أيضاً دورة عمر الأداء المناخي (LCCP).

التروبوسفير
هو الجزء الأدنى من الغلاف الجوي فوق سطح الأرض، الذي تحدث فيه السحب والظواهر "الجوية". ويكون سمك التروبوسفير في المتوسط 9 كيلومترات في خطوط الطول المرتفعة، و10 كيلومترات في الخطوط المتوسطة و16 كيلومتراً في الخطوط المدارية. وفي العادة تتناقص درجات الحرارة في التروبوسفير بالارتفاع.

المرفق الثاني: المعادلات و المصطلحات الرئيسية

يعرض هذا المرفق المعادلات والمصطلحات المستخدمة لعدة أنواع محتوية على الهالوجين وأنواع أخرى أشير إليها في الملخص لصانعي السياسات.

فبروتوكول مونتريال بشأن المواد التي تستنفد طبقة الأوزون هو الذي ينظم إنتاج واستهلاك مركبات الهالوكربون التالية: المركبات الكربونية الفلورية الكلورية (CFCs) ومركبات الهيدروكربون الفلورية الكلورية (HCFCs) والهالونات، ومركبات الهيدروكربون الفلورية البرومية (HBFCs)، ورباعي كلوريد الكربون (CCL4)، وكلوروفورم الميثيل (CH3CCL3)، وبروميدالميثيل (CH3Br)، وبروموكلوروالميثان (CH2BrCL).

وتغطي اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) الانبعاثات البشرية المنشأ من غازات الدفيئة التي لاتخضع لبروتوكول مونتريال. أما بروتوكول كيوتو الملحق باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ فيغطي سلة ثاني أكسيد الكربون في غازات الدفيئة، والميثان (CH4) وأكسيد النتروز (N2O) ومركبات الهيدروفلوروكربون (HFCs) والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs) وهكسافلوريد الكبريت (SF6).

مركبات الهالوكربون

ترد المعلومات التالية عن كل هالوكربون فى أعمدة:

- المركب الكيميائي [عدد الإيسومرات إذا كانت أكثر من واحدة] (أو الاسم العادي)
- المعادلات الكيميائية
- الاسم الكيميائي (أو الاسم البديل)

مركبات الهيدروكربون الفلورية الكلورية (HCFCs)		[الإنتاج والاستهلاك ينظمهما بروتوكول مونتريال][1]
CFC-11	CCl_3F	Trichlorofluoromethane
CFC-12	CCl_2F_2	Dichlorodifluoromethane
CFC-13	$CCIF_3$	Chlorotrifluoromethane
CFC-113 [2]	$C_2Cl_3F_3$	Trichlorotrifluoroethane
CFC-113	CCI_2FCCIF_2	1,1,2 Trichloro-1,2,2-trifluoroethane
CFC-113a	CCl_3CF_3	1,1,1 Trichloro-2,2,2-trifluoroethane
CFC-114 [2]	$C_2Cl_2CF_4$	Dichlorotetrafluoroethane
CFC-114	$CCIF_2CCIF_2$	1,2-Dichloro-1,1,2,2-tetrafluoroethane
CFC-114a	CCl_2FCF_3	1,1-Dichloro-1,2,2,2-tetrafluoroethane
CFC-115	$CCIF_2CF_3$	Chloropentafluoroethane

[1] يلاحظ أن المواد المعروضة هنا هى مجموعة مختارة من المواد التي ينظمها بروتوكول مونتريال.

مركبات الهيدروكربون الفلورية الكلورية (HCFCs)		[الإنتاج والاستهلاك ينظمهما بروتوكول مونتريال][1]
HCFC-21	$CHCl_2F$	Dichlorofluoromethane
HCFC-22	$CHClF_2$	Chlorodifluoromethane
HCFC-123 [3]	$C_2HCl_2F_3$	Dichlorotrifluoroethane
HCFC-123	$CHCl_2CF_3$	2,2-Dichloro-1,1,1-trifluoroethane
HCFC-123a	$C_2HCl_2F_3$	1,2-Dichloro-1,1,2-trifluoroethane
HCFC-123b	$C_2HCl_2F_3$	1,1-Dichloro-1,2,2-trifluoroethane
HCFC-124 [2]		Chlorotetrafluoroethane
HCFC-124a	$CHClFCF_3$	2-Chloro-1,1,1,2-tetrafluoroethane
HCFC-124b	C_2HClF_4	1-Chloro-1,1,2,2-tetrafluoroethane
HCFC-141b	$CH_3CCl F_2$	1,1-Dichloro-1-fluoroethane
HCFC-142b	CH_2CClF_2	1-Chloro-1,1-difluoroethane
HCFC-225ca	$CHCl_2CF_2CF_3$	3,3-Dichloro-1,1,1,2,2-pentafluoropropane
HCFC-225cb	$CHClFCF_2CClF_2$	1,3-1Dichloro-1,1,2,2,3-pentafluoropropane

الهالونات		[الإنتاج والاستهلاك ينظمهما بروتوكول مونتريال][1]
Halon-1202	CBr_2F_2	Dibromodifluoromethane
Halon–1211	$CBrClF_2$	Bromochlorodifluoromethane (Chlorodifluorobromomethane), R-12B1
Halon–1301	$CBrF_2$	Bromotrifluoromethane, R-13B1
Halon–2402	$CBrF_2CBrF_2$	1,2-Dibromotetrafluoroethane (1,1,2,2-Tetrafluoro-1,2-dibromoethane, 1,2-Dibromo-1,1,2,2-tetrafluoroethane)

مركبات الهالوكربون الأخرى		[الإنتاج والاستهلاك ينظمهما بروتوكول مونتريال][1]
Carbon tetrachloride	CCl_4	Halon 104, R–10
Methyl chloroform	CH_3CCl_3	1,1,1–Trichloroethane
Methyl bromide	CH_3Br	Halon-1001, Bromomethane
Bromochloromethane	CH_2BrCl	Halon–1011

[1] يلاحظ أن المواد المعروضة هنا هي مجموعة مختارة من المواد التي ينظمها بروتوكول مونتريال.

مركبات الهيدرو كربون الفلورية (HFCs)		
HFC-23	CHF_3	Trifluoromethane
HFC-32	CH_2F_2	Difluoromethane (Methylene fluoride)
HFC-41	CH_3F	Fluoromethane (Methyl fluoride)
HFC-125	CHF_2CF_3	Pentafluoroethane
HFC-134 [2]	$C_2H_2F_4$	Tetrafluoroethane
HFC-134	CHF_2CHF_2	1,1,2,2-Tetrafluoroethane
HFC-134a	CH_2FCF_2	1,1,1,2-Tetrafluoroethane
HFC-143 [2]	$C_2H_3F_3$	Trifluoroethane
HFC-143	CH_2FCHF_2	1,1,2-Trifluoroethane
HFC-143a	CH_3CF_3	1,1,1-Trifluoroethane
HFC-152 [2]	$C_2H_3F_3$	Difluoroethane
HFC-152	CH_2FCH_2F	1,2-Difluoroethane
HFC-152a	CHF_2CH_3	1,1-Difluoroethane
HFC-161	CH_3CH_2F	Monofluoroethane (Ethyl fluoride)
HFC-227 [2]	C_3HF_7	Heptafluoropropane
HFC-227ca	$CF_3CF_2CHF_2$	1,1,1,2,2,3,3-Heptafluoropropane
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropane
HFC-236 [4]	$C_3H_2F_6$	Hexafluoropropane
HFC-236ca	$CHF_2CF_2CHF_2$	1,1,2,2,3,3-Hexafluoropropane
HFC-236cb	$CH_2FCF_2CF_3$	1,1,1,2,2,3-Hexafluoropropane
HFC-236ea	CHF_2CHFCF_3	1,1,1,2,3,3-Hexafluoropropane
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	1,1,1,3,3,3-Hexafluoropropane
HFC-245 [5]	$C_3H_3F_5$	Pentafluoropropane
p.ej. HFC-245ca	$CH_2FCF_2CHF_2$	1,1,2,2,3-Pentafluoropropane
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_2$	1,1,1,3,3-Pentafluoropropane
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	1,1,1,3,3-Pentafluorobutane
HFC-43-10º	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-Decafluoropentane (2H,3H-Perfluoropentane)
HFC-c-447ef		c-$C_5H_3F_7$ Heptafluorocyclopentane

المركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs)		
PFC–14	CF_4	Tetrafluoromethane (Carbon tetrafluoride)
PFC–116	C_2F_6 (CF_3CF_3)	Perfluoroethane (Hexafluoroethane)
PFC–218	$C_3F_2(CF_3CF_2CF_3)$	Perfluoropropane (Octafluoropropane)
PFC–318 o PFC–c318	c–C_4F_8(-$(CF_2)_4$-)	Perfluorocyclobutane (Octafluorocyclobutane)
PFC–3-1-10	C_4F_{10}	Perfluorobutane
PFC–5-1-14	C_6F_{14}	Perfluorohexane
PFC–6-1-16	C_7F_{16}	Perfluoroheptane
PFC–7-1-18		C_8F_{18} Perfluorooctane

مركبات الإيثير المفلورة		
HFE–449s1	$C_5H_3F_9O$ $CF_3(CF_2)_3OCH_3$ $(CF_3)_2CFCF_2OCH_3$	Methyl nonafluorobutyl ether Perfluoroisobutyl methyl ether
HFE-569sf2	$C_6H_5F_9O$ $CF_3(CF_2)_3OCF_3CF_3$ $(CF_3)_2CFCF_2OCF_2CF_3$	 Ethyl perfluorobutyl ether Ethyl perfluoroisobutyl ether
HFE-347pcf2	$C_4H_3F_7O$ $(CF_3CH_2OCF_2CHF_2)$	1,1,2,2-Tetrafluoroethyl 2,2,2-trifluoroethyl ether

مركبات الهالوكربون الأخرى		
Trifluoroacetic acid (TFA)	$C_2HF_3O_2$ (CF_3COOH)	Perfluoric acid

المركبات الهيدروكربونية غير المهلجنة

Methane	CH_4	R–50
Ethan	C_2H_6 (CH_3CH_3)	R–170
Propane	C_3H_2 $(CH_3CH_2CH_3)$	R–290
Butane	C_4H_{10} $(CH_3CH_2CH_2CH_3)$	R–600, n–butane
Isobutane	C_4H_{10} $((CH_3)_2CHCH_2)$	R–600a, i–butane, 2–Methylpropane
Pentane	C_5H_{12} $((CH_3(CH_2)_3CH_3)$	R–601, n–pentane
Isopentane	C_5H_{12} $((CH_3)_2CHCH_2CH_3)$	R–601a, i–pentane, 2–Methylpropane