

Distr.: General
00 July 2006

Arabic
Original: English

برنامج الأمم المتحدة للبيئة



اتفاقية استكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة
لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة
الاجتماع الثاني
جنيف ٦ - ١٠ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٦
البند ٥ (هـ) من جدول الأعمال المؤقت*
النظر في مشاريع مواجيز بيانات المخاطر بشأن:
السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين

مشروع موجز بيانات المخاطر: السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين

مذكرة الأمانة

- ١ - اعتمدت لجنة استعراض الملوثات العضوية في اجتماعها الأول المقرر: لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة - ٧/١ بشأن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين^(١). وقررت اللجنة في الفقرة ٢ من المقرر أن تنشئ فريقاً عاماً مخصصاً لمواصلة استعراض الاقتراح الذي يفيد بإدراج السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في المرفق ألف من الاتفاقية (UNEP/POPS/POPRC.1/9) وقررت اللجنة كذلك في الفقرة ٣ من المقرر أنه ينبغي معالجة القضايا المتصلة بإدراج سلائف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين المحتملة أثناء وضع مشروع موجز بيانات المخاطر.
- ٢ - وترد قائمة بأعضاء الفريق العامل المخصص المعني بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمراقبين فيه في المرفق الرابع من الوثيقة UNEP/POPS/POPRC.1/10.

* UNEP/POPS/POPRC.2/1

(١) UNEP/POPS/PROPRC.1/10، المرفق الأول.

٣- واعتمدت اللجنة في اجتماعها الأول خطة عمل معيارية بشأن إعداد مشروع موجز بيانات المخاطر.^(٢)

٤- وتوجز عملية وضع مشاريع مواجيز بيانات المخاطر في الوثيقة UNEP/POPS/POPRC.2/INF/14.

٥- أعد الفريق العامل المعني بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، وفقا للمقرر: لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة-٧/١ وخطة العمل المعيارية التي اعتمدها اللجنة، مشروع موجز بيانات المخاطر الوارد في مرفق المذكرة الحالية. ولم يتم تحرير مشروع موجز بيانات المخاطر بصفة رسمية.

الإجراء الذي يمكن أن تتخذه اللجنة

٦- قد ترغب اللجنة في أن:

(أ) تعتمد، مع أي تعديلات، مشروع موجز بيانات المخاطر الوارد في مرفق المذكرة الحالية؛

(ب) تقرر، وفقا للفقرة ٧ من المادة ٨ من الاتفاقية واستنادا إلى موجز بيانات المخاطر، ما إن كان من المحتمل أن تؤدي المادة، نتيجة لانتقالها بعيد المدى، إلى آثار ضارة ذات شأن على صحة البشر و/أو على البيئة مما يبرر اتخاذ إجراء عالمي بهذا الشأن، وأنه سيتم الأخذ بالمقترح؛

(ج) توافق، تبعا للمقرر المتخذ بموجب الفقرة (ب) آنفا:

'١' على دعوة جميع الأطراف والمراقبين إلى تقديم معلومات وفقا للمرفق واو من الاتفاقية، وإنشاء فريق عامل مخصص لوضع مشروع تقييم لإدارة المخاطر، والموافقة على خطة عمل لاستكمال وضع المشروع؛

'٢' أو، إتاحة موجز بيانات المخاطر لجميع الأطراف والمراقبين، وتنحيته جانبا.

(٢) المرجع السابق، الفقرة ٤٢ والمرفق الثاني.

السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين

مشروع عمل لموجز بيانات المخاطر

مشروع معد من أجل الفريق العامل المخصص المعني بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وفقا لما قرره لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة التابعة لاتفاقية استكهولم.

أعدت مديرية تفتيش المواد الكيميائية السويدية هذا المشروع المنقح لموجز البيانات

تموز/يوليه ٢٠٠٦

٥	.....	١ - مقدمة
٥	.....	١-١ الهوية الكيميائية للمادة المقترحة
٨	.....	٢-١ استنتاجات لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة للمعلومات الواردة في المرفق دال
٨	.....	٣-١ مصادر البيانات
٨	.....	٤-١ موجز لمعلومات المخاطر المتاحة
٩	.....	٥-١ حالة المادة الكيميائية بموجب الاتفاقيات الدولية
١٠	.....	٢ - ملخص المعلومات الوثيقة الصلة بموجز بيانات المخاطر
١٠	.....	١-٢ المصادر
١٠	.....	١-١-٢ الإنتاج والتجارة
١١	.....	٢-١-٢ الاستخدامات
١٦	.....	٣-١-٢ عمليات الإطلاقات في البيئة
١٨	.....	٢-٢ المصدر البيئي
١٨	.....	١-٢-٢ الثبات
١٨	.....	٢-٢-٢ التراكم الأحيائي
٢٢	.....	٣-٢-٢ الانتقال البيئي بعيد المدى
٢٣	.....	٣-٢ التعرض
٣١	.....	١-٣-٢ التوافر البيولوجي
٣٢	.....	٤-٢ تقييم المخاطر بالنسبة للنتائج النهائية المثيرة للاهتمام
٣٢	.....	١-٤-٢ السمية في الثدييات
٣٤	.....	٢-٤-٢ السمية الإيكولوجية
٣٤	.....	٣ - توليفة للمعلومات
٣٧	.....	٤ - بيان ختامي
٣٨	.....	المراجع

موجز تنفيذي

١ - مقدمة

١-١ الهوية الكيميائية للمادة المقترحة

تقدمت حكومة السويد في ١٤ تموز/يوليه ٢٠٠٥ باقتراح بإدراج السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين و ٩٦ مادة متصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في المرفق ألف من اتفاقية استكهولم بشأن الملوثات العضوية الثابتة.

الاسم الكيميائي: سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين

المعادلة الجزيئية: $C_8F_{17}SO_3^-$

ليس للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين رقم معين في سجل المستخلصات الكيميائية. وترد أدناه بيانات الحامض السلفوني الأب وبعض أملاحه الهامة من الناحية التجارية:

الحامض السلفوني المشبع بالفلورو أوكتين (الرقم في سجل المستخلصات الكيميائية: ١٧٦٣-٢٣-١)

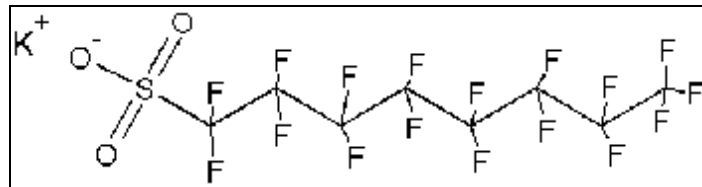
ملح البوتاسيوم (الرقم في سجل المستخلصات الكيميائية: ٢٧٩٥-٣٩-٣)

ملح الديثانولامين (الرقم في سجل المستخلصات الكيميائية: ٧٠٢٢٥-١٤-٨)

ملح الأمونيا (الرقم في سجل المستخلصات الكيميائية: ٢٩٠٨١-٥٦-٩)

ملح الليتيوم (الرقم في سجل المستخلصات الكيميائية: ٢٩٤٥٧-٧٢-٥)

المعادلة الهيكلية



الشكل ١: المعادلة الهيكلية للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين مبينة في صورة ملح البوتاسيوم الناتج عنها.

تعتبر السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين شاردة مفلورة بالكامل، ويشيع استخدامها كملح أو مدمجة في ممتاثرات (بوليمرات) أكبر. والسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، ومركباته الوثيقة الصلة به، والتي تحتوي على شوائب أو مواد من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين يمكن أن تؤدي إلى تكون سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين، تعتبر جزءاً من أسرة كبيرة من أسرة السلفونات المشبعة بالفلور ألكيل. وترد الخواص الفيزيائية والكيميائية لملح البوتاسيوم الناتج عن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الجدول ٢.

الجدول ٢: الخواص الفيزيائية والكيميائية لملاح البوتاسيوم الناتج عن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. (البيانات مأخوذة من منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢، ما لم يذكر خلاف ذلك).

الخاصية	القيمة
الظهور عند درجة حرارة وضغط عاديين	مسحوق أبيض
الوزن الجزيئي	٥٣٨ غم/جزئي
ضغط البخار	٣،٣١ × ١٠ - ٤ باسكال
إمكانية الذوبان في ماء نقي	٥١٩ ملليغم/لتر (٢٠ ± ٠،٥ مئوية) ٦٨٠ ملليغم/لتر (٢٤ - ٢٥ مئوية)
درجة الذوبان	< ٤٠٠ درجة مئوية
درجة الغليان	غير قابلة للقياس
لوغاريتم معامل تفريق الماء	غير قابلة للقياس
معامل الفصل بين الهواء والماء	> ٢ × ١٠ - ٦ (٣M، ٢٠٠٣)
قانون هنري للثوابت	3,09 x 10 ⁻⁹ atm m ³ /mol pure water

ويمكن تكوين السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين (بواسطة تحلل ميكروبي أو بواسطة تأييض في كائنات عضوية أكبر) من المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، أي الجزيئات المحتوية على شاردة سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين المبين في الشكل ١. ورغم أنه لا يمكن التنبؤ بسهولة بالمساهمة الصافية النهائية لفرادى المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الأحمال البيئية للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، فإنه يعتبر هنا أن أي جزيئ يحتوي على شاردة من سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين يمكن أن يكون سليفة لسلفونات مشبعة بالفلور أوكتين.

ومعظم المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين عبارة عن متماثرات (بوليمرات) ذات أوزان جزيئية عالية تشكل سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين فيها مجرد قسم من المتماثر ومنتجا نهائيا (منظمة التنمية والتعاون في المجال الاقتصادي، ٢٠٠٢). وقد حددت المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين بشكل مختلف إلى حد ما في مختلف السياقات، ويوجد في الوقت الراهن عدد من قوائم المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين (الجدول ٣). وتحتوي القوائم على أعداد متبانية من المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين التي يعتقد أن لها قدرة على التفكك إلى سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين. وتتداخل القوائم بدرجات متبانية تبعا للمواد قيد النظر والتداخل بين القوائم الوطنية للمواد الكيميائية الموجودة.

الجدول ٣: عدد من المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين المقترحة من قبل وزارة البيئة والأغذية والشؤون الريفية - المملكة المتحدة ووكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية ومنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي واتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي (OSPAR) وكندا.

المصدر	عدد المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين
وزارة البيئة والأغذية والشؤون الريفية - المملكة المتحدة (٢٠٠٤)	٩٦
وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية (٢٠٠٢، ٢٠٠٦)	٨٨ (١) + ١٨٣ (١)
منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي	١٧٢ (١) (٢٢ فئة من مواد السلفونات المشبعة بالفلور ألكيل)
اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي (أوسبار) (٢٠٠٢)	٤٨
كندا (٢٠٠٤)	٥٧

(١) ثمة مواد مشبعة بالفلور ذات أطوال مختلفة في السلسلة الكربونية مدرجة في القائمة.

وقد يسفر عدد كبير من المواد عن سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين ومن ثم يساهم في مشكلة التلوث. وقد اقترحت وزارة البيئة والأغذية والشؤون الريفية - المملكة المتحدة (٢٠٠٤) مؤخرًا قائمة من ٩٦ مادة متصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. بيد أن خواص هذه المجموعة من المواد لم تتحدد بصفة عامة. ووفقًا لما جاء في 3M، (عريضة مقدمة إلى أمانة اتفاقية استكهولم، ٢٠٠٦) فقد تكون لها صفات بيئية مختلفة جدًا مثل إمكانية الذوبان والثبات والقدرة على أن تمتص أو أن تتأبض. ورغمًا عن ذلك، فمن المتوقع أن تفضي جميع هذه المواد إلى التحلل النهائي للمنتج إلى سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين.

يحدد تقييم المخاطر الإيكولوجية الذي أجرته هيئة البيئة الكندية سلائف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين على أنها مواد تحتوي على شاردة سلفونيل مشبع بالفلور أوكتيل ($C_8F_{17}SO_2$, $C_8F_{17}SO_3$, or $C_8F_{17}SO_2N$) لديه إمكانية التحول أو التحلل إلى سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين. وينطبق مصطلح "سليفة"، وإن لم يكن مقتصرًا على ذلك، على نحو ٥٠ مادة محددة في التقييم الإيكولوجي. بيد أن هذه القائمة لا تعتبر مستنفذة حيث قد توجد مركبات مشبعة بالفلور ألكيل أخرى تعتبر أيضًا سلائف للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. وقد تم تجميع هذه المعلومات استنادًا إلى مسح للصناعة، وتقدير الخبراء، ونمذجة بنظام CATABOL، فحص فيه ٢٥٦ مركبًا مشبعًا بالفلور ألكيل لتحديد ما إن كان من المتوقع أن تتحلل المكونات غير الفلورية في كل مادة بشكل كيميائي و/أو كيميائي عضوي، وما إن كان من المنتبأ أن يكون المنتج المتحلل النهائي المشبع بالفلور عبارة عن سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين. وفي حين أن التقييم لم ينظر في الآثار المضافة للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وسلائفه، فمن المسلم به أن سلائف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تساهم في التحميل البيئي النهائي بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. وقد تقوم السلائف أيضًا بدور رئيسي في الانتقال البعيد المدى والتحلل اللاحق إلى سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين في مناطق نائية، مثل المنطقة القطبية الكندية.

وبغية عدم استبعاد مواد قد تكون سلائف للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، فإن المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين/سلائف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين المحتملة تُعرّف في هذه الوثيقة على أنها جميع الجزئيات التي لديها التركيبة الجزئية التالية: $C_8F_{17}SO_2Y$, where $Y = OH$ ، وملح معدني، وهاليد، وأميد، ومشتقات أخرى بما في ذلك المتماثرات. وقد اقترح الاتحاد الأوروبي (لجنة المواد الكيميائية بالاتحاد الأوروبي، ٢٠٠٥) هذا التعريف.

١-٢ استنتاجات لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة للمعلومات الواردة في المرفق دال

قامت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة بتقييم المرفق دال في اجتماعها الأول في جنيف، في الفترة ٧-١١ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٥، وخلصت إلى أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تفي بمعايير الفرز المحددة في المرفق دال (المقرر: لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة - ٧/١: السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين).

١-٣ مصادر البيانات

تبنى هذه الوثيقة عن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين بالدرجة الأولى على معلومات جمعت في تقرير تقييم المخاطر الذي أعدته المملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية من أجل منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، وفي استراتيجية المملكة المتحدة للحد من المخاطر.

OECD (2002) Co-operation on Existing Chemicals - Hazard Assessment of Perfluorooctane Sulfonate and its Salts, Environment Directorate Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 21 November 2002.

Risk & Policy Analysts Limited (RPA & BRE, 2004) in association with BRE Environment, Perfluorooctane Sulfonate – Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks, Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales.

وقد اشتمل ذلك أيضا على معلومات حديثة العهد وثيقة الصلة من الأدبيات العلمية العلنية (حتى أيار/مايو ٢٠٠٦). كما أدرج في هذا التقرير بيانات مجمعة من الأطراف والمراقبين، جرى النظر فيها، حيثما كانت تضيف معلومات جديدة.

١-٤ موجز لمعلومات المخاطر المتاحة

خلص تقييم مخاطر السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، الذي أعدته منظمة التعاون والتنمية في المجال الاقتصادي في عام ٢٠٠٢، إلى أن وجود السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وثباتها في البيئة، علاوة على سميتها وإمكانات تراكمها الأحيائي، تشير إلى ما يثير القلق بالنسبة للبيئة وصحة البشر.

يبين تقييم للمخاطر البيئية أعدته وكالة البيئة في المملكة المتحدة، وناقشته الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي تحت مظلة اللائحة التنظيمية للمواد القائمة (ESR DIR 793/93)، أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تثير الانشغال.

وقد طرحت مشاريع التقييم التي أعدتها بيئة كندا/صحة كندا للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وأملاحها وسلاتفها على الجمهور للتعليق عليها في تشرين الأول/أكتوبر ٢٠٠٤. وقد نقح التقييم الإيكولوجي وتقييم صحة البشر في وقت لاحق، وينبغي أن يكونا متاحين في القريب العاجل. وقد خلص تقييم المخاطر الإيكولوجية إلى أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين ثابتة ومتراكمة أحيائيا، وقد يكون لها آثار ضارة فورية أو طويلة الأجل على البيئة.

وقد قدمت السويد إخطارا للمفوضية الأوروبية بخصوص القيود المقترحة على تسويق السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين واستخدامها ومشتقاتها المعروفة البالغة ٩٦ مشتقا. وتحظر اللائحة التنظيمية السويدية المقترحة المنتجات التي تحتوي كليا أو جزئيا على السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين أو على مواد متصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. ولا يجب عرض

هذه المنتجات للبيع أو تسليمها للمستهلكين للاستخدامات الفردية أو طرحها للبيع وتسليمها أو استخدامها تجارياً. ولن ينطبق هذا الحظر على السوائل الهيدروليكية المستهدفة للاستخدام في الطائرات.

وقد أخطرت المملكة المتحدة عن لائحة تنظيمية وطنية للسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين والمواد التي تتحلل إليها. وتحظر اللائحة التنظيمية المقترحة في المملكة المتحدة استيراد رغاوي مكافحة الحريق المحتوية على السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين إلى المملكة المتحدة. كما تحظر اللائحة عرض وتخزين واستخدام السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين من أجل أي استخدامات، وتفرض تناقضا محدد الزمن لاستخدامات معينة.

وقد اقترحت المملكة المتحدة والسويد التصنيفات التالية للسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين في الاتحاد الأوروبي (٢٠٠٥):

T سمي

R40 الفئة المسرطنة ٣؛ دليل محدود على تأثير مسرطن

R48/25 سمي؛ خطر حدوث أضرار جسيمة بالصحة بواسطة التعرض لوقت طويل إذا ما ابتلعت

R61 قد تسبب أذى للأطفال الذين لم يولدوا

R51/53 سمي للكائنات العضوية المائية، قد تسبب آثاراً ضارة طويلة الأجل في البيئة المائية

وينظر الاتحاد الأوروبي في الوقت الحالي في اقتراح بحظر السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين أو المركبات المتصلة بها في بعض المنتجات والمخلائط الكيميائية.

تنظر النرويج في الوقت الحالي في حظر استخدام رغاوي مكافحة الحريق المحتوية على السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين والمركبات المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين، وهو الاستخدام الرئيسي لتلك المركبات في النرويج في الوقت الحالي.

وقد أكملت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة وضع قاعدتي استخدام جديدتين هامتين جدا في عام ٢٠٠٢ تشترطان على الشركات أن تبلغوا الوكالة قبل تصنيع أو استيراد ٨٨ مادة مسجلة متصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين. واقترحت الوكالة مادة استخدام جديدة لها شأنها إضافية بموجب المادة ٥ (أ) (٢) من قانون مكافحة المواد السمية في آذار/مارس ٢٠٠٦ لكي تشمل في نطاق تلك اللائحة التنظيمية ١٨٣ سلفونات مشبعة بالفلور أو كتين أخرى ذات أطوال من السلاسل الكربونية تبلغ خمسة كربونات وأكثر. واقترحت الوكالة كذلك تعديلا في قاعدة استثناء المتماثر في آذار/مارس ٢٠٠٦ تلغي من الاستثناءات المتماثرات المحتوية على شاردات مشبعة بالفلور ألكيل تتكون من مركبات الكربون الفلورية-٣ أو سلاسل أطول، وتشترط أن تقدم إخطارات كيميائية جديدة بشأن تلك المتماثرات.

١-٥ حالة المادة الكيميائية بموجب الاتفاقيات الدولية

اتفاقية حماية البيئة البحرية لشمال شرق المحيط الأطلسي (أوسبار): أضيفت السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين إلى قائمة المواد الكيميائية للأعمال ذات الأولوية في حزيران/يونيه ٢٠٠٣.

بروتوكول الملوثات العضوية الثابتة التابع لاتفاقية تلوث الهواء بعيد المدى العابر للحدود: أقرت السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين وسلائفها في إطار المسار ألف ويجري استعراضها في الوقت الراهن في إطار المسار باء.

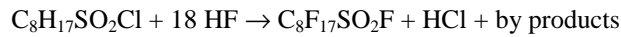
٢- ملخص المعلومات الوثيقة الصلة بموجز بيانات المخاطر

٢-١ المصادر

٢-١-١ الإنتاج والتجارة

عملية الإنتاج الرئيسية للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين هي الفلورة الكهروكيميائية وكانت تستخدمها 3M، وهي الجهة المنتجة العالمية الرئيسية للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين فيما قبل عام ٢٠٠٠.

• الفلورة المباشرة، الفلورة الكهروكيميائية:



ونائج التفاعل، الفلوريد السلفوني المشبع بالفلور أوكتين^(٣)، مادة وسيطة رئيسية لتوليف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. وتسفر طريقة الفلورة الكهروكيميائية عن مزيج من الماكينات (الإيزومرات) والمتماثلات لها سلسلة فلوريد سلفوني مشبع بالفلور أوكتين مباشرة من حوالي ٣٥-٤٠% من الكربون-٨. بيد أن منتجات الفلوريد السلفوني المشبع بالفلور أوكتين التجارية عبارة عن مزيج يتكون من زهاء ٧٠% شوائب خيطية و ٣٠% شوائب متفرعة مشتقة من الفلوريد السلفوني المشبع بالفلور أوكتين. ويقدر بأن الإنتاج العالمي لشركة 3M من الفلوريد السلفوني المشبع بالفلور أوكتين حتى توقف الإنتاج كان يبلغ ١٣٦٧٠ طناً مترياً (من ١٩٨٥ إلى ٢٠٠٢)، حيث بلغ أكبر حجم للإنتاج السنوي ٣٥٠٠ طن متري في عام ٢٠٠٠ (عريضة مقدمة من 3M إلى اتفاقية استكهولم، ٢٠٠٦). ومن الممكن أن يتفاعل الفلوريد السلفوني المشبع بالفلور أوكتين كذلك مع ميثيل الأمين أو إيثيل الأمين ليشكل إيثيل وميثيل استاميد السلفون المشبع بالفلور أوكتين- ن (N-EtFOSE and N-MeFOSE). وكان إيثيل وميثيل استاميد السلفون المشبع بالفلور أوكتين- ن حجري الأساس الرئيسيين في خطوط إنتاج شركة 3M. وتُشكل السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين بعد عملية الحلمهة (التحليل بالماء) الكيميائية أو الإنزيمية للفلوريد السلفوني المشبع بالفلور أوكتين (3M، ١٩٩٩).

وتتمثل طرائق الإنتاج الأخرى للمواد المؤلكلة المشبعة بالفلور في عمليتي الطرف الأقسومي والتماثل قليل الحدود. بيد أن المدى الذي تطبق به هاتين الطريقتين لإنتاج السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين غير واضح.

وأعلنت 3M في ١٦ أيار/مايو ٢٠٠٠ أن الشركة ستخلص تدريجياً طواعية من تصنيع السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين اعتباراً من عام ٢٠٠١ فصاعداً. وكان الإنتاج العالمي للشركة من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين يبلغ في عام ٢٠٠٠ زهاء ٣٧٠٠ طن متري. وتوقف حوالي ٩٠% من إنتاج الشركة من هذه المواد بنهاية عام ٢٠٠٠، وتوقف الإنتاج كلية ببداية عام ٢٠٠٣.

(٣) يختصر الفلوريد السلفوني المشبع بالفلور أوكتين في تقرير منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي،

٢٠٠٢، بالحروف PROSF.

وأفضى تخلص الشركة التدريجي الطوعي من إنتاج السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين إلى انخفاض في استخدام المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. ولا يرجع ذلك فقط إلى التوافر المحدود من هذه المواد (كان لدى الشركة في ذلك الوقت أكبر قدرة في العالم على إنتاج المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين)، وإنما أيضا إلى إجراءات متخذة داخل قطاعات الصناعات الوثيقة الصلة بتخفيض اعتماد الشركات على تلك المواد.

وقد قامت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة بتجميع قائمة عن الشركات غير الأمريكية التي يعتقد أنها تمد السوق العالمية بالمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. ومن بين هذه الشركات (مع استثناء شركة تابعة إلى 3M في بلجيكا)، تقع ست شركات في أوروبا، وست شركات في آسيا (أربعة منها في اليابان) وشركة واحدة في أمريكا اللاتينية (منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢). بيد أن القائمة قد لا تكون مستنفذة أو مجارية للوقت.

ووفقا للعريضة التي قدمتها اليابان مؤخرا إلى أمانة اتفاقية استكهولم في عام ٢٠٠٦، فإنه توجد جهة تصنيع واحدة في اليابان لا تزال تنتج السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين بكمية إنتاج تتراوح بين طن واحد إلى ١٠ أطنان (٢٠٠٥). وتنص العريضة المقدم من البرازيل على أن ملح الليثيوم التابع للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين لا يزال ينتج ولكن ليس هناك بيانات كمية متاحة.

٢-١-٢ الاستخدامات

المواد المشبعة بالفلور ذات سلاسل الكربون الطويلة، بما في ذلك السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، تعتبر صادة للشحوم وللماء على حد سواء. ولذلك، فإن المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تستخدم كعناصر نشطة سطحيا في التطبيقات المختلفة. وثبات هذه المواد المفرط يجعلها مناسبة للتطبيقات المرتفعة درجة الحرارة وللتطبيقات الملامسة لأحماض أو قواعد كيميائية قوية. إن خاصية الربط القوية لفلور الكربون هي التي تسبب ثبات المواد المشبعة بالفلور. لقد تأكد الاستخدام التاريخي للمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في التطبيقات التالية في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي:

- رغاوي مكافحة الحرائق
- السجاد
- الجلود/الملبوسات
- المنسوجات/مواد التنجيد
- الورق والتغليف
- طلاء التوكسية والمواد المضافة لطلاء التوكسية
- مواد التنظيف الصناعية والمترلية
- مبيدات الآفات ومبيدات الحشرات

وقد تم الحصول في دراسة المملكة المتحدة (RPQ & BRE، ٢٠٠٤) على معلومات مفصلة من القطاعات التالية التي تستخدم المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الوقت الراهن:

- استخدام أرصدة رغاوي مكافحة الحرائق القائمة

- صناعة التصوير الضوئي
- الطباعة التصويرية وأشباه الموصلات
- السوائل الهيدروليكية
- طلاء المعادن

وتنسب القطاعات المذكورة آنفا إلى المملكة المتحدة ولكنها تعتبر ذات طابع ممثل للاتحاد الأوروبي. بيد أنه لا يمكن استبعاد الاختلاف في نمط الاستخدامات الراهنة فيما بين البلدان الأعضاء في الاتحاد الأوروبي.

ولا تصنع السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين وسلائفها في كندا وإنما تستورد كمواد كيميائية أو منتجات من أجل الاستخدام الكندية. ويمكن أن تكون أيضا عبارة عن مكونات في المواد المصنعة المستوردة. ويقدر بأن غالبية السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين تستخدم كمواد صادة للمياه والزيت والدهون (مثلا، في الألياف والجلود والورق ومواد التغليف والأبسطة والسجاد) وكمواد خافضة للتوتر السطحي (مثلا في رغاوي مكافحة الحريق والمواد المضافة للتكسيات). (هيئة البيئة الكندية، ٢٠٠٤).

ولا تصنع السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين وسلائفها في الولايات المتحدة ولكن يمكن استيرادها كمواد كيميائية أو كمنتجات من أجل استخدامات محدودة نوعية استثنيت من القواعد التنظيمية. ويتألف ذلك من استخدامات كمادة مضافة لمنع التآكل في السوائل الهيدروليكية للطيران، والاستخدام كمكون في المواد المضادة للضوء، بما في ذلك مولد للحمض الضوئي أو كخافض للتوتر السطحي الضوئي، أو كمكون في التغطية المانعة للانعكاس التي تستخدم في عملية تصوير مجهرى لإنتاج أشباه الموصلات أو مكونات مماثلة في النبائط الإلكترونية المنمنمة أو غيرها، وتستخدم في عمليات التغطية من أجل التوتر السطحي، والتصريف الاستاتيكي، ومكافحة الالتصاق من أجل أفلام التصوير التناظرية والرقمية، والورق، وصفائح الطباعة، أو كخافضة للتوتر السطحي في الخلائط المستخدمة لتصنيع أفلام التصوير؛ والاستخدام كمادة وسيطة فقط لإنتاج مواد كيميائية أخرى تستخدم من أجل هذه الاستخدامات فقط لا غير. ومن الناحية التاريخية، استخدمت السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين وسلائفها أيضا كمواد خافضة للتوتر السطحي في رغاوي مكافحة الحرائق وفي منتجات التنظيف الصناعي والمتزلي، وفي منتجات السجاد والمنسوجات والجلود والتكسية الورقية، وفي مبيدات حشرة الأرضة. ومن الممكن أن يستمر استخدام المخزونات من السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين ومن المنتجات المحتوية على السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين التي كانت موجودة عند إصدار اللوائح التنظيمية للولايات المتحدة في عام ٢٠٠٢ في أي تطبيق حتى يتم استهلاكها بدون أن ينتهك ذلك اللوائح التنظيمية، فيما عدا أن منتجات مبيدات الآفات المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين تخضع لاتفاق تخلص تدريجي يحظر استخدامها بعد عام ٢٠١٥.

ويوجز الجدول أدناه الطلب الراهن التقديري على المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في تلك التطبيقات في الاتحاد الأوروبي (RPA & BRE، ٢٠٠٤).

الطلب الراهن التقديري (٢٠٠٤) على المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الاتحاد الأوروبي	
قطاع الصناعة	الكمية (كغم/سنة)
صناعة التصوير الضوئي	١٠٠٠
الطباعة التصويرية وأشباه الموصلات	٤٧٠
السوائل الهيدروليكية	٧٣٠
طلاء المعادن	١٠٠٠٠

وفي المسح الذي أجرته منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي في عام ٢٠٠٤ على إنتاج السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بها واستخدامها (نشر في عام ٢٠٠٥)، كان من الصعب فصل بيانات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين عن سلفونات الألكيل المشبعة بالفلور الأخرى.

رغاوي مكافحة الحرائق

يمكن تجميع رغاوي مكافحة الحرائق في فئتين رئيسيتين:

- أنواع الرغاوي المحتوية على الفلور
- أنواع الرغاوي الخالية من الفلور

ومنذ إعلان شركة 3M عن الوقف الطوعي لإنتاج المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، تناقص وجود السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الرغاوي المكافحة للحريق تدريجياً (RPA & BRE، ٢٠٠٤). ومن الناحية التاريخية، كانت أهم الواردات من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين ذاتها في كندا في شكل ملح بوتاسيوم يستخدم في رغاوي مكافحة الحرائق (هيئة البيئة الكندية، ٢٠٠٤). كما حددت كندا أن المخزونات الحالية من رغاوي مكافحة الحريق المحتوية على السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين يمكن أن تظل مصدراً له شأنه للإطلاقات.

وذكر مسح للصناعة في الولايات المتحدة الأمريكية أجراه "تحالف رغاوي مكافحة الحرائق" أن إجمالي المخزون من الرغاوي المائية المشكّلة للشرائح في الولايات المتحدة تبلغ زهاء ٩،٩ مليون غالون، نحو ٤٥% منها مخزونات تستند إلى السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تم إنتاجها قبل عام ٢٠٠٣، بينما تتألف ٥٥% الأخرى من رغاوي تستند إلى خلايا الطرف الأقسومي.

حماية المنسوجات والسجاد والجلود

كانت المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تستخدم لإضافة مقاومة للتربة والزيت والماء إلى المنسوجات، والملبوسات، والأثاث، والتنجيدات المتزلية، والسجاد، ومنتجات الجلود. ومنذ انسحاب 3M من السوق، فإن المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تستخدم بدرجة أقل بكثير في هذه التطبيقات (RPA & BRE، ٢٠٠٤).

حماية الورق ومواد التغليف

كانت المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تستخدم في صناعات التغليف والورق في كل من تغليف المواد الغذائية والتطبيقات التجارية لإضفاء مقاومة الشحوم والزيت والماء على الورق وورق الكرتون وركائز مواد التغليف. ووفقا لما ذكرته 3M، فإن المواد الكيميائية الفلورية كانت تستخدم في التطبيقات الملامسة للأغذية (الأطباق وحاويات الأغذية والحقائب وورق اللف) والتطبيقات غير الغذائية (الكرتون المطوي، والحاويات والأشكال غير الكربونية، وورق الأفتنة). ومنذ انسحاب 3M من السوق، فإن المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تستخدم بدرجة أقل بكثير في هذه التطبيقات (RPA & BRE، ٢٠٠٤).

مواد التوكسية والمواد المضافة إليها

تبين 3M، أن الشركة كانت تباع قبل تخلصها التدريجي الطوعي من إنتاج السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، مواد للتوكسية ومواد مضافة إليها تحتوي على متماثرات كيميائية فلورية كانت تستخدم بدون تخفيف أو مخففة بالماء أو بخلات البوتيل لنقل الخاصية الصادة للتربة والماء إلى السطوح (بما في ذلك ألواح دوائر الطباعة وأفلام التصوير الضوئي) (RPA & BRE، ٢٠٠٤). وتحتوي هذه المتماثرات على بقايا فلورية كربونية بتركيز ٤% أو أقل. ومن التطبيقات الأخرى للكسوات المائية حماية القرميد والرخام والخرسانة المسلحة. وليس من الواضح أي تلك المنتجات التي كانت تستند حقيقة إلى المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين.

ويبين مسح أحمري في المملكة المتحدة بين أعضاء الاتحاد البريطاني مواد التوكسية أن استخدام المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين لهذه الأغراض محدود جدا (RPA & BRE، ٢٠٠٤).

منتجات التنظيف الصناعي والمزلي (المواد الخافضة للتوتر السطحي)

كانت منتجات 3M المستندة إلى السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تباع في الماضي إلى طائفة من الجهات المشتغلة بالتركيبات الكيميائية من أجل تحسين رطوبة المنتجات المستندة إلى الماء التي تسوق كمنظفات قلووية، ومواد لتلميع الأرضية (لتحسين الرطوبة والاستواء)، وتنظيف أطقم الأسنان ومستحضرات غسيل الشعر. وكان العديد من هذه المنتجات (المنظفات القلووية، ومواد تلميع الأرضية ومستحضرات غسيل الشعر) تسوق للمستهلكين، وكان بعض المنتجات يباع أيضا للخدمات المعاونة في المنازل والخدمات التجارية. وكان عدد من المنظفات القلووية في صورة رذاذ.

وفيما يتعلق بصناعة منتجات التنظيف في المملكة المتحدة، فإن الردود الواردة حتى حينه لا تبين استخدام المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في منتجات التنظيف الصناعي والمزلي. واستنادا إلى المعلومات المقدمة في سجلات المنتجات، بينت مديرية التفتيش الكيميائي الوطنية السويدية أن المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين لا تزال تستخدم في السويد في التطبيقات الصناعية والمزلية على حد سواء (RPA & BRE، ٢٠٠٤).

صناعة التصوير الضوئي

تستخدم المواد الكيميائية المستندة إلى السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الأغراض التالية في شكل خلائط، وفي مواد التوكسية المستخدمة في أفلام التصوير الضوئي، وفي الورق، وفي ألواح الطباعة (RPA & BRE، ٢٠٠٤):

- المواد الخافضة للتوتر السطحي
- عناصر السيطرة على الشحنات الكهروستاتيكية

- عناصر مكافحة الاحتكاك
 - العناصر الصادة للقاذورات
 - عناصر مكافحة الالتصاق
- الطباعة الحجرية التصويرية وأشباه الموصلات

الواقى الضوئي

يتألف تصنيع أشباه الموصلات مما يصل إلى ٥٠٠ خطوة، من بينها أربع عمليات فيزيائية أساسية:

- الغرز
- الترسيب
- الحفر
- الطباعة التصويرية

والطباعة الحجرية التصويرية هي أهم خطوة من أجل التنفيذ الناجح لكل خطوة من الخطوات الأخرى، بل والعملية بأكملها حقيقة. فهي تشكل وتعزل الوصلات والترانزستورات؛ وتحدد الروابط البينية المعدنية؛ وترسم خطوط المسارات الكهربائية التي تشكل الترانزستورات وتربطها معا. ويقال إن الطباعة التصويرية تمثل ١٥٠ خطوة من مجموع ٢٥٠ خطوة المذكورة آنفا. كما أن الطباعة التصويرية جزء لا يتجزأ من نممة أشباه الموصلات (RPA & BRE، ٢٠٠٤).

وتستخدم السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين كمولد للحامض الضوئي في آلية تسمى التضخيم الكيميائي تزيد من حساسية الواقى الضوئي للسماح بصور نمشية أصغر من طول موجة الضوء.

الطلاء المضاد للانعكاس

تقوم عدد من الجهات الموردة لمواد المقاومة ببيع الطلاء المضاد للانعكاس، الذي ينقسم إلى طلاء علوي مضاد للانعكاس وطلاء سفلي مضاد للانعكاس، وتستخدم بالاتلاف مع المواد المقاومة لضوء الأشعة فوق البنفسجية العميقة. وتنطوي العملية على وضع طلاء علوي رقيق فوق مادة المقاومة لتقليل الضوء العاكس، بنفس الطريقة التي يتم بها طلاء نظارات الشمس وعدسات أجهزة التصوير لنفس الأغراض إلى حد كبير.

الموائع الهيدروليكية لصناعة الطيران

استخدمت الموائع الهيدروليكية بداءة في الطائرات لتطبيق ضغط المكابح. ومع تصميم طائرات أكبر حجما وأسرع، أصبح من الضروري استخدام الموائع الهيدروليكية بدرجة أكبر. واستلزم نشوب عدد من حرائق الموائع الهيدروليكية في الأربعينات العمل على استحداث موائع مقاومة للحريق. وقد استحدث أول نوع من هذه الموائع قرابة عام ١٩٤٨، عندما تم استحداث مائع هيدروليكي مقاوم للحريق يستند إلى كيمياء الفوسفات الإستري.

وتعمل الشوارد المشبعة بالفلور بواسطة تعديل الإمكانيات الكهربائية على السطح المعدني، ومن ثم تمنع الأكسدة الكهروكيميائية للسطح المعدني تحت ظروف تدفق مائعي مرتفع (RPA & BRE، ٢٠٠٤). ونتيجة لذلك، تستخدم الموائع الهيدروليكية، المستندة إلى تكنولوجيا الفوسفات الإستري والتي تحتوي على مواد مضافة مستندة إلى الشوارد المشبعة

بالفلور، في جميع الطائرات التجارية، وفي الكثير من الطائرات الحربية والطائرات العامة في مختلف أنحاء العالم، كما تستخدمها كل جهة مصنعة لهياكل الطائرات (RPA & BRE، ٢٠٠٤).

طلاء المعادن

تتمثل الاستخدامات الرئيسية للمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في طلاء المعادن في الطلاء بالكروم والطلاء بالتحليل الكهربائي، والتنظيف بالحامض. إذ تعمل المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين على تقليل التوتر السطحي لخلول المعادن بحيث تُقتنص الغشاوة المحتوية على حمض الكروميك الناتجة عن نشاط الطلاء المعدني في محلول ولا تطلق في الجو (RPA & BRE، ٢٠٠٤).

خلافه

ثمة معلومات بشأن التطبيقات السابقة والراهنة الأخرى للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين مثل تطبيقاتها في مبيدات الآفات والتطبيقات الطبية، والتعدين ومخفضات التوتر السطحي الزيتي، ومثبطات الحريق، وفي المواد اللاصقة. وتمثل هذه التطبيقات، استناداً إلى الفهم الراهن، جزءاً رئيسياً من التطبيقات المعروفة للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين ومن ثم لم يتم تفصيلها بأكثر من ذلك في هذا الملف.

٣-١-٢ عمليات الإطلاق في البيئة

توجد حتى الحين معلومات محدودة بشأن انبعاثات ومسارات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في البيئة. وينتج حدوث السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في البيئة عن عمليات التصنيع والاستخدامات البشرية المنشأ، حيث أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين ليست مادة تحدث بشكل طبيعي.

ومن المحتمل أن يحدث إطلاق السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بها أثناء دورة حياتها الكاملة. ويمكن إطلاقها عند إنتاجها، وعند تجميعها في منتج تجاري، وأثناء توزيعها واستخدامها من قبل الصناعة أو المستهلكين، علاوة على مدافن القمامة ومحطات معالجة الصرف الصحي بعد استخدام المنتجات (3M، ٢٠٠٠).

وتشكل عمليات التصنيع مصدراً رئيسياً لإطلاق السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في البيئة. فيمكن أن تنطلق المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين الطائرة أثناء هذه العمليات في الجو. كما يمكن إطلاق السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بها من خلال نفايات مياه المجاري (3M، ٢٠٠٠). وتؤكد إحدى الدراسات ارتفاع الانبعاثات المحلية حيث تبين تركيزات مرتفعة بشكل بالغ من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في فتران الخشب المجموعة من المناطق المجاورة مباشرة لمصنع للمواد الكيميائية الفلورية لشركة 3M في مدينة أنتويرب ببلجيكا (Hoff et al، ٢٠٠٤). كما وجدت تركيزات مرتفعة من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في كبد ودماء أسماك مجموعة من نهر المسيسيبي في مناطق مجاورة مباشرة لمصنع آخر للمواد الكيميائية الفلورية تابع لنفس الشركة في مدينة كوتاتج جروف بولاية مينوسوتا (MPCA، ٢٠٠٦).

تم الكشف أيضاً عن أن أماكن التدريب على مكافحة الحريق تشكل مصدراً لانبعاثات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين نتيجة لوجود السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في رغاوي مكافحة الحرائق. وتم اكتشاف مستويات مرتفعة من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الأراضي الرطبة المجاورة لتلك الأماكن في السويد (وكالة حماية البيئة السويدية، ٢٠٠٤) وكذلك في المياه الجوفية في مناطق في الولايات المتحدة على مقربة من أماكن التدريب على مكافحة الحريق (Moody et al., 2003).

ويبين تحقيق في استخدامات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمركبات المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في النرويج في عام ٢٠٠٥ أن زهاء ٩٠% من إجمالي الاستخدام كان في أجهزة إطفاء الحرائق (عريضة مقدمة إلى اتفاقية استكهولم، ٢٠٠٦). وبلغت الاطلاقات التقديرية من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين المتصلة بأجهزة إطفاء الحريق ٥٧ طنا على الأقل في الفترة من ١٩٨٠ إلى ٢٠٠٣ (٢٠٠٢؛ ١٣-١٥ طنا). ويقدر بأن الكميات المتبقية في النرويج من رغاوي إطفاء الحريق بما يبلغ ١،٤ مليون لتر كحد أدنى، وهو ما يقابل كمية تبلغ زهاء ٢٢ طنا من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. وقدردت الإطلاقات من قطاع البلديات في النرويج في عام ٢٠٠٢ بما يبلغ ٧-٥ طنا (عريضة مقدمة إلى اتفاقية استكهولم، ٢٠٠٦).

ويقدر بأن استخدام السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في أشباه الموصلات يسفر عن إطلاق ٤٣ كغم سنويا في الاتحاد الأوروبي، وفقا لاتحاد صناعة أشباه الموصلات (SIA) (SIA)، عريضة مقدمة إلى اتفاقية استكهولم، ٢٠٠٦). ويعادل ذلك ١٢% من إجمالي السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين المستخدمة في هذا التطبيق. ويقدر أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين المطلقة في الولايات المتحدة من أشباه الموصلات تدور في نفس النطاق (SIA، ٢٠٠٦).

وقد تم تقدير الإطلاقات من المواد الكيميائية المسلفنة المشبعة بالفلور، بما في ذلك السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، من استخدامات مختلف المنتجات (مواد تخصص شركة 3M، ٢٠٠٢). فعلى سبيل المثال، فإنه يتوقع أن تفقد الملابس المعالجة بمنتجات للاستخدامات المنزلية ٧٣% من المعالجة أثناء التنظيف على مدار فترة سنتين. ويتوقع فقد ٣٤% في الهواء من منتجات علب الرذاذ أثناء الاستخدام، في حين أنه قد تبقى ١٢،٥% من المحتوى الأصلي في العلب عند الاستغناء عنها.

وقد يتم أحد مسارات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد المتصلة بها إلى البيئة من خلال محطات معالجة الماء العادم ومدافن النفايات، حيث لوحظت تركيزات آخذة في الارتفاع بالمقارنة مع التركيزات الأساسية. وما أن تطلق السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين من محطات معالجة الماء العادم فإنها تستوعب في الرسوبيات والمواد العضوية. كما قد تنتهي كميات حمة من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في التربة الزراعية نتيجة لاستخدام مواد الصرف الصحي الصلبة. ولذلك فإن من المعتقد أن مجالات الاستيعاب الأولية للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين هي المياه والرسوبيات والتربة (RIKZ، ٢٠٠٢).

ويُظن بأن تشتت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في البيئة يحدث من خلال الانتقال في المياه السطحية أو تيارات المحيطات (Yamashita et al., 2005, Caliebe et al., 2004)، والانتقال في الهواء (المواد الطيارة المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين)، والامتزاز في الجزئيات (في المياه أو الرسوبيات أو الهواء)، ومن خلال الكائنات العضوية الحية (3M، 2003a).

وتتمثل إحدى العقبات الرئيسية عند تقدير الإطلاقات من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في البيئة في أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين يمكن أن تتكون من خلال تحلل المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. ومعدل ومدى هذا التكون غير معروفين في الوقت الحالي. وفي دراسة على محطات معالجة مياه الصرف الصحي في السويد، وجدت تركيزات مرتفعة من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في النفايات السائلة بالمقارنة مع مياه الصرف الصحي الداخلة، وهو ما يمكن أن يشير إلى أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تكونت من خلال مواد متصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين (Posner and Jarnberg، ٢٠٠٤).

٢-٢ المصير البيئي

١-٢-٢ الثبات

السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين ثابتة بشكل بالغ. فهي لا تتحلل بالماء أو بالضوء أو تتحلل عضويا في أي ظروف بيئية تم اختبارها فيها (منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢).

وقد أجريت دراسة عن التحلل المائي للسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين في المياه بعد بروتوكول 835.2210 التابع لمكتب الوقاية والمبيدات والمواد السامة في وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة. وقد أجريت الدراسة عند أس هيدروجيني يتراوح من ١٥،٥ إلى ١١ وعند درجة حرارة تبلغ ٥٠ درجة مئوية، لتيسير التحلل المائي، ولكنها لم تبين أي تحلل للسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين. وقد حُدد نصف عمر السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين بأنه أكبر من ٤١ سنة.

وأجريت دراسة عن تحلل السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين بالضوء في المياه بعد بروتوكول 835.2210 التابع لمكتب الوقاية والمبيدات والمواد السامة في وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة، ولم تتم ملاحظة دليل على تحلل بالضوء مباشر أو غير مباشرة تحت أي من الظروف المختبرة. واحتسب نصف عمر التحلل الضوئي غير المباشر عند درجة حرارة ٢٥ مئوية بأنه أكبر من ٣،٧ سنة.

وقد تم تقييم التحلل العضوي للسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين في ضرب من الاختبارات. وقد اختبر التحلل العضوي الهوائي للسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين في حمأة مجاري منشطة، ومستنبتات رسوبية ومستنبتات تربة في العديد من الدراسات. واختبر التحلل العضوي اللاهوائي في حمأة المجاري. ولم تدل أي من الدراسات على أي علامة للتحلل العضوي.

انتهت النمذجة ببرنامج محاكاة للتحلل الجرثومي، بنظام CATABOL، وتقدير الخراء إلى التنبؤ بأن أكثر من ٩٩% من المواد المشبعة بالفلور التي تمت دراستها والبالغ عددها ١٧١ مادة تتحلل عضويا إلى أحماض مشبعة بالفلور ثابتة بشكل بالغ. ومن بين هذا العدد، تم التنبؤ بأن ١٠٩ مادة قد تنتهي كأحماض سلفونيك مشبعة بالفلور، تشمل السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين، وتنتهي ٦١ مادة إلى أحماض كربوكسيلية مشبعة بالفلور (Dimitrov et al., ٢٠٠٤).

و الترميد بدرجة حرارة مرتفعة في ظل ظروف تشغيل صحيحة هو الطرف الوحيد المعروف الذي تتحلل فيه السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين (3M, 2003a). والتحلل المحتمل عند ترميد بدرجة حرارة منخفضة غير معروف.

٢-٢-٢ التراكم الأحيائي

يجدر بالذكر أن السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين لا تتبع النمط "التقليدي" للتجزؤ إلى أنسجة دهنية يتبعه تراكم، وهو الأمر المعهود في الكثير من الملوثات العضوية الثابتة. ويرجع ذلك إلى أن السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين نافرة من الماء ومن الدهون. وإنما تفضل السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين أن تلتحم مع البروتين في البلازما، مثل الزلال والبروتين الشحمي (الليوبروتين) -باء (kerstner-Wood et al., ٢٠٠٣)، وفي الكبد، مثل البروتين الماسك للحمض الدهني في الكبد (L-FABP; Luebker et al., ٢٠٠٢). ومن المحتمل أن تختلف آلية التراكم الأحيائي للسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين عن تراكم الملوثات العضوية الثابتة الأخرى، بسبب خصائصها الفيزيائية-الكيميائية غير العادية.

وفي دراسة أجريت في أعقاب البروتوكول ٣٠٥ لمنظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، تم اختبار التراكم الأحيائي للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في سمكة الشمس (الضخمة) الزرقاء الخيشوم (*Lepomis macrochirus*). وتم تقدير معامل التركيز الأحيائي الحركي للسمكة بالكامل بأنه ٢٧٩٦ (3M، ٢٠٠٢).

وفي دراسة أخرى على سمكة التروت القزحي (*Oncorhynchus mykiss*) تم تقدير معامل التركيز الأحيائي في الكبد والبلازما بأنه ٢٩٠٠ و ٣١٠٠ على التوالي (Martin et al., ٢٠٠٣).

ومن الواضح، عند النظر على وجه الحصر إلى قيم معامل التركيز الأحيائي أن هذه القيم أقل من معايير التركيز الأحيائي العددية في المرفق دال من اتفاقية استكهولم (قيم التركيز الأحيائي المبلغ عنها أقل من ٥٠٠٠)، إلا أن معايير التركيز الأحيائي الرقمية يمكن ألا تمثل، في هذه الحالة بعينها حسبما أشير إليه آنفاً، إمكانية التركيز الأحيائي للمادة تمثيلاً وافياً. وتبين بيانات الرصد من الضواري العليا في مواقع شتى مستويات مرتفعة جدا من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وتدلل على خصائص تركيز أحيائي وتضخيم أحيائي همة للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. ومن الحدير بالذكر أن تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين الموجودة في كبد دبية القطب الشمالي تتجاوز تركيزات جميع فرادى الهالوجينات العضوية الأخرى المعروفة (Martin et al., 2004a). ويمكن حساب قيم التضخيم الأحيائي الافتراضية استنادا إلى تركيز السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الضواري (مثلا، الدب القطبي) بالنسبة للتركيز في غذائها الرئيسي (مثلا، الفقمة). وهذه البيانات مذكورة في الجدول ٤. ويجدر بالملاحظة أن ثمة جوانب عدم تيقن في هذه المقارنات. فحتى لو قورنت التركيزات في الكبد أو الدم في نوعين، فإن الاختلافات بين الأنواع في رابط معين بالبروتين في هذه الفئة بعينها قد تؤثر على التركيز في العضو بدون أن تؤثر على تركيز المادة في الجسم بأكمله.

الجدول ٤ - التركيزات المحسوبة من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في حيوانات من مواقع شتى. ومعامل التضخيم الأحيائي مبينا حيثما كان ذلك ممكنا من الناحية العملية.

المرجع	تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين	النوع والموقع
Mrtin et al., 2004a	- تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الكبد (١٧٠٠ - < ٤٠٠٠ نانوغرام/غرام). بما يتجاوز جميع فرادى الهالوجينات العضوية الأخرى. - معامل التكبير الأحيائي < ١٦٠ استنادا إلى التركيزات في فقمة القطب الشمالي	• الدب القطبي، القطب الشمالي الكندي
Mrtin et al., 2004a	- تركيزات مرتفعة جدا من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الكبد (٦،١ - ١٤٠٠ نانوغرام/غرام)	• ثعلب القطب الشمالي، القطب الشمالي الكندي
Giesy and Kannan, 2001	- تركيزات مرتفعة جدا من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الكبد (٤٠ - ٤٨٧٠ نانوغرام/غرام) - معامل التضخيم الأحيائي = ٢٢ استنادا إلى بيانات من الأسماك في نفس المنطقة	• المنك، الولايات المتحدة
Kannan et al., 2005	- كما تبين دراسة أخرى على المنك تركيزات مرتفعة جدا من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الكبد	

المرجع	تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين	النوع والموقع
	(١٢٨٠ - ٥٩٥٠٠ نانوغرام/غرام) - معامل التضخيم الأحيائي ~ ١٤٥ إلى ~ ٤٠٠٠ استنادا إلى بيانات من فرائسها مثل الإرييان (الجسم بأكمله)، وسمك الشبوط (العضلات) والسلاحف المائية (الكبد)	
Giesy and Kannan, 2001	- تركيزات مرتفعة جدا من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في البلازما (١ - ٢٥٧٠ نانوغرام/غرام)	● النسر الأشهب، الولايات المتحدة
3M, 2003a	- تركيزات مرتفعة جدا من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الكبد (١٠ - ١٥٢٠ نانوغرام/غرام)	● الدلافين، الولايات المتحدة
Kannan et al. 2002	- تركيزات مرتفعة جدا من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الكبد (١٣٠ - ١١٠٠ نانوغرام/غرام) - معامل التضخيم الأحيائي < ٦٠ استنادا إلى بيانات من سمك السلمون في نفس المنطقة.	● الفقمه في بحر بوثنيان، فنلندا

وفي دراسة قام بها كنعان وآخرون (Kannan et al., ٢٠٠٥)، احتسب معامل التضخيم الأحيائي لكامل جسم القويون المستدير (*Neogobius melanostomus*) بأنه زهاء ٢٤٠٠، وهو مماثل للبيانات المخبرية. وتسفر مقارنة تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الأسماك (جسم القويون المستدير بأكمله) مع التركيزات في كبد سمك السلمون عن معامل تضخيم أحيائي يبلغ زهاء ١٠-٢٠. وفي النسر الأشهب، يعطي متوسط تركيز السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الكبد، ٤٠٠ نانوغرام/غرام لكامل الوزن، معامل تضخيم أحيائي يبلغ من أربعة إلى خمسة عندما يقارن بأسماك ذات مستويات تغذوية أعلى في الدراسة. وبالنسبة للمنك، يمكن حساب معامل التضخيم الأحيائي من ١٤٥ إلى ٤٠٠٠ استنادا إلى متوسط التركيز في الكبد، ١٨٠٠٠ نانوغرام/غرام لكامل الوزن، بالمقارنة مع بنود الفرائس مثل الإرييان (الجسم بأكمله) وسمك الشبوط (العضلات) والسلاحف المائية (الكبد).

وعموما، توضح البيانات أن الحيوانات يكون لها عند المستويات التغذوية الأعلى تركيزات من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين أعلى منها عند المستويات التغذوية الأقل، مما يبين حدوث تضخيم أحيائي. وعلى سبيل المثال، احتسب معامل تضخيم تغذوي يبلغ ٥،٩ بالنسبة للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين استنادا إلى شبكة غذاء أوقيانوسية تشمل نوعا لافقاريا واحدا، ومطبعة، واثنتين من أنواع الأسماك العلفية، وسمك الهف والألوف القرحي، ونوع من الأسماك المفترسة العليا، وسلمون البحيرات المرقط. وتحدد معامل تراكم أحيائي معتمد على القيمة الغذائية بالنسبة لسمك السلمون المرقط يبلغ زهاء ٣ (Martin et al., 2004b).

ويبين Morikawa et al (٢٠٠٥) تراكما أحيائيا عاليا في السلاحف. وبينت دراسة قام بها Tomy et al (2004a) أن التضخيم الأحيائي للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في شبكة غذائية بحرية لشرقي القطب الشمالي (استخدمت تركيزات من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الكبد بشأن الطيور البحرية والثدييات البحرية). وبين Houde et al

(٢٠٠٦) وجود تضخيم أحيائي من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الشبكة الغذائية للدلافين الضيقة الأنف في المحيط الأطلسي.

وكذلك تؤيد دراسة أجراها Bossi et al (2005a) أن التضخيم الأحيائي يحدث. وقد تم القيام في هذه الدراسة بفرز أولي للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمركبات المتصلة بها في عينات من كبد الأسماك والطيور والثدييات البحرية من غرينلاند وجزر فارو. وكانت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين هي المادة الكيميائية الفلورية السائدة في الحيوانات التي تم تحليلها، يليها أميد السلفون المشبع بالفلور أوكتين. وتبين النتائج المأخوذة من غرينلاند تضخيما أحيائيا للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين بموازاة سلسلة الغذاء البحرية (اسقلبين قصير القرنين > فقمة محلقة > دب قطبي).

ومن المفترض أن المسار الرئيسي لتعرض الطيور للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، وأكثرها وثاقه صلة، هو من خلال الوجبة الغذائية حيث يمكن أن يحدث التضخيم الأحيائي في أنسجة الطير بهذه الطريقة. وقد أبلغ عن معامل تضخيم أحيائي يزيد عن الواحد في العديد من أنواع الطيور المجموعة في خليج غدانسك (Gulkowsa et al., ٢٠٠٥). وأبلغ Kannan et al (٢٠٠٥) عن معامل تضخيم أحيائي من ١٠ إلى ٢٠ في النسر الأشهب (بالنسبة إلى مواد الافتراض). واحتسب Tony et al. معامل تضخيم أحيائي لمستوى تغذوي للنورس الأسود القدم: سمك القُد يبلغ ٥،١، ومعامل تضخيم أحيائي للنورس الأخضر الشاحب: سمك القُد يبلغ ٩. ويبين Newsted et al. أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين فترة تنصيف أقصر نسبيا في الدم ونسيج الكبد في الطيور بالمقارنة مع الثدييات. فمثلا، تبلغ فترة تنصيف الإزالة التقديرية للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين من مصل الدم ١٣،٦ يوما في البركة (بطة برية) الذكر في حين أنها تبلغ في ذكور الفئران أكثر من ٩٠ يوما. وأشارت دراسة حديثة العهد إلى أن الطيور تتركز السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين بشكل أسرع نسبيا (Kannan et al., ٢٠٠٥). بيد أنه إذا ما كانت الطيور معرضة بشكل مزمن للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في طعامها، فمن الممكن أن يحدث تضخيم أحيائي مع ذلك. ويبين الرصد البيئي للطيور في الأجزاء الشمالية من نطاقها تراكما للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في حقيقة الأمر.

وتثير حقيقة أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين ترتبط بالبروتين السؤال التالي وثيق الصلة - وهو عند أي درجة تركيز للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تتشبع مواقع الربط على هذه البروتينات؟ ومن الأرجح أن الزلال المصلي هو المجموعة الرابطة للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين (Jones et al., ٢٠٠٣) وقد أجري العديد من الدراسات بشأن التركيز الأحيائي في البلازما. وقد تمت دراسة التركيز الأحيائي في السمك في Ankle et al. (٢٠٠٥) عند تركيزات من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الماء تصل إلى واحد ملليغرام في اللتر؛ وقد اتبع تركيز السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الماء والبلازما علاقة خطية تقريبا في الجرعات المختبرة تصل إلى ٠،٣ ملليغرام في اللتر بدون ظهور أي علامات على التشبع (لم يختبر واحد ملليغرام/لتر بسبب معدل الوفيات عند هذه الجرعة). ويعتبر ذلك أعلى بكثير من التركيزات الوثيقة الصلة من الناحية البيئية.

وفي دراسة أجرتها 3M (2003a)، تم تحديد معامل التركيز الأحيائي في السمكة بأكملها على أنه يبلغ زهاء ٢٨٠٠ عند تركيز من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين يبلغ ٨٦ ميكروغرام/لتر استنادا إلى حسابات للمتخلص والمتخلص من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. وتم تحقيق مستويات مستقرة بعد ٤٩ يوما من التعرض. ويحدث التخلص ببطء، وقدر أن تحقيق ٥٠% من تظهر أنسجة السمكة بأكملها يستغرق ١٥٢ يوما. ولا يمكن حساب معامل التراكم الأحيائي، بسبب معدل الوفيات، بالنسبة للتركيزات الأخرى المستخدمة، ٨٧٠ ميكروغرام/لتر. ومن ثم فليس من المحتمل أن يجد تشبع مواقع ربط بروتين المصل من التركيز الأحيائي للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في السمك. وفي قرود

سينومولوجوس، تبين الجرعات التراكمية من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين (٠،٠٣، ٠،١٥ و ٠،٧٥، ملليغرام/كغ/يوم، المأخوذة عن طريق الفم لمدة ١٨٢ يوماً) زيادة خطية في البلازما في مجموعتي الجرعة المنخفضة والمتوسطة، في حين ظهرت استجابة غير خطية في مجموعة الجرعة المرتفعة (Covance Laboratories Inc. 2002a). وليس لدينا علم ببيانات مماثلة في الثدييات الأخرى، ولكن بالنظر إلى مستوى التراكم الأحيائي المرتفع الملاحظ في الثدييات، وإلى أن المصالة الثديية تحتوي على تركيزات مرتفعة من البروتين، فمن غير المحتمل أن تحد مواقع الربط من التراكم الأحيائي للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الثدييات المعرضة بيئياً.

٢-٢-٣ الانتقال البيئي البعيد المدى

ملح بوتاسيوم السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين لديه ضغط بخار محسوب مقداره 3.31×10^{-4} باسكال (منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢). ونظراً إلى هذا المقدار من ضغط البخار والمعامل المنخفض لفصل الماء عن الهواء (2×10^{-6})، فليس من المتوقع أن تتطاير السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين ذاتها بشكل له شأنه. ولذلك يفترض بأنها تنتقل في الجو ملتصقة بجزيئات في الأغلب، بسبب خواص سطحها النشط، وليس في حالة غازية.

وبعض المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين لها ضغط بخار أعلى بكثير من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين ذاتها، ومن المحتمل أن تكون متطايرة نتيجة لذلك. وضغط بخار سلائف مثل إيثيل إستاميد السلفو فلورو أوكتين-ن (N-EtFOSEA) وميثيل إستاميد السلفو فلورو أوكتين-ن (N-MeFOSEA)، قد يتجاوز ٠،٥ باسكال (أكبر بمقدار ١٠٠ مرة من ضغط بخار السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين). ومن بين سلائف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين الأخرى التي تعتبر متطايرة كحول إيثيل إيتان السلفو فلورو أوكتين-ن وكحول ميثيل إيتان السلفون المشبع بالفلور أوكتين-ن وميثيل إستاميد السلفو فلورو أوكتين-ن وإيثيل إستاميد السلفو فلورو أوكتين-ن (3M، ٢٠٠٠). ويمكن لهذه السلائف للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين أن تتبخر في الجو وأن تنتقل إلى مدى أبعد من خلال الهواء مما هو ممكن للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين ذاتها. وما أن تصبح في الجو فإنها تستطيع أن تبقى في طور الغاز، وأن تتكثف على الجزيئات الموجودة في الجو وتنتقل أو تستقر معها، أو تغسلها الأمطار معها (3M، ٢٠٠٠). وقد قام Martin et al (٢٠٠٢) بقياس الهواء في تورنتو ولونغ بوينت وأونتاريو بشأن بعض سلائف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. وقد وجدوا تركيزاً من كحول ميثيل إيتان السلفو فلورو أوكتين-ن يبلغ في المتوسط ١٠١ جزء من الغرام/متر مكعب في تورنتو و٣٥ جزء من الغرام/متر مكعب في لونغ بوينت. وكان متوسط تركيزات كحول إيثيل إيتان السلفو فلورو أوكتين-ن يبلغ ٢٠٥ جزء من الغرام/متر مكعب في تورنتو و٧٦ جزء من الغرام/متر مكعب في لونغ بوينت.

وبالنسبة للسلائف المطلقة في الماء، قد يكون ضغط البخار ذا شأن بما يكفي للسماح للمادة أن تدخل إلى الجو. فبالنسبة لكحول إيثيل إيتان السلفو فلورو أوكتين-ن، يتبين الميل إلى الخروج من طور الماء بواسطة ثابت قانون هنري المرتفع نسبياً ($1.9 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$) (Hekster et al., ٢٠٠٢). وقد أبلغ بأنه عندما تكون سلائف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين موجودة كبقايا في المنتجات فإنه يمكن لها أن تتبخر في الجو عندما ترش المنتجات التي تحتويها وتجف (3M، ٢٠٠٠).

وقد اكتشفت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في مياه الأمطار في مركز حضري في كندا بتركيز مقداره ٠،٥٩ نانوغرام/لتر. وليس من الواضح إن كانت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تنشأ من سلائف نُقلت ثم ترسبت بالرطوبة وتحللت فيما بعد إلى السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين أو تحللت جويًا وبعد ذلك ترسبت بالرطوبة. فلم يتم القيام في هذه الدراسة بقياسات للسلائف المحتملة للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين (Loewen et al., ٢٠٠٥).

ومن المتوقع أن يكون فترة التنصيف الجوية للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين أكبر من يومين. ويستند هذا البيان، رغم أنه لم يتم اختباره بوجه خاص، إلى أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين أظهرت مقاومة حادة للتحلل في جميع الفحوص التي أجريت عليها. بيد أنه تم احتساب فترة التنصيف الجوية للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين بأنها تبلغ ١١٤ يوماً باستخدام برنامج النمذجة الحاسوبية AOP (وكالة البيئة، ٢٠٠٤). وقدر نصف عمر التحلل الضوئي المباشر للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين عند درجة حرارة ٢٥ مئوية بأنه أكثر من ٣،٧ سنة (منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢).

وقد تم قياس السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في نطاق عريض من الكائنات الحية في نصف الكرة الشمالي مثل القطب الشمالي الكندي، والسويد، والولايات المتحدة الأمريكية، وهولندا. وفي دراسة قام بها Martin *et al.*، تم قياس مستويات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في كبد عينات من الكائنات الحية في القطب الشمالي الكندي وتبين وجودها في الغالبية العظمى من الأنواع التي تم فحصها. يدل وجود السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الكائنات الحية بالقطب الشمالي بعيداً عن المصادر الاصطناعية، على إمكان انتقال السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين لمسافات بعيدة. وآليات هذا الانتقال ليست معروفة، ولكن يمكن أن تكون راجعة إلى تطاير المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين التي تتحلل في نهاية الأمر إلى سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين.

وفي حين ينتهي الأمر بالسلائف إلى التحلل حالما تطلق في البيئة، فإن معدلات التحول قد تتباين جداً. فقد تكون السلائف التي تصل إلى مناطق نائية من خلال الجو أو غيره من الوسائط عرضة للمسارات اللاأحيائية والأحيائية للتحلل إلى السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين (Giesy and Kannan, 2002a; Hekster *et al.*, 2002). وآليات هذا التحلل غير مفهومة جيداً. فعندما تتأبض الفئران مركبات تستند إلى ميثيل أميد السلفون المشبع بالفلور أوكتين-ن، تؤكد وجود العديد من الأيض في عينات الأنسجة، بما في ذلك السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وكحول ميثيل أميد السلفون المشبع بالفلور أوكتين-ن (3M Environmental Laboratory 2001a, 2001b). ويبدو أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين هي المنتج النهائي للفئران وربما لتأبض فقاريات أخرى للمواد المستندة إلى السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين.

وقد دلت دراسة حديثة العهد أجريت على حبيبات دقيقة في كبد أسماك التروت القزحي (*Onchorhynchus mykiss*) أن إيثيل أميد السلفون المشبع بالفلور أوكتين-ن سليفة للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الأسماك (Tomy *et al.*, 2004a). وتدعم هذه النتائج مجتمعة مع القياسات الحديثة العهد لتركيزات تصل إلى $92,8 \pm 41,0$ نانوغرام/غرام وزن رطب من أميد السلفون المشبع بالفلور في الكائنات العضوية المائية في مناطق القطب الشمالي (Tomy *et al.*, 2004b) الفرضية القائلة بأن أميد السلفون المشبع بالفلور أحد السلائف المتطايرة للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين المنقولة من مسافات بعيدة إلى القطب الشمالي. بيد أن فرضية أن هذه السلائف المتطايرة تصل إلى خطوط عرض القطب الشمالي بالانتقال في الجو لم تتأكد بعد بوساطة القياسات الجوية (Bossi *et al.*, 2005b).

٢-٣ التعرض

المستويات البيئية المقاسة

وقد أنشطت وكالة حماية البيئة السويدية من يقوم بإعداد دراسة فرزوية عن مستويات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في البيئة السويدية (وكالة حماية البيئة السويدية، ٢٠٠٤) وقام بها معهد بحوث البيئة التطبيقية. وتبين النتائج مستويات مرتفعة إلى حد كبير من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في أرض رطبة بجوار منطقة للتدريب على إطفاء الحريق مع وجود تدهور تدريجي في الخليج المجاور (٢،٢ - ٠،٢ ميكروغرام/لتر). كما اكتشفت مستويات مرتفعة خارج محطات لمعالجة

مياه الصرف الصحي ومدافن القمامة. وكانت النفايات السائلة الخارجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي تحتوي على مستويات من السلفونات المشبعة بالفلور أو كيتين تصل إلى ٠,٠٢ ميكروغرام/لتر، وكانت السوائل المستنضة من مدافن القمامة تحتوي على ما يتراوح بين ٠,٠٣٨ - ٠,١٥٢ ميكروغرام/لتر.

وتم البحث في حدوث السلفونات المشبعة بالفلور أو كيتين ومواد السلفونات المشبعة بالفلور ألكيل الأخرى في مياه أعالي المحيطات، مثل المحيط الأطلسي والمحيط الهادئ. ويشير اكتشاف السلفونات المشبعة بالفلور أو كيتين في مياه المحيطات إلى آلية أخرى محتملة للانتقال بعيد المدى إلى مواقع نائية مثل القطب الشمالي. وتبين النتائج أن السلفونات المشبعة بالفلور أو كيتين موجودة في مناطق من وسط إلى شرقي المحيط الهادئ بتركيزات تتراوح بين ١٥-٥٦ جزء من الغرام/لتر، بالمقارنة مع التركيزات الموجودة في وسط المحيط الأطلسي. ويبدو أن هذه القيم تشكل القيم الأساسية للمياه البحرية النائية، على العكس من المصادر المحلية (Taniyasu *et al.*، ٢٠٠٤). كما اكتشفت السلفونات المشبعة بالفلور أو كيتين في مياه المحيطات في العديد من مياه البحر الساحلية من البلدان الآسيوية (اليابان، وهونغ كونغ، والصين، وكوريا) بتركيزات تتراوح بين ١,١ إلى ٥٧,٧ جزء من الغرام/لتر. (Yamashita *et al.*، ٢٠٠٥). كما لوحظت السلفونات المشبعة بالفلور أو كيتين في بحر الشمال (مصب نهر إلب، German Bight، جنوبي وشرقي بحر الشمال) (Caliebe *et al.*، ٢٠٠٤).

حددت دراسات أجريت في الولايات المتحدة وجود السلفونات المشبعة بالفلور أو كيتين في المياه السطحية والرسوبيات الخارجة من مرفق للإنتاج، علاوة على النفايات السائلة الخارجة من محطة لمعالجة الماء العادم والمواد الصلبة في مياه الصرف الصحي والسوائل المستنضة من مدافن القمامة في عدد من المراكز الحضرية في الولايات المتحدة (دراسة عن عدة مدن أعدتها 3M وجرى استعراضها في منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي (٢٠٠٢) و(3M (2003a)). وكانت أربع من المدن (ديكاتور وموبيل وكولومبوس وبنساكولا) من المدن التي لديها استخدامات تصنيعية أو صناعية للمواد الكيميائية الفلورية، وكانت مدينتان (كليفلاند وبورت سانت لوسي) من مدن المقارنة وليس لديها أنشطة ذات شأن للمواد الكيميائية الفلورية. وترد نطاقات مستويات السلفونات المشبعة بالفلور أو كيتين في هذه المدن في الجدول ٥.

الجدول ٥: المستويات البيئية للسلفونات المشبعة بالفلور أو كيتين في ست مراكز حضرية في الولايات المتحدة (من منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢)

الوسيط	نطاق مستويات السلفونات المشبعة بالفلور أو كيتين (ميكروغرام/لتر أو ميكروغرام/كيلوغرام)
نفايات سائلة خارجة من محطة بلدية لمعالجة المياه المستعملة	٥,٢٩ - ٠,٠٤١
حمأة خارجة من محطة بلدية لمعالجة المياه المستعملة	٣,١٢ - ٠,٠٢ (وزن جاف)
مياه الشرب	لم يكتشف - ٠,٠٦٣
رسوبيات	لم يكتشف - ٥٣,١ (وزن جاف)
مياه سطحية	لم يكتشف - ٠,١٣٨
مياه "هادئة"	لم يكتشف - ٢,٩٣

ملحوظة: ND لم تكتشف.

كانت عينات مدن ضبط المقارنة تقع عموماً في أدنى نهاية النطاقات الأعلى، إلا بالنسبة للنتائج الخاصة بالنفايات السائلة والحماة الخارجة من محطات بلدية لمعالجة المياه المستعملة بالنسبة لواحدة من مدن ضبط المقارنة (كليفلاند)، والتي كانت متوسطة في نطاقاتها، وعينات المياه "المهدئة" في مدينة أخرى (بورت سانت لويس) والتي كانت أعلاها. وفي كندا، كانت عينات من الرسوبيات المعلقة تجمع سنوياً في "نياجرا البحيرات" (Niagra-on-the-lake) على نهر نياجرا على مدار ٢٢ عاماً (١٩٨٠-٢٠٠٢). وتراوح تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين من ٥ إلى ١١٠٠ بيكوغرام/غرام-١ (Furdui *et al.*). وتشير النتائج الأولية إلى أن تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين زادت أثناء فترة الدراسة من > ٤٠٠ بيكوغرام/غرام-١ في أوائل الثمانينيات إلى ١٠٠٠ بيكوغرام/غرام-١ في عام ٢٠٠٢.

وقد تم تحليل عينات من النفايات السائلة من خمس عشرة صناعة ممثلة بشأن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين (Hohenblum *et al.*, ٢٠٠٣). وكانت قطاعات الصناعة تتألف من الطباعة (موقع واحد)، والإلكترونيات (٣ مواقع)، والجلود والمعادن والورق (٦ مواقع)، والتصوير الضوئي والنسيج (موقعين). وتراوحت مستويات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين من ٠,٢٥ ميكروغرام/لتر (٢,٥ ميكروغرام/لتر بالنسبة للجلود، و٠,١٢ ميكروغرام/لتر بالنسبة للمعادن، و٠,١٤-١,٢ ميكروغرام/لتر في أربع مواقع لصناعة الورق، و١,٢ ميكروغرام/لتر بالنسبة للتصوير الضوئي، ولم يتبين وجودها في النسيج والإلكترونيات).

وأخذت عينات من المياه الجوفية من أدنى قاعدة جوية في متشجان بالولايات المتحدة (Moody *et al.*, ٢٠٠٣). وقد استخدمت رغاوي مكافحة الحريق المحتوية على السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين هناك في تمرينات التدريب منذ الخمسينيات حتى عام ١٩٩٣ عندما أغلقت القاعدة. وقد تبين أن المياه الجوفية تحتوي على السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين بمستويات من ٤ - ١١٠ ميكروغرام/لتر.

وتم تحليل ست عشرة عينة من مياه البحيرات الكبرى (من ثمانية مواقع) بشأن العوامل الخافضة للتوتر السطحي المشبعة بالفلور أوكتين. وكانت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين موجودة في جميع العينات بتركيز يتراوح بين ٢١ إلى ٧٠ نانوغرام/لتر. كما وجدت ثلاث سلائف للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في عينات المياه. وكان إيثيل استاميد السلفو فلورو أوكتين-٢ (٤,٢-١١ نانوغرام/لتر) وأמיד السلفون المشبع بالفلور أوكتين (٠,٦-١,٣ نانوغرام/لتر) موجودين في جميع العينات تقريباً في حين تم تحديد السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في ستة من المواقع الثمانية ١٧-٢,٢ نانوغرام/لتر (Boulanger *et al.*, ٢٠٠٤). واكتشفت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في المياه السطحية نتيجة لانسكاب لرغاوي مكافحة الحريق من ميناء تورنتو الجوي الدولي في خليج إتوبيكوك الصغير. واكتشفت تركيزات من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تتراوح من >٠,٠١٧ إلى ٢٢١٠ ميكروغرام/لتر-١ في عينات مياه الخليج الصغير على مدار فترة جمع العينات البالغة ١٥٣ يوماً. ولم تكتشف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في عينات من مواقع أعلى النهر (Moody *et al.*, ٢٠٠٣).

اكتشفت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين والمواد الكيميائية الفلورية ذات الصلة في حيوانات في عدد من الدراسات في طائفة من المواقع في مختلف أنحاء الكرة الأرضية. وعموماً، وجدت أعلى التركيزات في الضواري العليا في السلسلة الغذائية المحتوية على الأسماك. وتبلغ أعلى تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في أنسجة الثدييات في أمريكا الشمالية أو المناطق القطبية المبلغ عنها في الأدبيات المنشورة ٥٩,٥ ميكروغرام/لتر-١ وزن رطب في كبده حيوان المنك في الولايات المتحدة (Kannan *et al.*, 2005a).

وقد قام *Martin et al.* بقياس مستويات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في عينات من كبد الكائنات الحية في القطب الشمالي الكندي. وقد وجدت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الغالبية العظمى من العينات ووجدت مستويات أعلى في الحيوانات عند قمة السلسلة الغذائية. ووجدت أعلى المستويات في الدب القطبي بمتوسط مستوى يبلغ ٣١٠٠ نانوغرام/غرام في سبعة حيوانات (القيمة العظمى < ٤٠٠٠ نانوغرام/غرام). وتركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الدب القطبي أعلى ٥-١٠ مرات من تركيزات جميع المواد الأخرى المشبعة بالفلور ألكيل وكانت أعلى من أي تركيزات للمواد الكيميائية العضوية الكلورية الثابتة سبق الإبلاغ عنها (مثلاً، ثنائي الفينيل متعدد الكلور أو الكلوردين أو سداسي كلورو الهكسان الحلقي) في دهن الدب القطبي (*Martin et al., 2004a*). كما وجد أميد السلفون المشبع بالفلور أوكتين، وهو أحد سلائف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، في معظم العينات. وكان تركيز أميد السلفون المشبع بالفلور أوكتين أعلى من تركيز السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في السمك، ولكن ليس في الثدييات. ومن الممكن أن يشير ذلك إلى أن أميد السلفون المشبع بالفلور أوكتين تأيض إلى السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الثدييات، وقد تكون التركيزات العالية راجعة إلى كل من التعرض المباشر للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وللتأيض من أميد السلفو فلور أوكتين.

وتوجد السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الطيور في كافة أنحاء العالم. ففي أمريكا الشمالية، وُجدت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في النسور في البحيرات الكبرى، وفي البط البري في نهر نياجرا، وفي البط الغواص في كويك، وفي النورس في القطب الشمالي وفي الأنواع الكندية المهاجرة في الولايات المتحدة (مثلاً، البط الغواص الشائع في كارولينا الشمالية). وقد تم قياس التركيزات في الكبد في الأنواع الكندية أو الأنواع الكندية-الأمريكية المهاجرة فكانت تتراوح ما بين "لم يكتشف" إلى ١٧٨٠ نانوغرام/غرام في المتوسط من تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين (البط الغواص، شمالي كويك) والنسر الأشهب (متشجان)، وكانت تتراوح في بلازما الدم > ١-٢٢٢٠ نانوغرام/غرام في النسور الأشهب، وكانت تتراوح في البيض وفي مح البيض من ٢١ إلى ٢٢٠ نانوغرام/غرام في الغاق ذي العرفين في مانيتوبا. وتبين في العديد من دراسات الرصد أن الطيور المائية التي تقتات على الأسماك لديها بعضاً من أعلى تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الكبد ومصل الدم بالمقارنة مع الأنواع الأخرى (*Newsted et al., 2005*). وفي دراسة على الطيور في منطقة نهر نياجرا، تبين أن الطيور التي تقتات على الأسماك (البلقشة الشائعة وزغباء الرأس) تحتوي على تركيزات أكبر بشكل كبير من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين من الطيور التي لا تقتات على الأسماك (*Sinclair et al., 2006*). وتوضح البيانات الأولية عن الاتجاهات الزمنية زيادة في تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الطيور في نوعين من أنواع القطب الشمالي الكندي (المور الغليظ المنقار، والفولمار الشمالي) في الفترة من ١٩٩٣ إلى ٢٠٠٤ (*Butt et al., 2005*). ومن الملاحظ أنه قد أبلغ عن تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تتراوح بين > ١ نانوغرام/غرام و ٢٢٢٠ نانوغرام/غرام في البلازما في النسور والنورس والغاق الموجودة حول البحيرات الكبرى وفي القطب الشمالي النرويجي.

وقد أوجز كنعان وجيزي (٢٠٠٢ب) نتائج التحليلات التي أجريت على عينات من الأنسجة المحفوظة في الأرشيف. وقد أخذت الأنسجة المحللة من ثدييات بحرية، وطيور، وأسماك، وزواحف، وبرمائيات من مختلف أنحاء العالم، بما في ذلك المحيطين المتجمدين الشمالي والجنوبي. وقد استخدمت عينات جمعت في التسعينيات. وتم تحليل زهاء ١٧٠٠ عينة، مع تحديد التركيزات في الكبد أو مح البيض أو العضلات أو بلازما الدم. وتباينت حدود الاكتشاف من ١ نانوغرام/غرام إلى ٣٥ نانوغرام/غرام من الوزن الرطب. ويوجد موجز للنتائج في الجدول ٦.

الجدول ٦: التركيزات القصوى من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في شتى الأنواع، وكذلك تواتر اكتشافها، استنادا إلى Kannan and Giesy (2002b)

النوع	التركيزات القصوى بالنانوغرام/غرام من الوزن الرطب	تواتر الاكتشاف
ثدييات بحرية	١٥٢٠	٧٧%
حيوانا المنك والقضاعة	٤٩٠٠	١٠٠%
الطيور	٢٥٧٠	٦٠%
الأسماك	١٠٠٠	٣٨%

وكان من الممكن اكتشاف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في معظم العينات، بما في ذلك تلك المأخوذة من مواقع بحرية نائية بتركيزات تبلغ < ١ نانوغرام/غرام. وقد قارن المؤلفان النتائج المأخوذة من مناطق نائية مع تلك المأخوذة من مواقع أكثر تصنيعا ولاحظا أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تتوزع بشكل أوسع في المناطق النائية، بما في ذلك المناطق القطبية، إلا أن المستويات الموجودة في مناطق ذات طابع حضري وصناعي أكبر (مثلا، بحر البلطيق والبحيرات الكبرى) كانت أعلى بعدة مرات. وكانت أنسجة الطيور الآكلة للأسماك في كندا وإيطاليا واليابان وكوريا تحتوي بأكملها على مستويات ملحوظة من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، مما يشير إلى أنها تعرضت من خلال الأسماك التي تستهلكها. ويرد موجز لدراسات عديدة في الجدول ٧.

الجدول ٧: مستويات رصد السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الحيوانات (بيانات من دراسات مختارة تستند إلى منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢)

الموقع	أعلى التركيزات المبلغ عنها (القصوى والمتوسطة)	المرجع	الوصف
فلوريدا	الدرفيل ضيق الأنف (الكبد، نانو = ٢٦): القصوى: ١٥٢٠ نانوغرام/غرام الرطب المتوسط: ٤٢٠ نانوغرام/غرام الرطب	ألف	المسح الرصدي العالمي للتدييات البحرية (فلوريدا، كاليفورنيا، ألاسكا، شمالي بحر البلطيق، البحر المتوسط، التدييات القطبية، جزر سايل (كندا))
	الفقمة المطوقة (الكبد، نانو = ٨١) القصوى: ١١٠٠ نانوغرام/غرام الرطب		

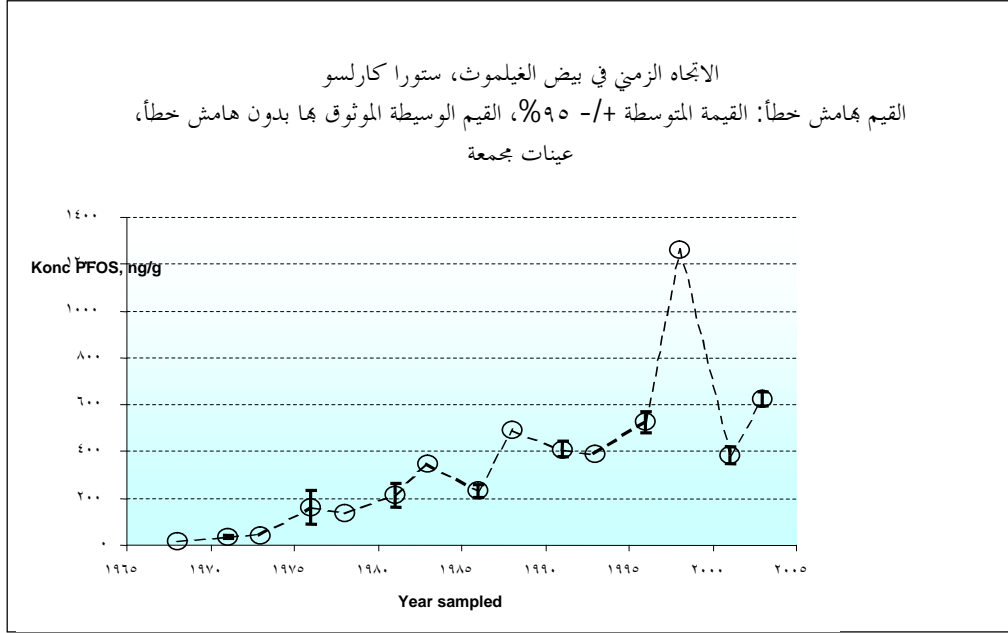
الموقع	أعلى التركيزات المبلغ عنها (القصوى والمتوسطة)	المرجع	الوصف
	المتوسط: ٢٤٠ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب		
القطب الشمالي الكندي	الدب القطبي (الكبد، نانو=٧): القصوى: < ٤٠٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب المتوسط: ٣١٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب	باء	مسح للتدييات والطيور والأسماك في القطب الشمالي الكندي
	الثعلب القطبي (الكبد، نانو=١٠): القصوى: ١٤٠٠ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب		
	المتوسط: ٢٥٠ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب		
مصاب الأنهار البلجيكية	الأسماك (العضلات، نانو= ١٧٢) القصوى: ٩٢٣ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب المتوسط: ٤٠ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب	جيم	مسح للأسماك (الولايات المتحدة الأمريكية، أوروبا، شمال المحيط الهادئ، القطب الجنوبي)
البحيرات الكبرى بالولايات المتحدة الأمريكية	الشبوط (العضلات، نانو = ١٠): القصوى: ٢٩٦ نانوغرام/غرام بالوزن الرطب		

الموقع	أعلى التركيزات المبلغ عنها (القصوى والمتوسطة)	المرجع	الوصف
	المتوسط: ١٢٠ نانوغرام/غرام الرطب بالوزن		
الغرب الأوسط، الولايات المتحدة	النسر الأشهب (البلازما، نانو=٤٢): القصوى: ٢٥٧٠ نانوغرام/مليتر المتوسط: ٥٢٠ نانوغرام/مليتر	دال	مسح للطيور الآكلة للأسماك (الولايات المتحدة، بحر البلطيق، البحر المتوسط، الساحل الياباني، الساحل الكوري
الولايات المتحدة	المنك (الكبد، نانو=٧٧): القصوى: ٤٨٧٠ نانوغرام/غرام الرطب المتوسط: ١٢٢٠ نانوغرام/غرام الرطب	هاء	مسح لحيوان المنك وقضاعة الأهمار في الولايات المتحدة
الولايات المتحدة	قضاعة الأهمار (الكبد، نانو=٥): القصوى: ٩٩٤ نانوغرام/غرام الرطب المتوسط: ٣٣٠ نانوغرام/غرام الرطب		
الولايات المتحدة	المحار (الجسم بأكمله، نانو=٧٧): القصوى: ١٠٠ نانوغرام/غرام الرطب المتوسط: ٦٠ نانوغرام/غرام الرطب	واو	مسح للمحار في الولايات المتحدة (خليج تشيسابيك وخليج المكسيك)

الموقع	أعلى التركيزات المبلغ عنها (القصوى والمتوسطة)	المرجع	الوصف
ديكاتور، الولايات المتحدة	الأسمك (الجسم بأكمله): المتوسط (أعلى النهر) ٥٩،١ ميكوغرام/غرام بالوزن الرطب المتوسط (أسفل النهر): ١٣٣٢ ميكوغرام/غرام بالوزن الرطب	زاي	عينات من الأسمك من أعلى النهر وأسفل النهر لمرفق تابع إلى 3M في ديكاتور بولاية ألباما بالولايات المتحدة
السويد (بحيرة مالارين)	أسمك الفرخ: ٣-٨ نانوغرام/غرام (مواقع حضرية بجوار محطة بلدية لمعالجة المياه المستعملة)؛ ٢٠-٤٤ نانوغرام/غرام في بحيرة مالارين وبالقرب من استكهولم	حاء	عينات من الأسمك الحضرية والأساسية السويدية

المصادر: A: 3M (2003a), B: Martin et al (2004a); C: Giesy and Kannan (2001c) in 3M (2003a); D: Giesy and Kannan (2001b) in 3M (2003); E: Giesy and Kannan (2001d) in 3M (2003a); F: Giesy and Kannan (2001e) in 3M (2003); G: Giesy and Newsted (2001) in OECD (2002); H: Holmström et al (2003).

تم قياس تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في بيض الغيلموث (*Uria aalge*) من ستورا كارلسو في بحر البلطيق بشكل تراجمي من عام ١٩٦٨ إلى ٢٠٠٣ (Holmstrom et al., ٢٠٠٥). وتبين النتائج الموضحة في الشكل ٢ اتجاهها بزيادة التركيزات منذ عام ١٩٦٨ (١٧-٦٢٣ نانوغرام/غرام).



الشكل ٢: تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين المقيسة في عينات من بيض الغيلموث مجموعة من ستورا كارلسو ببحر البلطيق فيما بين عامي ١٩٦٨ و ٢٠٠٣. والرسم البياني مأخوذ من تقرير بعنوان "Screening av perfluorerade amnen" أصدرته إدارة التقييم البيئي في وكالة حماية البيئة السويدية (٢٠٠٤).

٢-٣-١ التوافر البيولوجي

بينت الدراسات التي أجريت على الأسماك أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين لها خصائص تركيز بيولوجي. وفي دراسة أجريت على سمكة الشمس الزرقاء الخيشوم (*Lepomis macrochirus*) والتروت القزحي (*Onchorhynchus mykiss*)، تم تقييم عوامل التركيز البيولوجي بأنها ٢٧٩٦ (السمكة بأكملها) علاوة على ٢٩٠٠ (الكبد) و ٣١٠٠ (البلازما). ويعتقد بأن المسار الرئيسي للامتصاص يتم من خلال الخياشيم (Martin et al، ٢٠٠٣).

وحيث أن من المعتقد أن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين تطلق إلى البيئة من محطات معالجة مياه المجاري، أي من خلال المياه، فإن أحد المسارات الرئيسية للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين إلى سلاسل الغذاء المحلية يمكن أن يتم من خلال الأسماك. وقد أظهرت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين درجة عالية من الامتصاص عن طريق الفم إلى الجهاز الهضمي (٩٥%) خلال ٢٤ ساعة في دراسات أجريت على الفران (منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢). وإذا ما أخذت هذه المعلومات جملة فإنها يمكن أن تشكل أساسا للمستويات المرتفعة جدا التي لوحظت في الضواري العليا في سلاسل الغذاء المحتوية على أسماك.

ومن الممكن إثبات ذلك أيضا بدراسي رصد بشري منفصلتين أجريتا على السكان السويديين حيث تعتبر مستويات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الدم بأكمله أعلى (٢٧،٢ نانوغرام/غرام، ٣-٦٧ نانو = ١٠) في الإناث اللاتي يكثرن من استهلاك الأسماك (Berglund، ٢٠٠٤) بالمقارنة مع عينات من الإناث في السكان العموميين (١٧،٨ نانوغرام/غرام، ٤،٦-٣٣، نانو = ٢٦) (Karrman et al، ٢٠٠٤).

وقد اكتشفت أعلى التركيزات من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في البشر في عمال في مصنع للمواد الكيميائية الفلورية تابع إلى 3M في ديكاتور بالولايات المتحدة حيث كانت المستويات في مصل الدم في السنة الأخيرة للقياسات (٢٠٠٠) تتراوح بين ٠,٠٦ إلى ١٠,٠٦ ميكروغرام/غرام (نانو= ٢٦٣، منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢).

وفي دراسة على السكان العاديين، فحصت عينات دم من أسر تشمل ثلاثة أجيال تعيش في ١٢ بلدا أوروبا بشأن عدد كبير من المواد الكيميائية من بينها السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وأמיד السلفون المشبع بالفلور أوكتين. كانت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين موجودة في ٣٧ من ٣٨ عينة بتركيزات تتراوح من ٠,٣٦ إلى ٣٥,٣ نانوغرام/غرام من الدم، في حين أن أמיד السلفون المشبع بالفلور أوكتين كان موجودا في ٣٦ من ٣٨ عينة بتركيزات تتراوح بين ٠,١٥ إلى ٢,٠٤ نانوغرام/غرام دم (الصندوق العالمي للطبيعة، ٢٠٠٥).

تم تحليل عينات مصل دم مجمعة من ٣٨٠٢ قاطنا في أستراليا في الفترة ٢٠٠٢-٢٠٠٣ وقسمت تبعا للعمر ونوع الجنس والمنطقة لاكتشاف السلفونات المشبعة بالفلور ألكيل والكربوكسيالات المشبعة بالفلور ألكيل وأמיד السلفون المشبع بالفلور أوكتين (Karrman et al، ٢٠٠٦). وتم قياس كمية السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وأמיד السلفون المشبع بالفلور أوكتين في جميع عينات مصل الدم المجمعة بما يتراوح في مجموعه بين ١٢,٧-٢٩,٥ نانوغرام/مليلتر (المتوسط ٧,٢ نانوغرام/مليلتر) و٠,٣٦-٢,٤ نانوغرام/مليلتر (المتوسط ٠,٨١ نانوغرام/مليلتر) على التوالي. وبالنسبة إلى السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، تبين وجود تعالق له شأنه بين العمر وزيادة التركيز. ولم يتبين وجود اختلاف جوهري في مستويات المركبات المشبعة بالفلور بين المناطق الحضرية والريفية. وظهرت بعض الاختلافات تبعا لنوع الجنس بين بعض المجموعات العمرية.

٢-٤ تقييم المخاطر بالنسبة للنتائج النهائية المثيرة للاهتمام

٢-٤-١ السمية في الثدييات

تتوافر شواهد على سمية السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين من التعرض الحاد وشبه المزمّن والمزمن للفئران، والتعرض شبه المزمّن للقروود، ودراسة لجيلين على الفئران. وثمة نتائج متاحة من دراسات التكاثر والدراسات الخاصة بتكون المسخية أجريت على الفئران والأرانب. وتفاصيل هذه الدراسات ليست مدرجة هنا، ولكن يمكن الاطلاع عليها في التقييم الذي قامت به منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي (٢٠٠٢). وأكثر البيانات وثيقة صلة بهذا الموجز للمخاطر هي:

- دراسة لمدة ٩٠ يوما على القروود الهندية الصغيرة قصيرة الذيل تعرضت لملح بوتاسيوم السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين بجرعات تبلغ صفرا و٠,٥ و١,٥ و٤,٥ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم. وماتت جميع القروود (٤ قروود) عند ٤,٥ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم أو ضحي بها في ظروف احتضار. ولم تلاحظ أي وفيات عند ٠,٥ أو ١,٥ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم، ولكن كانت هناك علامات على سمية هضمية. ولم يتيسر إثبات وجود مستوى تأثير ضار غير ملاحظ حيث أن أقل جرعة كانت عند أدنى مستوى تأثير ضار ملاحظ (Goldenthat et al، ١٩٧٨ أ).
- دراسة عن سمية جرعة بالفم مكررة لمدة ٩٠ يوما على الفئران غذيت بطعام يحتوي على ٠,٣ و١٠٠ و٣٠٠ و٣٠٠٠ ملليغرام من ملح بوتاسيوم السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين لكل كيلوغرام من الطعام. وماتت جميع الفئران التي تلقت طعاما يحتوي على ٣٠٠ ملليغرام/كيلوغرام من السلفونات المشبعة بالفلور

أوكتين وما يزيد عنها (ما يعادل ١٨ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم وما يزيد). وعند مستوى ١٠٠ ملليغرام/كيلوغرام (٦ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم) مات ٥٠% من الحيوانات (١٠/٥). وبقيت على قيد الحياة جميع الفئران التي كانت تتلقى طعاما يحتوي على ٣٠ ملليغرام/كيلوغرام من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين (٢ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم) حتى نهاية الدراسة، ولكن أبلغ عن تغييرات قليلة في وزن الجسم والأعضاء. وحيث أن أقل جرعة اختبرت كانت عند أدنى مستوى تأثير ضار ملاحظ، فإنه لم يتيسر إثبات أي مستوى تأثير ضار غير ملاحظ (Goldenthat *et al.*، ١٩٧٨ ب).

● دراسة على جيلين عن السمية التكاثرية على فئران غذيت بملح بوتاسيوم السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين من خلال أنبوب تغذية بجرعات ٠،١ و ٠،٤ و ١،٦ و ٣،٢ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم. وعند جرعتي ١،٦ و ٣،٢ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم لوحظ انخفاض له شأنه في سلامة الجيل الأول من المجموعة F1. وفي مجموعة ١،٦ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم، ماتت ٣٤% (٢٥٤/٨٦) من الفئران الوليدة للمجموعة F1 بعد أربعة أيام من ولادتها. وفي المجموعة ٣،٢ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم، ماتت ٤٥% (١٥٦/٧١) من الفئران الوليدة للمجموعة F1 بعد يوم واحد من ولادتها. ولم يبق أي من هذه الفئران الوليدة على قيد الحياة بعد اليوم الرابع من ولادتها. وقد فسرت سمية الولادة عند ١،٦ و ٣،٢ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم بأنها راجعة إلى استهلاك مخفض من الغذاء، واكتساب وزن زائد في الجسم، ووزن الجسم في نهاية العمر. كما لوحظ سقوط شعر موضعي عند ٣،٢ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم. وكان أدنى مستوى تأثير ضار ملاحظ في هذه الدراسة يبلغ ٠،٤ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم، استنادا إلى الانخفاض الهام في زيادة وزن الفئران الوليدة في حيوانات الجيل F1. وكان مستوى التأثير الضار غير الملاحظ يبلغ ٠،١ ملليغرام/كيلوغرام وزن الجسم/يوم (Christian *et al.*، ١٩٩٩). وتؤيد دراسة جديدة قام بها Luebker *et al.* (٢٠٠٥) هذه النتائج.

● لوحظ أن القروود من فصيلة سينومولجس *Cynomolgus* التي تعاطت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين لمدة ٢٦ أسبوعا أصيبت بضمور الغدة الصعترية (الإناث) وبانخفاض في البروتين الدهني العالي الكثافة والكوليسترول وثلاثي يودو ثيرونين، ومستويات بيليروين الإجمالية (الذكور) (Covance Laboratories, Inc, 2002a). وكانت جرعة أدنى مستوى ملاحظ للتأثير تبلغ ٠،٠٣ ملليغرام. كغم-١ وزن الجسم/يوم وعندها كان المتوسط الفعال للتركيزات في مصل الدم والكبد في الذكور والإناث يبلغ ١٩،٨ ميكوغرام.غرام-١ و ١٤،٥ ميكوغرام.ملليغرام-١، على التوالي.

● دراسة لمدة سنتين على تغذية الفئران شوهدت فيها آثار للتغيرات في الأنسجة في الكبد في الذكور والإناث عند متحصلات منخفضة إلى درجة ٠،٠٦ - ٠،٢٣ ملليغرام سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين/كغم وزن الجسم يوميا و ٠،٠٧ - ٠،٢١ ملليغرام سلفونات مشبعة بالفلور أوكتين/كغم وزن الجسم يوميا على التوالي (Covance Laboratories, Inc, 2002b). وتحددت القيم المتوسطة للذكور والإناث من أجل إثبات أدنى مستويات ملاحظة للتأثير البالغ ٤٠،٨ ميكوغرام/غرام في الكبد و ١٣،٩ ملليغرام/لتر في مصل الدم.

وخلصت دراسة قام بها غراستي وآخرون (٢٠٠٣) (Grasty *et al.*) إلى أن تعرض الفئران الحوامل للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في وقت متأخر من الحمل، ٢٥ ملليغرام/كغم وزن الجسم من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين عن طريق الفم بواسطة أنبوب تغذية في يوم الحمل رقم ١٧-٢٠ أو ٥٠ ملليغرام/كغم من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين

في يوم الحمل رقم ١٩-٢٠، كافية لإحداث وفيات الفئران المولودة وأن العامل المسبب قد يكون كبح نضوج الرئة. بيد أنه لم يمكن إثبات الآلية المسببة لموت المواليد في دراسة لاحقة قام بها غراستي وآخرون (٢٠٠٥).

٢-٤-٢ السمية الإيكولوجية

توجد بيانات السمية الإيكولوجية بشأن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الأغلب عن الكائنات العضوية المائية مثل السمك واللافقاريات والطحالب.

وقد أظهرت السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين سمية حادة معتدلة في الأسماك. وقد قدر أدنى تركيز مميت، ٥٠، ملاحظ (٩٦ ساعة). بما يبلغ ٤،٧ ملليغرام/لتر في دراسة تعرضت فيها المنوة غليظة الرأس (*Pimephales promelas*) لملح ليشيوم السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. ولوحظ تركيز فعال غير ملاحظ، ٠،٣ ملليغرام/لتر، في المنوة عند التعرض المتطول (٤٢ يوما) واستند إلى معدل الوفيات (منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢). ولوحظ أدنى تركيز مميت، ٥٠، (٩٦ ساعة) بالنسبة لللافقاريات المائية في إربيان مايسيد (*Mysidopsis bahia*) وقدر بأنه ٣،٦ ملليغرام/لتر. ولوحظت أقل قيمة للتركيز الفعال غير الملاحظ في إربيان مايسيد عند ٠،٢٥ ملليغرام/لتر (منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي، ٢٠٠٢).

أبلغت دراسة قام بها ماكدونالد وآخرون (٢٠٠٤) (*Macdonald et al.*) عن تركيز فعال غير ملاحظ لمدة ١٠ أيام يبلغ ٠،٠٤٩١ ملليغرام/لتر من أثر في نمو الذبابة المائية الصغيرة (*Chironomus tentans*) وبقائها على قيد الحياة.

ويبدو أن أكثر الطحالب حساسية هي الطحلب الأخضر (*Pseudokirchnerilla subcapitata*) بأدنى تركيز مميت، ٥٠، (٩٦ ساعة، كثافة الخلية) يبلغ ٤٨،٢ ملليغرام/لتر. وحددت أدنى كمية للتركيز الفعال غير الملاحظ للطحالب في نفس الدراسة بشأن الطحلب الأخضر بأنها ٥،٣ ملليغرام/لتر (*Boudreau et al.*، ٢٠٠٣).

وقد عرضت البركة والسُّماني الحجل إلى السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في العلف. بما يصل إلى ٢١ أسبوعا، واشتملت طائفة من النتائج النهائية التي تم فحصها على تغييرات في وزن الجسم البالغ والأعضاء، وفي معدل استهلاك العلف، والخصوبة، وإمكانية فقس البيض، وبقاء الذرية على قيد الحياة. وعند تعاطي جرعة من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الطعام مقدارها ١٠ ميلليغرام/كغرام، اشتملت الآثار في ذكور البركة (*Anas platyrhynchos*) على انخفاض حجم الخصية وتناقص في تكون المني (3M, 2003b). وعند هذه الجرعة، كانت تركيزات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في مصل الدم والكبد تبلغ ٨٧،٣ ميكروغرام/مليلتر، و٦٠،٩ ميكروغرام/غرام على التوالي (3M، ٢٠٠٤). وبالنسبة إلى السُّماني الحجل (*Colinus virginianus*)، لوحظت آثار طفيفة في البالغين عند تعاطي جرعة مقدارها ١٠ ملليغرام/كغم في الطعام، بما في ذلك زيادة في وزن الكبد (الإناث)، وزيادة في حدوث حجم خصية صغير (الذكور)، وانخفاض في إمكانية البقاء على قيد الحياة في صغار السُماني كنسبة من فقس البيض. وكانت التركيزات في مصل دم وكبد إناث السُماني تبلغ ٨٤ ميكروغرام/مليلتر-١ مصل (الأسبوع ٥، مرحلة ما قبل القدرة على التكاثر)، و٨،٧ ميكروغرام/مليلتر-١ مصل (الأسبوع ٢١) و٤،٩ ميكروغرام/كغرام-١ ووزن رطب للكبد، في ذكور السُماني البالغة، وكانت التركيزات ١٤١ ميكروغرام/مليلتر-١ مصل و٨٨،٥ ميكروغرام/غرام-١ ووزن رطب للكبد (3M, 2003c).

٣- توليف للمعلومات

السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين شاردة مفلورة بالكامل، يشيع استخدامها كملح في بعض التطبيقات أو تدمج في ممتاثرات أكبر. ونظرا إلى خصائصها المتعلقة بسطحها النشط، فقد ظلت تستخدم دوما في ضرب عريض من التطبيقات،

تشمل في المعهود رغاوي مكافحة الحريق ومقاومة/صد الزيت أو الماء أو الشحوم أو التربة سطحيا. ويمكن للسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين أن تتشكل بواسطة التحلل من مجموعة كبيرة من المواد ذات الصلة التي يشار إليها بأنها مواد ذات صلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين (أنظر التعريف في صفحة ٥).

ونظرا إلى الخصائص الكامنة في السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين والمواد المتصلة بها، فإنها تستخدم في مجموعة عريضة من التطبيقات. وفي حين أنها ظلت تستخدم على الدوام في ثمانية قطاعات مختلفة على النحو المبين في الفرع ٢/١/٢ آنفا، فإنه يبدو أن استخدامها الحالي في البلدان الصناعية محدود بخمسة قطاعات، أنظر الفرع ٢/١/٢. وليس من المعروف إن كان ذلك يشير أيضا إلى الاستخدام العالمي.

ويمكن إطلاق السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين والمواد المتصلة بها في البيئة عند تصنيعها، وأثناء استخدامها في التطبيقات الصناعية وأثناء استهلاكها، ومن التخلص من المواد الكيميائية أو المنتجات أو البنود التي تحتويها بعد استخدامها.

ومعدل ومدى تشكل السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين من المواد الكيميائية المتصلة بها غير معروفين إلى حد كبير. وافتقاد البيانات يصعب إلى حد كبير من تقدير المساهمة الصافية لتحول كل مادة متصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين إلى أحمال بيئية للسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين. بيد أن من المتوقع أن تكون السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين، استنادا إلى ثبات السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين المفرط، هي منتج التحلل النهائي لجميع المواد المتصلة بها.

والسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين ثابتة بشكل بالغ. فلم تظهر أي تحلل في فحوص التحلل المائي أو التحلل الضوئي أو التحلل البيولوجي في أي ظروف بيئية تم اختبارها. والظرف المعروف الوحيد الذي تتحلل فيه السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين هو من خلال الترميد بدرجة حرارة مرتفعة.

وفيما يتعلق بإمكانية التراكم الأحيائي، تفي السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين بمعياره بالنظر إلى التركيزات المرتفعة إلى حد كبير التي وجدت في الضواري العليا مثل الدب القطبي، والفقمة، والنسر الأشهب، والمنك. واستنادا إلى التركيزات التي وجدت في فرائسها، تم تقدير معامل التضخيم الأحيائي لهذه الضواري. ورغم أن قيم معامل التركيز الأحيائي في الأسماك مرتفعة فإنها لا تفي في حد ذاتها بالمعايير الرقمية المحددة. بيد أنه نظرا إلى خصائص السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين التي ترتبط بشكل تفضيلي بالبروتين في الأنسجة غير الدهنية، فإن تطبيق المعايير الرقمية لمعامل التركيز الأحيائي أو معامل التضخيم الأحيائي، التي تستنبط بالاستناد إلى اعتبارات المواد المجزئة للدهون، قد لا تكون ملائمة بالنسبة للسلفونات المشبعة بالفلور أو كتين. والأجدر بالملاحظة وإثارة الانزعاج هي التركيزات المرتفعة من السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين التي وجدت في الحيوانات القطبية، بعيدا جدا عن المصادر الاصطناعية. وقد اكتشفت السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين في كائنات حية وضواري ذات مستويات تغذوية مرتفعة مثل الأسماك، والطيور الآكلة للأسماك، والمنك، والكائنات الحية القطبية. كما تبين أن الأنواع المفترسة، مثل النسور، تراكم تركيزات من السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين أعلى منها في الطيور ذات المستويات التغذوية الأدنى. وحتى مع قيام بعض الجهات المصنعة بتخفيض تصنيع السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين، فإن الحياة البرية، مثل الطيور، يمكن أن تواصل التعرض للمواد الثابتة وذات القدرة التراكمية الأحيائية مثل السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين بحكم ثباتها وتراكمها الطويل المدى فحسب.

ووفقا للبيانات المتاحة، تفي السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين بمعايير إمكانية الانتقال بعيد المدى. ويتجلى ذلك من خلال بيانات الرصد التي تبين مستويات مرتفعة بدرجة كبيرة من السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين في أنحاء شتى من نصف الكرة الشمالي. ويتجلى ذلك بوجه خاص في الكائنات الحية القطبية، البعيدة جدا عن المصادر الاصطناعية. كما تفي السلفونات المشبعة بالفلور أو كتين بمعايير مخصصة بشأن نصف العمر الجوي.

وتفي السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين بمعايير الآثار الضارة. فقد أظهرت سمية إزاء الثدييات في دراسات الجرعات المتكررة شبه المزمرة بتركيزات منخفضة، علاوة على السمية التكاثرية عند الفئران مع حدوث وفيات للمواليد بعد مولدها بوقت قصير. والسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين سامة بالنسبة للكائنات العضوية المائية، حيث تكون إربيان مايسيد و *Chironomus tentans* أكثر الكائنات حساسية.

الجدول ٨ - صفات السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين كملوثات عضوية ثابتة (دراسات تم الاضطلاع بها باستخدام ملح البوتاسيوم الناتج عن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، ما لم يذكر خلاف ذلك).

المعيار	تفي بالمعيار (نعم/لا)	ملاحظات
إمكانية الانتقال البيئي بعيد المدى	نعم	فترة التنصيف الجوية < يومان (قيمة مقدرة استنادا إلى نصف عمر التحلل الضوئي < ٣,٧ يوما)
السمية	نعم	تعرض شبه مزمّن. معدل وفيات في القروود عند ٤,٥ ملليغرام/كغم وزن الجسم/يوم. سمية تكاثرية؛ معدل وفيات في الفئران الوليدة عن ١,٦ ملليغرام/كغم وزن الجسم/يوم. سمية حادة في إربيان مايسيد: التركيز المميت، ٥٠، (٩٦ ساعة) = ٣,٦ ملليغرام/لتر. سمية حادة في الأسماك، المنوة غليظة الرأس: التركيز المميت، ٤,٧ = ٥٠، ٤,٧ ملليغرام/لتر
الثبات	نعم	ثابتة للغاية. لم يسجل أي تحلل في الفحوص الكيميائية أو البيولوجية.
التراكم الأحيائي	نعم	وجد بتركيزات مرتفعة جدا في الضواري العليا. معاملات التضخيم الأحيائي المحسوبة فرضيا = ٢٢ - ١٦٠ معامل التركيز الأحيائي في الأسماك = ٢٧٩٦ - ٣١٠٠

(١) كان المركب المستخدم في الدراسة ملح لثيوم السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين

تم إجراء تحليل لحصة المخاطر، حيث تدمج التعرضات المعروفة أو المحتملة في الآثار البيئية الضارة المعروفة أو المحتملة، على السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الحياة البرية في كندا (تقرير التقييم الفرزي الإيكولوجي الكندي، ٢٠٠٦). وتبين النتائج أن الثدييات ذات المستويات التغذوية الأعلى ربما تكون معرضة للخطر من جراء التركيزات البيئية الراهنة للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين.

وفي تحليل حصة المخاطر للذب القطبي، وجدت أعلى التركيزات في جنوب خليج هدسون بأقصى تركيز يبلغ ٣,٧٧ ميكروغرام. غرام-١ وزن كبد رطب (يتراوح بن ٢ و ٣,٧٧ ميكروغرام. غرام-١، المتوسط ٢,٧٣ ميكروغرام. غرام-١ وزن كبد رطب، (mithwick et al., ٢٠٠٥). وبالمقارنة مع ٣,٧٧ ميكروغرام. غرام-١ وزن كبد رطب من السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الدب القطبي مع قيمة سمية حرجة تبلغ ٤٠,٨ ميكروغرام. غرام-١ وزن كبد رطب للآثار الخاصة بالتغيير في أنسجة الكبد في الفئران (دراسة لستين، Covance Laboratories, Inc., ٢٠٠٢)، يتمثل الفرق فقط في

معامل من ١٠. وباستخدام معامل تطبيق يبلغ ١٠٠^(٤)، مثلما استخدم في تقرير التقييم الفرزي الإيكولوجي الكندي، تم احتساب حصة مخاطر تبلغ ٩،٢، حيث تُبين القيم الأعلى من واحد وجود خطر. كما احتسبت حصص المخاطر بشأن النتائج النهائية للسمية الإيكولوجية من دراسات أخرى على الفئران والقروود ولكن مع نفس تركيز التعرض الأقصى من دراسة الدب القطبي لجنوب خليج هدسون، لتبين حصة مخاطر من ٢،١ إلى ١٩.

والتركيزات في الدب القطبي في القطب الشمالي الكندي من بين أعلى التركيزات في الدببة القطبية في مختلف أنحاء العالم، ولكن تركيزات التعرض لا تعتبر شاذة بالنظر إلى وجود تركيزات مماثلة في الدببة القطبية في مواقع أخرى في أمريكا الشمالية والقطب الشمالي الأوروبي، ووجود تركيزات عالية في الحياة البرية الأخرى على الصعيد العالمي حسبما هو مبين آنفاً.

كما احتسبت حصص مخاطر بالنسبة لعدد من أنواع الطيور المتوطنة في كندا، بما في ذلك الكثير من الطيور الآكلة للأسماك والأنواع المهاجرة. ونطاق حصص المخاطر إما أن يكون أعلى أو يناهز إحدى الحصص التي تبين إمكانية إلحاق الضرر عند التركيزات الملاحظة في الأنواع المحلية، بما في ذلك الأنواع المهاجرة (التقييم الفرزي الإيكولوجي الكندي، ٢٠٠٦).

٤ - ملاحظات ختامية

السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين مادة تخليقية من أصل اصطناعي لا يعرف أيها حدثت بشكل طبيعي. ولذلك يمكن أن نخلص إلى أن وجود السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وسلاتفها في البيئة ناتج عن أنشطة اصطناعية وأن وجود السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في مناطق نائية بعيدا جدا عن مصادرها المحتملة حدث من خلال الانتقال البيئي بعيد المدى. وفي حين أن المواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين قد تتحلل إلى السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين، فإن السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين ذاتها بالغة الثبات في جميع الوسائط ويمكن أن تتراكم أحيائيا وأن تتضخم أحيائيا في الثدييات والطيور الآكلة للأسماك.

وقد أفضى التلخيص التدريجي الطوعي للجهات المصنعة الرئيسية للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين في الولايات المتحدة الأمريكية من إنتاجها إلى انخفاض في الاستخدام الراهن للمواد المتصلة بالسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين. بيد أنه يمكن الافتراض بأنها لا تزال تنتج في بعض البلدان وأن هناك شواهد على أنها لا تزال تستخدم في الكثير من البلدان. وبالنظر إلى الخواص الكامنة للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وسلاتفها، جنبا إلى جنب مع تركيزات بيئية مثبتة أو محتملة قد تتجاوز مستويات التأثير بالنسبة لكائنات حية ذات مستويات تغذوية أعلى معينة مثل الطيور الآكلة للأسماك والثدييات، وبالنظر إلى حدوث السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين الواسع النطاق في الكائنات الحية، بما في ذلك الموجودة في مناطق نائية؛ وبالنظر إلى أن سلاتف السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين قد تساهم في وجود السلفونات المشبعة بالفلور أوكتين الشامل في البيئة، فإنه يستنتج أن للسلفونات المشبعة بالفلور أوكتين وسلاتفها آثارا ضارة مباشرة أو طويلة الأجل على البيئة بما يبرر اتخاذ إجراء عالمي بشأنها.

(٤) معامل تطبيق يبلغ ١٠٠ مستخدم للاستقراء من ظروف المختبر إلى الميدان ومن أجل التباين في الحساسية فيما بين الأنواع وفيما بين النوع الواحد، والاستقراء من مستوى الآثار الملاحظة إلى مستوى عدم وجود آثار.

المراجع

- 3M (1999). The science of organic fluorochemistry.
- 3M (2000). Sulfonated Perfluorochemicals in the Environment: Sources, Dispersion, Fate and Effects (AR226-0545). 3M Company, St Paul, MN.
- 3M Environmental Laboratory. (2001a). Analytical laboratory report, determination of the presence and concentration of PFOS, PFOSA, PFOSAA, EtFOSE-OH, M556 and PFOSEA in serum and liver samples of CrI:CD(SD) IGS BR rats exposed to N-ethyl perfluorooctanesulfonamido ethanol. 3M Environmental Laboratory Report No. Tox-001, Laboratory Request No. U2103, 3M Reference No. T-6316.1
- 3M Environmental Laboratory. (2001b). Analytical laboratory report, determination of the presence and concentration of PFOS, PFOSA, PFOSAA, EtFOSE-OH, M556 and PFOSEA in serum and liver samples of CrI:CD(SD) IGS BR rats exposed to N-ethyl perfluorooctanesulfonamido ethanol. 3M Environmental Laboratory Report No. Tox-002, Laboratory Request No. U2104, 3M Reference No. T-6316.1
- 3M (2002). Final report, perfluorooctanesulfonate, potassium salt (PFOS): A flow-through bioconcentration test with bluegill (*Lepomis macrochirus*). Project Number 454A-134. Study conducted for 3M. Wildlife International Ltd., St. Paul, MN.
- 3M (2003a) Environmental and Health Assessment of Perfluorooctane Sulfonic Acid and its Salts. Prepared by 3M Company, with J Moore (Hollyhouse Inc.), J Rodericks and D Turnbull (Environ Corp.) and W Warren-Hicks and Colleagues (The Cadmus Group, Inc.). August 2003.
- 3M (2003b) Final Report PFOS: A Pilot Reproduction Study with the Mallard Wildlife International, Ltd. Project Number: 454-108. US EPA OPPT AR226-1738
- 3M (2003c). Final Report PFOS: A Reproduction Study with the Northern Bobwhite Wildlife International, Ltd. Project Number: 454-108. US EPA OPPT AR226-1831.
- 3M (2004) Final Report: PFOS – A Dietary LC50 Study with Mallard. Wildlife International Ltd., Project No. 454-102. US EPA OPPT AR226-1735.
- 3M Specialty Materials (2000). Final report; Sulfonated Perfluorochemicals: U.S. Release Estimation - 1997 Part 1: Life-cycle Waste Stream Estimates.
- Ankley GT, Kuehl DW, Kahl MD, Jensen KM, Linnum A, Leino RL, Villeneuve DA (2005). Reproductive and developmental toxicity and bioconcentration of perfluorooctanesulfonate in a partial life-cycle test with the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Environ Toxicol Chem.* **24** (9) 2316-24.
- Berglund M, Med Dr, Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institutet. Personal communication.
- Bossi R, Riget FF, Dietz R, Sonne C, Fauser P, Dam M, Vorkamp K (2005a). Preliminary screening of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and other fluorochemicals in fish, birds and marine mammals from Greenland and the Faroe Islands. *Environ Pollut.* **136** (2) 323-9.
- Bossi, R.; Riget, F. F.; Dietz, R. (2005b) Temporal and spatial trends of perfluorinated compounds in ringed seal (*Phoca hispida*) from Greenland. *Environ. Sci. Technol.* **39**, 7416-7422
- Boudreau, TM, Sibley, PK, Mabury, SA, Muir, DCG and Solomon, KR (2003a). Laboratory evaluation of the toxicity of perfluorooctane sulfonate (PFOS) on *Selenastrum capricornutum*, *Chlorella vulgaris*, *Lemna gibba*, *Daphnia magna* and *Daphnia pulex*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **44**, 307-313.
- Boulanger B., Vargo J., Schnoor J.L., and Hornbuckle K.C. (2004). Detection of perfluorooctane surfactants in Great Lakes water. *Environ Sci Technol.* **38** (15) 4064-4070.
- Butt, C.M., Stock, N.L., Mabury, S.A., Muir, D.C.G., and Braune, B.M. Spatial and temporal trends of perfluorinated alkyl substances in ringed seals and seabirds (Northern fulmar and Thick-billed Murre) from the Canadian Arctic. Presentation at the International Symposium on Fluorinated Alkyl Organics in the Environment. Toronto, Ontario, Canada, August 18-20, 2005

Caliebe, C., Gerwinski, W., Hühnerfuss, H., and Theobald, N. Occurrence of Perfluorinated Organic Acids in the Water of the North Sea. (2004). *Organohalogen compounds* **66**: 4074-4078

Canadian Ecological Screening Assessment report (2006)

Christian, M.S., Hoberman, A.M., and York, R.G. (1999). Combined Oral (Gavage) Fertility, Developmental and Perinatal/Postnatal Reproduction Toxicity Study of PFOS in Rats. Argus Research Laboratories, Inc. Protocol Number: 418-008, Sponsor Study Number: 6295.9, (8EHQ-0200-00374).

Covance Laboratories, Inc. (2002a). Final report: 104-week dietary chronic toxicity and carcinogenicity study with perfluorooctane sulfonic acid potassium salt (PFOS; T-6295) in rats. Study No. 6239-183, Madison, Wisconsin.

Covance Laboratories, Inc. (2002b). 26-week capsule toxicity study with perfluorooctane sulfonic acid potassium salt (PFOS T-6295) in cynomolgus monkeys. #6329-223.

Dimitrov, S., V. Kamenska, J.D. Walker, W. Windle, R. Purdy, M. Lewis and O. Mekenyan. 2004. Predicting the biodegradation products of perfluorinated chemicals using CATABOL, SAR and QSAR. *Environ. Res.*15(1): 69–82.

Environment Agency, (2004) Environmental Risk Evaluation Report: (PFOS). D Brooke, A Footitt, T A Nwaogu. Research Contractor: Building Research Establishment Ltd. Risk and Policy Analysts Ltd

Environment Canada. April 2004. Environmental Screening Assessment Report on Perfluorooctane Sulfonate, Its Salts and Its Precursors that Contain the C8F17SO2 or C8F17SO3 Moiety.

Fire Fighting Foam Coalition, (2004) "Estimated Quantities of Aqueous Film Forming Foam (AFFF) in the United States". Prepared by Robert L. Darwin and available in the US electronic docket system, www.regulations.gov, at document number EPA-HQ-OPPT-2003-0012-0714

Furdui, V., Crozier, P., Marvin, C., Reiner, E., Wania, F., and Mabury, S. 2005. Temporal Study of Perfluorinated Alkyl Substances in Niagara River Suspended Sediments. Presentation at SETAC 2005, Baltimore, Maryland, November 2005.

Giesy, JP, Kannan, K (2001). Global Distribution of Perfluorooctane Sulfonate in Wildlife. *Env. Sci. Tech*, **35**, 1339 – 1342.

Giesy, JP and Kannan, K (2001a). Accumulation of perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in marine mammals. Prepared for 3M, St Paul, MN. In US EPA Administrative Record AR226-1030A. (In OECD 2002).

Giesy, JP and Kannan, K (2001b). Perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in fish-eating water birds. Prepared for 3M, St Paul, MN. In US EPA Administrative Record AR226-1030A. (In OECD 2002).

Giesy, JP and Kannan, K (2001c). Accumulation of perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in fish tissues. Prepared for 3M, St Paul, MN. In US EPA Administrative Record AR226-1030A. (In OECD 2002).

Giesy, JP and Kannan, K (2001d). Accumulation of perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in mink and river otters. Prepared for 3M, St Paul, MN. In US EPA Administrative Record AR226-1030A. (In OECD 2002).

Giesy, JP and Kannan, K (2001e). Perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in oyster, *Crassostrea virginica*, from the Gulf of Mexico and Chesapeake Bay. Prepared for 3M, St Paul, MN. In US EPA Administrative Record AR226-1030A. (In OECD 2002).

Giesy, JP and Newsted, JL (2001). Selected Fluorochemicals in the Decatur, Alabama Area. Prepared for 3M, St Paul, MN. In US EPA Administrative Record AR226-1030A.

Giesy, J.P. and K. Kannan. (2002). Perfluorochemical surfactants in the environment. *Environ. Sci. Technol.* **36**: 147A–152A.

- Goldenthal, E.I., Jessup, D.C., Geil, R.G. and Mehring, J.S. (1978a). Ninety-day Subacute Rhesus Monkey Toxicity Study. Study No. 137-092, International Research and Development Corporation, Mattawan, MI. FYI-0500-1378.
- Goldenthal, E.I., Jessup, D.C., Geil, R.G., Jefferson, N.D. and Arceo, R.J. (1978b). Ninety-day Subacute Rat Study. Study No. 137-085, International Research and Development Corporation, Mattawan, MI. FYI-0500-1378
- Grasty, R.C., Grey, B.E., Lau, C.S., Rogers, J.M (2003). Prenatal Window of Susceptibility to Perfluorooctanesulfonate-Induced Neonatal Mortality in the Sprague-Dawley Rat. *Birth Defects Research (Part B)*, **68**, 465 – 471.
- Grasty R.C., Bjork J.A., Wallace K.B., Lau C.S., Rogers J.M. (2005) Effects of prenatal perfluorooctane sulfonate (PFOS) exposure on lung maturation in the perinatal rat *Birth Defects Res B Dev Reprod Toxicol.* 74 (5) 405-16. Erratum in: *Birth Defects Res B Dev Reprod Toxicol.* 2006 Feb;77(1):87.
- Gulkowska, A., Falandysz, J., Taniyasu, S., Bochentin, I., So, M.K., Yamashita, N. 2005. Perfluorinated chemicals in blood of fishes and waterfowl from the Gulf of Gdańsk, Baltic Sea. Presentation at International Symposium on Fluorinated Organics in the Environment, Toronto, Ontario, Canada, August 18-20, 2005.
- Hekster, F.M., P. de Voogt, A.M.C.M. Pijnenburg and R.W.P.M. Laane. 2002. Perfluoroalkylated substances — aquatic environmental assessment. Report RIKZ/2002.043. Prepared at the University of Amsterdam and RIKZ (The State Institute for Coast and Sea), July 1, 2002. 99 pp.
- Hoff, P.T, Scheirs, J., Van de Vijver, K., Van Dongen, W., Esmans, E.L, Blust, R., De Coen, W. (2004). Biochemical Effect Evaluation of Perfluorooctane Sulfonic Acid-Contaminated Wood Mice. *Environmental Health Perspectives*, **112** (6), 681 – 686.
- Holmström K E, Järnberg U, Bignert A (2005). Temporal Trends of PFOS and PFOA in Guillemot Eggs from the Baltic Sea, 1968 – 2003. *Env. Sci. Tech.*, **39** (1), 80-84.
- Holmström K.E., Järnberg, U., Berggren, D., Johansson, C., Balk, L. (2003). Perfluorooctane sulfonate concentrations in Swedish urban and background fish samples. (abstract).
- Hohenblum, P, Scharf, S and Sitka, A (2003). Perfluorinated anionic surfactants in Austrian industrial effluents. *Vom Wasser*, **101**, 155-164.
- Houde, M., Bujas, T.A.D., Small, J., Wells, R., Fair, P., Bossart, G.D., Solomon, K.R., and Muir, D.C.G. Biomagnification of Perfluoroalkyl Compounds in the Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) Food Web. *Environ. Sci. Technol.*, **40** (13), 4138 -4144, 2006 (Web release date: May 25, 2006)
- Jones PD, Hu W, De Coen W, Newsted JL, Giesy JP. Binding of perfluorinated fatty acids to serum proteins. *Environ Toxicol Chem.* 2003 Nov;22(11):2639-49.]
- Kannan, K and Giesy, JP (2002a). Global distribution and bioaccumulation of perfluorinated hydrocarbons. *Organohalogen Compounds*, **59**, 267-270.
- Kannan, K., Corsolini, S., Falandysz, J., Oehme, G., Focardi, S., Giesy, J.P. (2002b). Perfluorooctanesulfonate and related Fluorinated Hydrocarbons in Marine Mammals, Fishes and Birds from Coasts of the Baltic and the Mediterranean Seas *Environ. Sci. Technol.*, **36**, 3210 – 3216.
- Kannan K, Tao L, Sinclair E, Pastva SD, Jude DJ, Giesy JP (2005). Perfluorinated compounds in aquatic organisms at various trophic levels in a Great Lakes food chain. *Arch Environ Contam Toxicol.* **48**, (4) 559-66.
- Kerstner-Wood, C., Coward, L. and Gorman, G. (2003). Protein Binding of perfluorbutane sulfonate, perfluorhexanesulfonate, perfluorooctane sulfonate and perfluorooctanoate to plasma (human, rat, monkey), and various human-derived plasma protein fractions. Southern Research Corporation, Study 9921.7. Unpublished report. Available on USEPA Administrative Record AR-226.

Kärman A., Van Bavel, B., Hardell, L., Järnberg, U., Lindström, G., (2004). Perfluoroalkylated compounds in whole blood and plasma from the Swedish population. Report to Swedish EPA, HÄMI 215 0213, dnr 721-4007-02 Mm.

Kärman A., Mueller J.F., Bert van Bavel, Fiona Harden, Leisa-Maree L. Toms, and Gunilla Lindström G., (2006). Levels of 12 Perfluorinated Chemicals in Pooled Australian Serum, Collected 2002-2003, in Relation to Age, Gender, and Region. *Environ. Sci. Technol.* **40**, 3742-3748

Loewen M, Halldorson T, Wang F, Tomy G (2005). Fluorotelomer carboxylic acids and PFOS in rainwater from an urban center in Canada. *Env. Sci Tech.* **39** (9) 2944-51.

Luebker DJ, Case MT, York RG, Moore JA, Hansen KJ, Butenhoff JL (2005). Two-generation reproduction and cross-foster studies of perfluorooctanesulfonate (PFOS) in rats. *Toxicology*. **215** (1-2) 126-48.

Luebker D.J., Hansen K.J, Bass N.M, Butenhoff J.L. and Secat A.M. (2002) Interactions of fluorochemicals with rat liver fatty acid-binding protein. *Toxicology*, **15** (3), 175-85.

MacDonald, M.M., Warne, A.L., Stock, N.L., Mabury, S.A., Solomon, K.R., Sibley, P.K. 2004. Toxicity of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid to *Chironomus tentans*. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **23** (9): 2116-2123

Martin, JW, Muir, DCG, Moody, CA, Ellis, DA, Kwan, WC, Solomon, KR, Mabury, SA, (2002), collection of airborne fluorinated organics and analysis by gas chromatography/chemical ionization mass spectrometry, *Anal. Chem.*, **74**, 584-590

Martin, JW, Mabury, SA, Solomon, KR, Muir DCG (2003). Bioconcentration and Tissue Distribution of Perfluorinated Acids in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*). *Env. Tox. Chem.*, **22** (1), 196-204.

Martin, JW, Smithwick, MM, Braune, BM, Hoekstra, PF, Muir, DCG and Mabury, SA (2004a). Identification of long chain perfluorinated acids in biota from the Canadian arctic. *Environ. Sci. Technol.*, **38**, 373-380.

Martin, J.W., Whittle, D.M., Muir, D.C.G., and S.A. Mabury. (2004b) Perfluoroalkyl Contaminants in a Food Web from Lake Ontario. *Environ. Sci. Technol.*: **38**, 5379-5385.

MPCA , Minnesota Pollution Control Agency, (2006). Investigation of perfluorochemical contamination in Minnesota phase one Report to Senate Environment Committee.

Moody, CA, Hebert, GN, Strauss, SH and Field, JA (2003). Occurrence and persistence of perfluorooctanesulfonate and other perfluorinated surfactants in groundwater at a fire-training area at Wurtsmith Air Force Base, Michigan, USA. *J Environ. Monit.*, **5**, 341-345.

Morikawa A, Kamei N, Harada K, Inoue K, Yoshinaga T, Saito N, Koizumi A. (2005). The bioconcentration factor of perfluorooctane sulfonate is significantly larger than that of perfluorooctanoate in wild turtles (*Trachemys scripta elegans* and *Chinemys reevesii*): An Ai river ecological study in Japan. *Ecotoxicol Environ Saf.* Jul 22; [Epub ahead of print]

Newsted, J.L., Jones, P.D., Coady, K., and Giesy, J.P. (2005). Avian Toxicity Reference Values for Perfluorooctane Sulfonate. *Environ Sci Technol.* **1**;39(23):9357-62.

OECD (2002) Co-operation on Existing Chemicals - Hazard Assessment of Perfluorooctane Sulfonate and its Salts, Environment Directorate Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 21 November 2002

OSPAR (2002). Grouping of Perfluorinated Substances, Presented by the United Kingdom and Sweden, Meeting of the Working Group on Priority Substances (SPS), OSPAR convention for the Protection of the Marine Environment of the North-east Atlantic, Arona, 21 – 25 October 2002.

Posner, S. (IFP-research), Järnberg, U. (Institute of Applied Environmental Research). Personal communication.

RIKZ (2002). Perfluoroalkylated Substances - Aquatic Environmental Assessment. RIKZ and University of Amsterdam. Report RIKZ/2002.043.

RPA & BRE, 2004. Risk & Policy Analysts Limited in association with BRE Environment, Perfluorooctane Sulfonate – Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks, Final Report prepared for Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environment Agency for England and Wales.

SIA (2006). Note to the Secretariat of the Stockholm Convention by Chuck Fraust, Semiconductor Industry Association, USA.

Sinclair, E., Mayack, D.T., Roblee, K., Yamashita, N., and Kannan, K. 2006. Occurrence of Perfluoroalkyl Surfactants in Water, Fish, and Birds from New York State. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 50: 398-410.

Smithwick, M., S.A. Mabury, K. Solomon, C. Sonne, J.W. Martin, E. W. Born, R. Dietz, A.E. Derocher, R.J. Letcher, T.J. Evans, G. Gabrielsen, J. Nagy, I. Stirling, M. Taylor and D.C.G. Muir. (2005). Circumpolar study of Perfluoroalkyl contaminants in polar bears (*Ursus maritimus*). *Environmental Science and Technology* 39: 5517-5523.

Swedish EPA, Environmental Assessment Department (2004). Slutligt PM för screening av perfluorerade ämnen.

Taniyasu, S, Kannan, K, Horii, Y and Yamashita, N (2002). The first environmental survey of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and related compounds in Japan. *Organohalogen Compounds*, **59**, 311-314.

Tomy, G.T.; Budakowski, W.; Halldorson, T.; Helm, P.A.; Stern G. A.; Freisen, K.; Pepper, K.; Tittlemier, S. A.; Fisk, A. T. (2004a) Fluorinated organic compounds in an eastern Arctic marine food web. *Environ. Sci Technol.*, 38, 6475-6481

Tomy, G. T.; Tittlemier, S. A.; Palace, V. P.; Budakowski, W. R.; Braekevelt, E.; Brinkworth, L.; Friesen, K. (2004b) Biotransformation of *N*-ethyl perfluorooctanesulfonamide by rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) liver microsomes. *Environ. Sci. Technol.* , 38, 758-762

US-EPA (2002). Perfluorooctyl Sulfonates. Proposed Significant New Use Rule, 40 CFR Part 721, US Federal Register, Vol 67, No 47, Monday 11 March 2002.

WWF (2005). Generation X, results of WWF's European family biomonitoring survey.

Yamashita, N., Kurunthachalam, K., Taniyasu, S., Horii, Y., Petrick, G., and Gamo, T. 2005. A global survey of perfluorinated acids in oceans. *Marine Pollution Bulletin*, 51 658-668