

Distr.: General
8 November 2011

Arabic
Original: English

اتفاقية ستكهولم
بشأن
الملوثات العضوية الثابتة



لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة

الاجتماع السابع

حيف، ١٠ - ١٤ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١١

تقرير لجنة الملوثات العضوية الثابتة عن أعمال اجتماعها السابع

إضافة

تقييم إدارة مخاطر الدوديكان الحلقي السداسي البروم

اعتمدت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة، في اجتماعها السابع، تقييماً لإدارة مخاطر الدوديكان الحلقي السداسي البروم بالاستناد إلى الصيغة المنقحة لمشروع التقييم الوارد في الوثيقة UNEP/POPS/POPRC.7/5، ويرد نص تقييم إدارة المخاطر في مرفق هذه الإضافة دون تحرير رسمي.

المرفق

الدوديكان الحلقي السداسي البروم

تقييم إدارة المخاطر

١٤ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١١

جدول المحتويات

٤	.....	موجز تنفيذي
٦	.....	١- مقدمة
٦	.....	١-١ التعريف الكيميائي للمادة المقترح إدراجها
٩	.....	٢-١ استنتاجات لجنة الاستعراض بشأن المعلومات الواردة في المرفق هاء
١٠	.....	٣-١ مصادر البيانات
١٠	.....	٤-١ وضع المادة الكيميائية في ضوء الاتفاقيات الدولية
١٠	.....	٥-١ إجراءات الرقابة المتخذة على الصعيد الوطني أو الإقليمي
١٢	.....	٢- ملخص المعلومات ذات الصلة بتقييم إدارة المخاطر
١٤	.....	١-٢ تحديد تدابير الرقابة الممكنة
١٥	.....	٢-٢ كفاءة وفعالية تدابير الرقابة الممكنة في تحقيق أهداف خفض المخاطر
٢١	.....	٣-٢ معلومات عن البدائل (المنتجات والعمليات)
		١-٣-٢ البوليستيرين المشكل بالتمديد (EPS) والبوليستيرين المشكل بالانثاق
٢٣	.....	(XPS) المحتويان على مثبتات للهلب
		٢-٣-٢ بدائل الدوديكان الحلقي السداسي البروم في لدائن البوليستيرين الشديد
٢٩	.....	التحمل (HIPS)
		٣-٣-٢ بدائل استخدامات الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الطلاءات
٣٠	.....	الخلفية للمنسوجات
٣١	.....	٤-٢ موجز المعلومات عن آثار تنفيذ تدابير الرقابة الممكنة على المجتمع
٣١	.....	١-٤-٢ الصحة، بما في ذلك الصحة العامة وصحة البيئة والصحة المهنية
٣٢	.....	٢-٤-٢ الكائنات الحية (التنوع البيولوجي)
		٣-٤-٢ الجوانب الاقتصادية، بما في ذلك التكاليف والفوائد للمنتجين
٣٣	.....	والمستهلكين وتوزيع التكاليف والفوائد
٣٦	.....	٤-٤-٢ الانتقال نحو التنمية المستدامة
٣٦	.....	٥-٢ الاعتبارات الأخرى
٣٧	.....	٣- توليد المعلومات
٣٧	.....	١-٣ موجز المعلومات عن موجز المخاطر
٣٨	.....	٢-٣ موجز المعلومات عن تقييم إدارة المخاطر
٤٠	.....	٣-٣ التدابير المقترحة لإدارة المخاطر
٤١	.....	٤- البيان الختامي
٤٢	.....	المراجع

موجز تنفيذي

١- اقترحت النرويج في عام ٢٠٠٨ اعتبار الدوديكان الحلقي السداسي البروم (HBCD) أو (HBCDD) ملوثاً عضوياً ثابتاً مرشحاً للإدراج. وفي عام ٢٠١٠ قررت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة في اجتماعها السادس أن هذه المادة تؤدي على الأرجح إلى حدوث تأثيرات ضارة كبيرة على صحة الإنسان والبيئة نتيجةً لانتقالها البعيد المدى في البيئة، بما يبرر اتخاذ إجراء عالمي بشأنها. واعتبرت الهيئة التنفيذية لاتفاقية التلوث الجوي البعيد المدى العابر للحدود التابعة للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا أن الدوديكان الحلقي السداسي البروم يستوفي معايير الملوثات العضوية الثابتة المحددة بموجب بروتوكول الملوثات العضوية الثابتة.

٢- وينتج الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الصين وأوروبا واليابان والولايات المتحدة. ويبلغ الإنتاج السنوي المعروف حالياً ٢٨ ٠٠٠ طن في السنة تقريباً (من ٩ ٠٠٠ إلى ١٥ ٠٠٠ طن في الصين، و١٣ ٤٢٦ طناً في أوروبا والولايات المتحدة). وتشير المعلومات المتاحة إلى أن استخدام هذه المادة ربما يكون في ازدياد. ويستخدم القسم الأكبر من حجم هذه المادة في السوق في أوروبا والصين.

٣- ويستخدم الدوديكان الحلقي السداسي البروم كمادة مضافة مثبطة للهب بهدف تأخير الاشتعال وإبطاء الزيادة اللاحقة في الحريق خلال فترة خدمة المركبات أو المباني أو المواد، وكذلك أثناء تخزين المواد. والاستخدامات الرئيسية للدوديكان الحلقي السداسي البروم هي في رغوة البوليستيرين المشكل بالتمديد (EPS) والبوليستيرين المشكل بالانبثاق (XPS) المحتوية على مثبطات للهب اللتين تستخدمان في أعمال العزل والبناء، مع وجود استخدامات أخرى في تطبيقات المنسوجات وفي الأجهزة الكهربائية والإلكترونية (البوليستيرين الشديد التحمل "HIPS"). وفي المنسوجات، يستخدم الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الطلاءات الخلفية عند التنجيد وفي المنسوجات الداخلية، بما في ذلك التطبيقات الخاصة بالسيارات. ولا يعرف بشكل عام الكميات المستوردة والمصدرة على مستوى العالم من المواد المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم المثبط للهب.

٤- وقد يحدث تسرب الدوديكان الحلقي السداسي البروم إلى البيئة أثناء الإنتاج أو التصنيع أو المعالجة أو النقل أو الاستخدام أو المناولة أو التخزين أو الاحتواء، وعند التخلص من هذه المادة أو من منتجاتها المحتوية عليها. ويمكن أن تتم التسربات من مصادر ثابتة أو من كميات متسربة منتشرة من استخدام المنتج المصنع، نحو التركيب أو ألواح العزل واستخدام المنسوجات المحتوية على مثبطات للهب أو عند تعرض المنتجات المحتوية على مثبطات للهب المستخدمة للعوامل الجوية والتآكل. وقد أظهرت العديد من الدراسات وجود الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الهواء داخل المباني وفي الغبار المتري وغبار القمر في السيارات الجديدة والقديمة. ويمكن أن تتسرب نواتج ثانوية من الديوكسينات والفيورانات المتعددة البروم عند حرق هذه المادة أو المنتجات المحتوية عليها بطريقة غير متحكم فيها.

٥- وتشير تقديرات التقييمات المتاحة إلى أن انبعاثات الدوديكان الحلقي السداسي البروم في البيئة أثناء إنتاجه واستخدامه هي انبعاثات قليلة مقارنةً بالتسربات من المنتجات والنفايات. وتشير التقديرات إلى أن انبعاثات هذه المادة إلى الهواء داخل المباني، من المنتجات المصنوعة من البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق خلال فترة خدمتها بعد تركيبها، هي انبعاثات قليلة، رغم أن

التقديرات المتعلقة بالتسربات أثناء استخدام المستهلكين للمواد المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم هي تقديرات غير مؤكدة إلى حد كبير.

٦- ومن المحتمل أن تصبح الانبعاثات من المواد المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم مصدراً طويلاً الأمد لهذه المادة في البيئة. وتنتهي معظم الكمية المنتجة من الدوديكان الحلقي السداسي البروم في المواد، وبصورة رئيسية في البوليستيرين (المشكل بالتمديد والمشكل بالانثاق) المستخدم في قطاع الإنشاءات والبناء. ولم تخضع الانبعاثات المستقبلية المحتملة من هذه المواد للتقييم. وقد أبلغ عن أن فترة بقاء رغوة البوليستيرين في المباني تتراوح من ٣٠ إلى ٥٠ عاماً. إن استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم في ألواح العزل وفي المباني والإنشاءات هو في تزايد، ومن المرجح أن تكون تسربات البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانثاق أكبر حجماً في المستقبل، خصوصاً من العام ٢٠٢٥ فصاعداً، نظراً لأنه سيتم تجديد أو هدم أعداد متزايدة من المباني المحتوية على البوليستيرين المشكل بالتمديد المحتوي على الدوديكان الحلقي السداسي البروم المثبط للهب. ويختلف هذا التحول باختلاف المناطق في العالم وسيتراوح بين ١٠ - ٥٠ عاماً.

٧- ومن بين النفايات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم نفايات الإنتاج وألواح العزل ونفايات البناء والتجديد، ونفايات من تطبيقات أخرى نحو المنتجات الكهربائية والإلكترونية، والمنسوجات ومركبات النقل. ومن غير المعروف إلى أي حد يتم دفن المنتجات النهائية المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم في مدافن القمامة أو حرقها أو تركها في البيئة أو إعادة تدويرها. وتوضع النفايات التي تصل إلى مسارات النفايات في البلديات في مدافن القمامة على الأرجح أو تحرق. أما في البلدان النامية فإن الأجهزة الكهربائية والإلكترونية المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم وعلى المواد السامة الأخرى يتم في الغالب إعادة تدويرها في ظروف ينتج عنها تسرب هذه المادة بدرجة أكبر نسبياً إلى البيئة وتلويث المواقع وتعرض العمال لها. ومن الشائع أن توضع المواد المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم والنفايات الإلكترونية في مواقع الحرق المفتوح أو مقابل القمامة.

٨- ويمكن أن يشمل التخلص التدريجي من الدوديكان الحلقي السداسي البروم استبدال مثبطات اللهب واستبدال الراتينجات/المواد وإعادة تصميم المنتجات. وتتوفر بالفعل في الأسواق بدائل كيميائية للدوديكان الحلقي السداسي البروم في البوليستيرين الشديد التحمل والطلاءات الخلفية للمنسوجات. وتعتبر البدائل الكيميائية غير المهلجنة المتاحة أفضل للبيئة والصحة. ولا تتوفر حالياً في السوق مادة كيميائية بديلة سهلة الإحلال لكل العمليات الإنتاجية المتعلقة بالبوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانثاق، رغم أن هناك بديل سيتوفر تجارياً بنهاية عام ٢٠١٢. علاوةً على ذلك فإن هناك مواد كيميائية أخرى قيد التطوير في العديد من المناطق عن طريق جهود مشتركة بين مختلف أصحاب المصلحة، بيد أنه ستظل هناك حاجة لبعض الوقت قبل أن تُدخل البدائل المحددة بالتدريج في صناعة رغوات البوليستيرين. كذلك تتوفر تجارياً في السوق العديد من المواد البديلة التي يمكن أن تستخدم كبديل للبوليستيرين المشكل بالتمديد والمشكل بالانثاق المحتوي على مثبطات اللهب. وتشمل هذه المواد البديلة رغوات الفينوليك والبطانيات الصوفية الزجاجية والصخرية والزجاج الخلوي والرغوات الزجاجية والحشوات الحرة التي قد تحتوي على الصوف الصخري أو الألياف الزجاجية أو السيلولوز أو رغوة البوليوريثان. وهناك بديل آخر مستخدم في بعض البلدان وهو استخدام البوليستيرين المشكل

بالتמיד/المشکل بالانبثاق من دون مثبطات لهب مع تقنيات إنشاء بديلة وحواجز حرارية. بيد أن هذا الخيار قد يكون خاضعاً لقوانين البناء الوطنية.

٩- ويتمثل تدبير الرقابة المقترح في إدراج الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الاتفاقية. وإتاحة المجال لبعض الاستخدامات الحرجة المحدودة زمنياً للدوديكان الحلقي السداسي البروم، يمكن منح إعفاء محدد لاستخدامه في البوليستيرين المشكل بالتמיד والبوليستيرين المشكل بالانبثاق، وإرفاق الإعفاء بوصف لشروط الإنتاج ولتلك الاستخدامات. ويمكن أن يؤدي الإدراج إلى إنهاء فعلي لاستخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم كمثبط للهب في تطبيقات المنسوجات التي تصدر انبعاثات مرتفعة وفي البوليستيرين الشديد التحمل التي تتوفر لها بدائل واسعة الانتشار، وكذلك في البوليستيرين المشكل بالتמיד والبوليستيرين المشكل بالانبثاق، حال البدء باستخدام البدائل الكيميائية السهلة الإحلال.

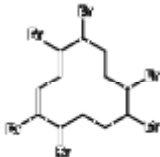
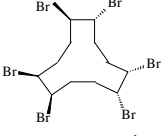
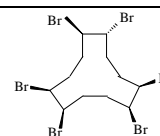
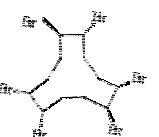
١ - مقدمة

١٠- في ١٨ حزيران/يونيه ٢٠٠٨ قدمت النرويج، بصفتها طرفاً في اتفاقية استكهولم، اقتراحاً بإدراج مثبط اللهب المبروم، الدوديكان الحلقي السداسي البروم، في المرفق ألف من الاتفاقية بوصفه ملوثاً عضوياً ثابتاً محتملاً (UNEP/POPS/POPRC.5/INF/16).

١-١ التعريف الكيميائي للمادة المقترح إدراجها

١١- الدوديكان الحلقي السداسي البروم المتوفر تجارياً هو مادة صلبة بيضاء. وقد قدم المنتجون والمستوردون معلومات عن هذه المادة تحت اسمين مختلفين؛ الدوديكان الحلقي السداسي البروم (الرقم في سجل دائرة المستخلصات الكيميائية ٢٥٦٣٧-٩٩-٤، رقم المفوضية الأوروبية ٢٤٧-١٤٨-٤)، و١٠،٩،٦،٥،٢،١- الدوديكان الحلقي السداسي البروم (الرقم في سجل دائرة المستخلصات الكيميائية ٣١٩٤-٥٥-٦، رقم المفوضية الأوروبية ٢٢١-٦٩٥-٩). وقد سُمي هذا المركب بالاسمين معاً. والصيغة التركيبية لهذا المركب هي عبارة عن حلقة ترتبط بها ذرات البروم (أنظر الجدول ١). أما الصيغة الجزيئية للمركب فهي $(C_{12}H_{18}Br_6)$ ووزنه الجزيئي ٦٤١ غم/مول. واعتماداً على الجهة المصنعة وطريقة الإنتاج المستخدمة فإن الدوديكان الحلقي السداسي البروم التقني يحتوي على الدوديكان الحلقي السداسي البروم - غاما بنسبة ٧٠ - ٩٥ في المائة وعلى الآيزومرين ألفا وبيتا بنسبة ٣ - ٣٠ في المائة (EC 2008; NCM 2008). ولكل آيزومر من هذه الآيزومرات الفراغية رقم التسجيل الخاص به، فمثلاً رقم التسجيل في دائرة المستخلصات الكيميائية للآيزومر ألفا هو ١٣٤٢٣٧-٥٠-٦، وللآيزومر بيتا ١٣٤٢٣٧-٥١-٧، وللآيزومر غاما ١٣٤٢٣٧-٥٢-٨. ويحتوي الجدول ٢ على معلومات أخرى تتعلق بالتعريف الكيميائي لهذا المركب، كما يمكن الاطلاع على هذه المعلومات ضمن المعلومات الإضافية في موجز المخاطر المتعلقة بالدوديكان الحلقي السداسي البروم (UNEP/POPS/POPRC.6/INF/25).

الجدول ١: معلومات تتعلق بالتعريف الكيميائي للدوديكان الحلقي السداسي البروم

			التركيب الكيميائي
			<p>الصيغة التركيبية للدوديكان الحلقي السداسي البروم^١: الصيغة التركيبية لـ ١٠,٩,٦,٥,٢,١-الدوديكان الحلقي السداسي البروم، أي المركب الذي رقم تسجيله في دائرة المستخلصات الكيميائية ٦-٥٥-٣١٩٤. لاحظ أن رقم التسجيل ٤-٩٩-٢٥٦٣٧ يستخدم أيضاً لنفس المادة رغم أنه خطأ من وجهة النظر الكيميائية نظراً لكونه لا يجدد مواقع ذرات البروم. وكمعلومة إضافية توجد أدناه التركيبات وأرقام التسجيل في دائرة المستخلصات الكيميائية، الخاصة بالأيزومرات الفراغية غير المرآوية المشكلة لـ ١٠,٩,٦,٥,٢,١-الدوديكان الحلقي السداسي البروم، رغم أن هذه الأيزومرات موجودة دائماً في شكل خلالت في المنتج التقني.</p>
 <p>الدوديكان الحلقي السداسي البروم- ألفا رقم التسجيل في دائرة المستخلصات الكيميائية: ٦-٥٠-١٣٤٢٣٧</p>	 <p>الدوديكان الحلقي السداسي البروم- بيتا رقم التسجيل في دائرة المستخلصات الكيميائية: ٧-٥١-١٣٤٢٣٧</p>	 <p>الدوديكان الحلقي السداسي البروم- غاما رقم التسجيل في دائرة المستخلصات الكيميائية: ٨-٥٢-١٣٤٢٣٧</p>	<p>المكونات غير المنطقة مرآوياً للدوديكان الحلقي السداسي البروم التجاري:</p>

الجدول ٢: التعريف الكيميائي

	التعريف الكيميائي
الدوديكان الحلقي السداسي البروم وأيضاً ١٠,٩,٦,٥,٢,١-الدوديكان الحلقي السداسي البروم	الاسم الكيميائي:
221-695-9؛ 247-148-4	رقم المفوضية الأوروبية:
3194-55-6؛ 25637-99-4	الرقم في سجل دائرة المستخلصات الكيميائية:
الدوديكان الحلقي السداسي البروم	الاسم وفقاً للاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والنطبيقية:
C ₁₂ H ₁₈ Br ₆	الصيغة الجزيئية:
٦٤١,٧	الوزن الجزيئي:
Cyclododecane, hexabromo; HBCD; Bromkal 73-6CD; Nikkafainon CG 1; Pyroguard F 800; Pyroguard SR 103; Pyroguard SR 103A; Pyrovatex 3887; Great Lakes CD-75PTM; Great Lakes CD-75; Great Lakes CD75XF; Great Lakes CD75PC (compact); Dead Sea Bromine Group Ground FR 1206 I-LM; Dead Sea Bromine Group Standard FR 1206 I-LM; Dead Sea Bromine Group Compact FR 1206 I-CM.	الأسماء التجارية/المرادفات الأخرى

	التعريف الكيميائي
<p>اعتماداً على الجهة المنتجة، يتكون الدوديكان الحلقي السداسي البروم التقني من الدوديكان الحلقي السداسي البروم- غاما بنسبة ٧٠-٩٥ في المائة تقريباً ومن الأيزومرين ألفا وبيتا بنسبة ٣-٣٠ في المائة حسب طريقة إنتاجه (EC 2008). ولكل أيزومر من هذه الأيزومرات رقم تسجيل خاص به في دائرة المستخلصات الكيميائية. ووجد هيب وآخرون (٢٠٠٥) أن هناك أيضاً أيزومران فراغيان آخران (الدوديكان الحلقي السداسي البروم - دلتا والدوديكان الحلقي السداسي البروم - إيسيلون) يدخلان في تركيب الدوديكان الحلقي السداسي البروم التجاري بتركيزين قدرهما ٠,٥ في المائة و٠,٣ في المائة على التوالي. وتعتبر هذه الشوائب متطابقة مرآوياً في الوقت الحالي. ووفقاً لهؤلاء العلماء فإن ١٠,٩٠,٦٠,٥٠,٢٠,١ - الدوديكان الحلقي السداسي البروم ستة مراكز فراغية، وعليه فيمكن - نظرياً- أن يكون له ١٦ أيزومر فراغي.</p>	<p>الأيزومرات الفراغية ونقاء المنتجات التجارية</p>

١٢ - ظل الدوديكان الحلقي السداسي البروم متداولاً في السوق العالمي منذ نهاية الستينيات من القرن الماضي. وقد أبلغ عن إنتاج هذه المادة في الصين وأوروبا واليابان والولايات المتحدة الأمريكية. ويبلغ الإنتاج السنوي المعروف حالياً ٢٨ ٠٠٠ طن في السنة تقريباً (الصين: ٩ ٠٠٠ إلى ١٠ ٠٠٠ طن في عام ٢٠٠٩ و ١٥ ٠٠٠ طن في عام ٢٠١٠؛ و ١٣ ٤٢٦ طن من الشركات الأعضاء في منتدى علوم البروم والبيئة في أوروبا والولايات المتحدة في عام ٢٠٠٩). ولا تتوفر بيانات عن الإنتاج في اليابان، كما لم تقدم معلومات عن الإنتاج في البلدان الأخرى.

١٣ - واستناداً إلى ردود الأطراف والمراقبين فإن استهلاك واستخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم يجري حالياً وبصورة رئيسية في أوروبا والصين. ووفقاً للطلب العالمي الذي أبلغت عنه المؤسسات الصناعية في عام ٢٠٠١ فإن أكثر من نصف حجم السوق (٩ ٥٠٠ طن من أصل ١٦ ٥٠٠ طن) قد استخدم في أوروبا. وقد زاد إجمالي الطلب العالمي على هذه المادة بأكثر من ٢٨ في المائة بنهاية عام ٢٠٠٢ ليصل إلى ٢١ ٤٤٧ طناً، وارتفع بشكل طفيف مرة أخرى في عام ٢٠٠٣ ليصل إلى ٢١ ٩٥١ طناً (BSEF 2006). وفي الولايات المتحدة أبلغ عن أن إجمالي المنتج والمستورد من هذه المادة هو بين ٤ ٥٤٠ طناً و ٢٢ ٩٠٠ طناً في عام ٢٠٠٦ (US EPA 2010). إن الطلب على الدوديكان الحلقي السداسي البروم داخل الاتحاد الأوروبي أكبر من الإنتاج، ويقدر صافي الواردات من هذه المادة للاتحاد الأوروبي بنحو ٦٠٠٠ طن في عام ٢٠٠٦ (ECHA 2009). وأبلغت السلطات في اليابان عن أن إجمالي الإنتاج المحلي والاستيراد من الدوديكان الحلقي السداسي البروم يبلغ ٢ ٨٤٤ طن في عام ٢٠٠٨ و ٢ ٦١٣ طن في عام ٢٠٠٩. وأبلغت العديد من السلطات الوطنية عن استيراد هذه المادة في شكل مركب نقي أو ضمن منتجات أخرى: كندا (١٠٠ - ١٠٠٠ طن)، أستراليا (أقل من ١٠٠ طن)، بولندا (٥٠٠ طن تستورد سنوياً من الصين)، أوكرانيا (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). وتشير المعلومات المتاحة إلى أن استخدام هذه المادة ربما يكون في تزايد (ECHA 2009; UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2).

١٤ - ويستخدم الدوديكان الحلقي السداسي البروم كمادة مضافة مثبطة للهب بهدف تأخير الاشتعال وإبطاء الزيادة اللاحقة في الحريق خلال فترة خدمة المركبات أو المباني أو المواد، وكذلك أثناء تخزين المواد (BSEF 2010; see UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2 for overview). والاستخدامات الرئيسية للدوديكان الحلقي السداسي البروم على مستوى العالم هي رغوة البوليستيرين المشكل بالتمديد (EPS)^(١) والبوليستيرين المشكل بالانثاق (XPS)^(٢) المحتوية على مثبطات للهب والمستخدمه في العزل والبناء (أكثر من ٩٠٪ من استخدامات هذه المادة)، بينما تستخدم المادة في تطبيقات المنسوجات^(٣) وفي الأجهزة الكهربائية والإلكترونية (البوليستيرين الشديد التحمل "HIPS")^(٤) على نطاق أقل (BSEF 2011). UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2 والمراجع الواردة في هذه الوثيقة، مثل OECD 2007; ECHA 2009; OECD 2007; UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). وباستخدام بيانات تقارير استكمال قوائم الجرد وجدت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة أن أقل من ١٪ من إجمالي الاستخدام التجاري والاستهلاكي لهذه المادة في الولايات المتحدة هو في مجال الأنسجة والمنسوجات والأزياء (US EPA 2010). ويستخدم الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الطلاءات الخلفية للمنسوجات وعند تنجيد الأثاث وفي المنسوجات الداخلية الأخرى، بما في ذلك التطبيقات الخاصة بمركبات النقل (Japan 2011; LCSP 2006). وهناك استخدامات صغيرة أخرى أُبلغ عنها أيضاً من جانب الوكالة السويدية للمواد الكيميائية "KEMI" (٢٠٠٦) وفي الوثيقة UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2.

١٥ - واستناداً إلى ردود الأطراف والمراقبين والوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية (٢٠٠٩) فإن أحجام الكميات المستوردة والمصدرة من الدوديكان الحلقي السداسي البروم في المواد المحتوية على مثبطات للهب غير معروفة بشكل عام. وتنتج مواد العزل المحتوية على رغوة البوليستيرين في العادة بمواصفات تناسب السوق المحلي، ويخصص الجزء الرئيسي من الإنتاج للاستهلاك المحلي وليس للتصدير (SWEREA 2010; BSEF 2011).

٢-١ استنتاجات لجنة الاستعراض بشأن المعلومات الواردة في المرفق هاء

١٦ - قيمت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة في اجتماعها السادس في تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٠ مشروع موجز مخاطر الدوديكان الحلقي السداسي البروم وفقاً للمرفق هاء (UNEP/POPS/POPRC.6/13) واعتمدت الوثيقة (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). وقررت اللجنة أن "الدوديكان الحلقي السداسي البروم هو مادة صناعية لا يعرف لها وجود طبيعي، وقد استمرت العديد من البلدان في استخدامها ولا سيما في الأدوات والمنتجات المستوردة. وتزايد الكميات المتسربة من هذه المادة إلى البيئة في كل المناطق التي شملها البحث، أي في أوروبا وآسيا (اليابان). وتقاوم هذه

(١) ٠,٧-٠,٥٪ دوديكان حلقي سداسي البروم (وزن/وزن) (Canada, PlasticsEurope/Exiba submission 2011).

(٢) ٠,٥-٠,٨٪ دوديكان حلقي سداسي البروم (وزن/وزن) (BFRIP 2005, XPSA and CPIA, PlasticsEurope/Exiba submission 2011).

(٣) ١٠-١٥٪ دوديكان حلقي سداسي البروم (وزن/وزن) (European Commission 2008).

(٤) ١-٧٪ دوديكان حلقي سداسي البروم (وزن/وزن) (ECHA 2009).

المادة التحلل في البيئة وتتراكم وتتضخم بيولوجياً في الأسماك والطيور والثدييات. ويبحث عدد من المستويات المقيسة في الكائنات الحية، بما في ذلك في المستويات الغذائية العليا كالطيور والثدييات بمناطق المصادر والمناطق النائية، على القلق الشديد فيما يتعلق بصحة الإنسان والبيئة. ولذلك فقد خُصص إلى أن هذه المادة تؤدي على الأرجح إلى حدوث تأثيرات ضارة كبيرة بصحة الإنسان والبيئة، نتيجةً لانتقالها البيئي البعيد المدى، بما يبرر اتخاذ إجراء عالمي بشأنها". كذلك قررت اللجنة أن تنشئ فريقاً عاملاً مخصصاً لإعداد تقييم لإدارة المخاطر يتضمن تحليلاً لتدابير الرقابة الممكنة الخاصة بالدوديكان الحلقي السداسي البروم وفقاً للمقرر واو بالاتفاقية، لكي تنظر فيه في اجتماعها التالي.

٣-١ مصادر البيانات

١٧- وُضع تقييم إدارة المخاطر هذا باستخدام المعلومات المقدمة بموجب المرفق واو المقدمة من جانب الأطراف والمراقبين، بما في ذلك المؤسسات الصناعية التي تستخدم وتنتج الدوديكان الحلقي السداسي البروم.

١٨- وقدم ستة عشر طرفاً وبلداً مراقباً معلومات (البرازيل وبوروندي وكندا والصين وكولومبيا وكوستاريكا وجمهورية التشيك والإكوادور وفنلندا وألمانيا واليابان ونيجيريا والنرويج وموريشيوس ورومانيا والسويد). كما قدمت معلومات من جانب خمسة مراقبين غير حكوميين - منتدى علوم البروم والبيئة، وبلاستيكس إيوروب/إكسيبا، ومعهد البيئة (البرازيل)، ورابطة رغو البوليستيرين المشكل بالانثاق (XPSA)، والرابطة الكندية لصناعة اللدائن والشبكة الدولية للقضاء على الملوثات العضوية الثابتة. ويمكن الاطلاع على جميع هذه الإفادات على موقع الاتفاقية على الإنترنت.

٤-١ وضع المادة الكيميائية في ضوء الاتفاقيات الدولية

١٩- أدرج الدوديكان الحلقي السداسي البروم، بوصفه جزءاً من مجموعة مثبطات اللهب المبرومة، في قائمة المواد التي تتطلب إجراءات على سبيل الأولوية والتي وضعتها اتفاقية حماية البيئة البحرية لشرق المحيط الأطلسي. وتضم هذه الاتفاقية ممثلي حكومات ١٥ طرفاً متعاقداً إضافةً إلى المفوضية الأوروبية. كذلك أدرجت لجنة هلسنكي الدوديكان الحلقي السداسي البروم في قائمة المواد الخطرة ذات الأولوية.

٢٠- وفي كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٩ اعتبرت الهيئة التنفيذية لاتفاقية التلوث الجوي البعيد المدى العابر للحدود التابعة للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا أن الدوديكان الحلقي السداسي البروم يستوفي معايير الملوثات العضوية الثابتة المحددة بموجب بروتوكول الملوثات العضوية الثابتة، وذلك استناداً إلى استعراض تقني (ECE/EB.AIR/WG.5/2009/7). وفي عام ٢٠١٠ جرى تقييم خيارات الإدارة الممكنة المتعلقة بهذه المادة لتوفير أساس لمفاوضات لاحقة من المنتظر أن تبدأ في كانون الأول/ديسمبر ٢٠١١.

٥-١ إجراءات الرقابة المتخذة على الصعيد الوطني أو الإقليمي

٢١- وفي الاتحاد الأوروبي تم توصيف الدوديكان الحلقي السداسي البروم بأنه مادة مثيرة للقلق الشديد ومستوفية لمعايير المواد المقاومة للتحلل ذات القدرة على التراكم البيولوجي والسامة، وذلك عملاً بالمادة ٥٧ (د) من لوائح البرنامج المعني بالصحة الإنجابية والصحة في المدارس والمجتمعات المحلية (ECHA

(2008). وفي شباط/فبراير ٢٠١٠ أدرجت الوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية، الدوديكان الحلقي السداسي البروم في قائمتها الخاصة بالمواد الخاضعة لأذونات بموجب لوائح البرنامج المعني بالصحة الإنجابية والصحة في المدارس والمجتمعات المحلية. وبدايةً من عام ٢٠١٥ لن يسمح باستخدام هذه المادة بدون إذن. ولضمان تحول سلس حال توفر بديل، سيكون على قطاع صناعة البوليستيرين أن ينظر في الحصول على إذن بموجب لوائح الصحة الإنجابية والصحة في المدارس والمجتمعات المحلية لاستخدام المادة في صناعة البوليستيرين حتى يكون بمقدورها الاستمرار في استخدامها في أوروبا بعد آب/أغسطس ٢٠١٥. وقد قدم اقتراح داخل الاتحاد الأوروبي بشأن تصنيف الدوديكان الحلقي السداسي البروم ووسمه بوصفه مادة من المحتمل أن تكون سامة للإنجاب (اقتراح بشأن التصنيف والوسم المتوائمين، استناداً إلى لائحة الاقتراح المتعلق بالتصنيف والوسم (المفوضية الأوروبية) ذات الرقم ١٢٧٢/٢٠٠٨، المرفق السادس، الجزء الثاني - اسم المادة: الدوديكان الحلقي السداسي البروم، الصيغة الثانية، أيلول/سبتمبر ٢٠٠٩) (KEMI 2009). وتؤيد لجنة تقييم المخاطر التابعة للاتحاد الأوروبي الخيار المتمثل في تصنيف هذه المادة على أنها مادة من المحتمل أن تضر بالخصوبة أو بالطفل غير المولود (Repr.2 H361)، وربما تضر أيضاً بالأطفال الرضع (Lact. H362) (RAC 2010). ويصنف الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الاتحاد الأوروبي على أنه مادة خطيرة من الناحية البيئية N:R50/53 "مادة شديدة السمية للأحياء المائية، قد تكون لها آثار ضارة طويلة الأمد في البيئة المائية".

٢٢- ويقضي الأمر التوجيهي المتعلق بنفايات المعدات الكهربائية والإلكترونية الصادر عن الاتحاد الأوروبي (2002/96/EC) بإزالة اللدائن المحتوية على مثبطات اللهب المبرومة وألواح الدوائر المطبوعة من المعدات الكهربائية والإلكترونية قبل استعادتها وإعادة تدويرها.

٢٣- ويحدد الأمر التوجيهي المتعلق بمنتجات الإنشاءات الصادر عن الاتحاد الأوروبي (Council Directive 89/106/EEC) النظافة الصحية والصحة والبيئة بوصفها أحد المجالات التي يجب أن تُحدد في معايير المنتجات المنسقة، جنباً إلى جنب مع المتطلبات الأخرى؛ وهي القوة والثبات والسلامة عند نشوب الحريق والسلامة أثناء الاستخدام والحماية من الضوضاء والاقتصاد في الطاقة واحتجاز الحرارة، كما هو وارد في المقرر الأول بالأمر التوجيهي. ويعترف هذا المتطلب الضروري باللوائح الوطنية الخاصة بالمواد الخطرة التي يمكن أن تنبعث أو تتسرب من منتجات الإنشاءات إلى الهواء داخل المباني أو إلى التربة أو المياه السطحية أو الجوفية أو المواد التي قد يكون لها تأثير على البيئة. وينطبق الأمر التوجيهي على خصائص المنتجات عند تركيبها في أحد المباني أي أنه لا ينطبق على مراحل التصنيع أو الهدم أو التخلص. ويظهر الدوديكان الحلقي السداسي البروم في القائمة الإرشادية للمواد الخطرة الخاضعة للتنظيم التي يجب مراعاتها في معايير المنتجات (http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/documents/legislation/cpd/index_en.htm).

٢٤- وفي أوكرانيا سُجل الدوديكان الحلقي السداسي البروم في سجل الدولة للمواد الخطرة لدى وزارة حماية الصحة الذي يتضمن قائمة المواد الكيميائية المستخدمة في قطاع الصناعة على أراضي أوكرانيا. ويسري التسجيل الحالي للدوديكان الحلقي السداسي البروم حتى عام ٢٠١٤. وتعد لجنة الدولة المعنية بمراقبة النظافة الصحية الجهة المسؤولة عن إدارة التدابير الوطنية المتعلقة بتقييم مخاطر المواد الكيميائية وما يتعلق بها من تدابير لمراقبة النظافة الصحية.

٢٥- وفي اليابان حُدد الدوديكان الحلقي السداسي البروم على أنه مادة كيميائية خاضعة للرصد بسبب مقاومته للتحلل ومعدل تراكمه البيولوجي العالي. بموجب قانون تقييم المواد الكيميائية وتنظيم تصنيعها، الخ. (الذي يشار إليه في العادة بقانون الرقابة على المواد الكيميائية). وفي أيلول/سبتمبر ٢٠١٠ طلب وزراء الصحة، والعمل والرفاهية، والاقتصاد، والتجارة والصناعة، والبيئة إلى الأشخاص المشغلين للشركات المصنعة والمستوردة لهذه المادة إجراء فحص الإنجاب للطيور (OECD Test Guideline 206) والإبلاغ عن نتائج هذا الاختبار بنهاية آذار/مارس ٢٠١٢. بموجب قانون الرقابة على المواد الكيميائية.

٢٦- وفي الولايات المتحدة الأمريكية تتوقع وكالة حماية البيئة اقتراح قاعدة الاستخدام الجديد المهم، وذلك بموجب المادة ٥ (أ) (٢) من قانون مراقبة المواد السامة، فيما يخص استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم في المنسوجات الاستهلاكية. ويتوقع أن تستثنى المنسوجات المستخدمة في المركبات من القاعدة المزمع وضعها، وهو استخدام استهلاكي قائم حالياً في الولايات المتحدة الأمريكية. وستقضي القاعدة بأن يخطر الأفراد وكالة حماية البيئة قبل ٩٠ يوماً من تصنيع الدوديكان الحلقي السداسي البروم أو استيراده أو معالجته بغية استخدامه في بعض المنسوجات المعدة للاستهلاك. وسيتيح الإخطار الفرصة للوكالة كي تقيم الاستخدام المزمع، وأن تحظر ذلك النشاط أو تحد منه قبل حدوثه، عند الضرورة.

٢٧- وتنظر وزارة البيئة النرويجية (النرويج ٢٠١١) حالياً في مقترح بفرض حظر وطني على الدوديكان الحلقي السداسي البروم.

٢٨- وتضطلع كندا حالياً بتقييم لمخاطر الدوديكان الحلقي السداسي البروم وستنظر في اتخاذ تدابير للرقابة عند اكتمال التقييم في عام ٢٠١١ وفق ما هو متوقع.

ملخص المعلومات ذات الصلة بتقييم إدارة المخاطر

٢٩- يمكن أن يتسرب الدوديكان الحلقي السداسي البروم إلى البيئة أثناء الإنتاج والتصنيع، أو المعالجة أو النقل أو الاستخدام أو المناولة أو التخزين أو الاحتواء، وعند التخلص من هذه المادة أو من منتجها المحتوية عليها. ويمكن أن تتم التسربات من مصادر ثابتة أو من كميات متسربة منتشرة من استخدام المنتج المصنع. ويمكن أن تتسرب نواتج ثانوية من الديوكسينات والفيورانات المتعددة البروم من الحرائق وعند حرق هذه المادة أو المنتجات المحتوية عليها. وتعتمد التسربات على ظروف الحرق وهي ضئيلة في منشآت الحرق الحديثة، بيد أن منشآت الحرق هذه لا تتوفر في كل مكان.

٣٠- وتشير تقديرات تقييم المخاطر الذي أجراه الاتحاد الأوروبي (EC 2008) إلى أن الانبعاثات البيئية المعروفة من الدوديكان الحلقي السداسي البروم خلال الإنتاج والاستخدام هي انبعاثات ضئيلة الحجم في حدود ٠,١٪ من إجمالي المنتج والمستورد من هذه المادة في الاتحاد الأوروبي (٨,٧ طن من حجم إجمالي قدره ٨ إلى ٩.٠٠٠ طن)، مقارنةً بالتسربات من المنتجات والنفايات. بيد أن هناك شواغل فيما يخص بعض المكونات البيئية بسبب هذه الانبعاثات. ووفقاً لتقييم المخاطر الذي أجراه الاتحاد الأوروبي فإن ٩٩,٩٪ من الدوديكان الحلقي السداسي البروم المنتج/المستورد يستخدم في نهاية المطاف في المواد، خصوصاً البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق المستخدم في قطاع الإنشاءات والمباني حيث يفترض أن أعمار هذه المواد طويلة للغاية. ولم تُقيم الانبعاثات المستقبلية المحتملة من هذه الإنشاءات (مثلاً من إصلاح أو هدم المنشآت القديمة والطرق والسكك الحديدية وغيرها). ويقر تقرير

تقييم المخاطر بأن الانبعاثات المستقبلية محتملة الحدوث إلى حد كبير لكن لا توجد منهجية لتقييم هذه الانبعاثات. ويخلص التقرير إلى أن من المحتمل أن تكون الانبعاثات أعلى بنهاية عمر المواد مقارنةً بمراحل الإنتاج/التشكيل ما لم يتم عملياً إعادة تدوير جميع مواد الإنشاءات من البوليستيرين المستعمل، ولذلك فإن تقييم المخاطر يمكن أن يكون قد قلل إلى حد كبير من شأن المخاطر الطويلة الأجل المرتبطة باستخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم في المواد ذات الأعمار الطويلة.

٣١- وهناك تسربات من الدوديكان الحلقي السداسي البروم من المنتجات (EC 2008, Miyake et al. 2009, and Kajiwara et al. 2009)، إلا أن التقديرات المتعلقة بالتسربات أثناء استخدام المستهلكين للمنتجات هي تقديرات غير مؤكدة إلى حد كبير (ECHA 2009). ومن الممكن أن يؤدي استخدام هذه المادة كمادة مضافة مثبطة للهب في المنسوجات إلى تلويث المياه السطحية أثناء غسل النسيج. علاوةً على ذلك فإن من المتوقع أيضاً أن تحدث انبعاثات نتيجةً لبلى الأنسجة أثناء فترة خدمتها (EC 2008). وتشير التقديرات إلى أن انبعاثات الدوديكان الحلقي السداسي البروم إلى الهواء داخل المباني التي تحدث نتيجةً لاستئجار المنتجات المصنوعة من البوليستيرين المشكل بالتمديد وبالانبثاق خلال فترة خدمتها هي انبعاثات ضئيلة للغاية (ECHA 2009)، إلا أن تركيب الألواح في المباني يؤدي إلى تسربات أكبر من الانبعاثات المنتشرة (Abdallah et al. 2008a and b, ECHA 2008 SWEREA, KLIF 2011a, 2010). وأظهرت العديد من الدراسات وجود الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الهواء داخل المباني وفي الغبار المتري (Abdallah et al. 2008a and b, Goosey et al. 2008, Stapleton et al. 2008, Stuart et al. 2008, Takigami et al. 2009 a and b) وغبار القمرة في السيارات الجديدة والقديمة (Harrad and Abdallah 2011). ووفقاً للإفادة التي قدمتها اليابان (٢٠١١) فإن الأنسجة المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم لا تستخدم في طُرز السيارات الجديدة.

٣٢- ويشير تحليل لتدفق المادة أجري في اليابان (Managaki et al. 2009) إلى أن الانبعاثات من مواد الإنشاء ستستمر لعدة عقود ومن المحتمل أن تشكل مصادر طويلة الأمد لارتشاح هذا المركب أو تطايره إلى البيئة، كما ستشكل أيضاً مصدراً لتسربات أكبر عند هدم المباني أو ترميمها في المستقبل. علاوةً على ذلك فإن الكميات المتزايدة من هذا المركب التي كشفت عنها الدراسة تشير إلى احتمال حدوث مشاكل نتيجة لإعادة تدوير مواد الإنشاء في المستقبل عند ترميم المباني القائمة في الوقت الحاضر أو تدميرها. وهذا الأمر تؤيده أيضاً نتائج تحليل تدفق المادة الذي أجري في سويسرا (Morf et al. 2008). وألقت الدراسة السويسرية أيضاً الضوء على الكميات المخزونة في إدارة النفايات ومدافن القمامة بوصفها مصادر طويلة الأجل للتسربات من هذا المركب. بيد أن أهمية هذه المصادر تعتمد على استراتيجيات إدارة النفايات المطبقة في البلد المعني، وما إذا كانت هذه النفايات تحرق أو يُتخلص منها في مدافن قمامة خاضعة للرقابة أو غير خاضعة لها.

٣٣- وتعتمد التسربات الناتجة عن التخلص من النفايات على طريقة التخلص. ويتم التخلص من المنتجات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم بعد انتهاء أمد خدمتها على الأرجح بدفنها في مدافن القمامة أو حرقها أو إعادة تدويرها، أو تبقى في شكل نفايات في البيئة (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). ومن غير المعروف إلى أي حد يتم دفن المنتجات النهائية المحتوية على هذه المادة في مدافن القمامة أو حرقها أو تركها في البيئة أو إعادة تدويرها. وتوضع النفايات التي

ينتهي بها المطاف في مسارات النفايات البلدية على الأرجح في مدافن القمامة أو تحرق (EC 2008). ويمكن أن تكون النفايات الصلبة المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم مواد متخلقة تكونت أثناء عمليات المعالجة وجسيمات تسربت عند تقادم وتهالك المنتجات النهائية وعند التخلص من المنتجات بنهاية فترة خدمتها. وتكون المنتجات والمواد في مدافن القمامة معرضة للعوامل الجوية فتطلق جزيئات الدوديكان الحلقي السداسي البروم بصورة أساسية إلى التربة، وبمقدار أقل، إلى الماء والهواء (ECHA 2009, Environment Canada 2010b). وتوجد كذلك إمكانية لتكون منتجات ثانوية أخرى في عمليات الحرق (أنظر أدناه).

٣٤- وتشكل ألواح العزل غالبية النفايات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم. وتشير التقارير إلى أن فترة عمر رغوة البوليستيرين في المباني تتراوح من ٣٠ - ٥٠ عاماً (ECHA 2009, Plastics Europe 2009, SWEREA 2010). ومن المفهوم أن معظم هذه المواد يذهب إلى مدافن القمامة أو يحرق، رغم أنه تحدث أيضاً بعض التسربات من هذه المادة إلى الغبار عندما تُهدم المباني التي بها ألواح عزل محتوية على مثبطات لهب. إن استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم في ألواح العزل وفي تركيب المباني والإنشاءات هو في تزايد، ومن المرجح أن تكون التسربات من البوليستيرين المشكل بالتمديد وبالانبثاق من النفايات أكبر حجماً في المستقبل، خصوصاً من العام ٢٠٢٥ تقريباً فصاعداً، نظراً لأنه سيتم تجديد أو هدم أعداد متزايدة من المباني المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم. ويختلف هذا التحول باختلاف المناطق في العالم ويتراوح بين ١٠ - ٥٠ عاماً. وتستحوذ صناعة البوليستيرين المشكل بالتمديد على حصة قدرها ٣٥٪ من إجمالي مواد العزل المستخدمة في الإنشاءات في السوق الأوروبي (www.eumeps.org).

١-٢ تحديد تدابير الرقابة الممكنة

٣٥- تهدف اتفاقية ستكهولم (المادة ١) إلى حماية صحة الإنسان والبيئة من الملوثات العضوية الثابتة. ويمكن تحقيق ذلك الهدف بإدراج الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الاتفاقية، ولكن ربما تضاف شروط لاستخدامات معينة لهذه المادة. وعند تقييم تدابير الرقابة يجب إيلاء الاعتبار للتسربات من إنتاج هذه المادة واستخدامها ومن المواد المحتوية عليها، لكن يجب أيضاً إيلاء اعتبار للتسربات المحتملة التي يمكن أن تحدث من إدارة نفايات المواد المحتوية على المادة عند نهاية عمرها.

٣٦- يمكن أن يشمل التخلص التدريجي من الدوديكان الحلقي السداسي البروم إيجاد بدائل لمثبطات اللهب وللراتينجات/المواد وإعادة تصميم المنتجات (LCSP 2006). علاوة على ذلك فإن إعادة تقييم متطلبات السلامة من الحرائق، مثلاً في التطبيقات التي لا تنطوي على مخاطر نشوب الحريق (مثل التطبيقات تحت الأرض، رغم أنه قد تكون هناك أيضاً مخاطر نشوب حرائق أثناء الإنشاء أو أثناء تخزين المواد قبل الإنشاء) أو التطبيقات التي يستبعد فيها نشوب الحريق، سوف يقلل من الحاجة لمواد العزل المحتوية على مثبطات اللهب. ويمكن خفض انبعاثات الدوديكان الحلقي السداسي البروم في العمليات التي تستخدم فيها هذه المادة أو المواد المحتوية عليها وكذلك أثناء مرحلة إدارة النفايات.

٣٧- وقد حددت الأطراف والمراقبون عدداً من استخدامات الدوديكان الحلقي السداسي البروم في المرفق واو. وفيما يخص البوليستيرين الشديد التحمل وإنتاج الطلاءات الخلفية للمنسوجات المحتوية على

مثبطات اللهب فإن البدائل متوفرة بالفعل ومستخدمة في الكثير من البلدان. ويجري في بعض المناطق استخدام مثبطات لهب كيميائية بديلة للدوديكان الحلقي السداسي البروم في إنتاج البوليستيرين المشكل بالتمديد المحتوي على مثبط للهب، لكن هذه البدائل لا تلائم جميع العمليات الإنتاجية (انظر الجزء ٢-٣). إلا أن مواد العزل البديلة تتوافر على نطاق واسع، وكذلك أساليب الإنشاء البديلة. وسيرد المزيد من التوصيف لهذه الاستخدامات والبدائل المحتملة في الجزء ٢-٣.

٣٨- وقد تكون هناك حاجة لتدابير خفض الانبعاثات واستخدام أفضل التكنولوجيا المتاحة وأفضل الممارسات البيئية في العمليات الإنتاجية وعمليات التصنيع إذا تم إدراج إعفاءات محددة أو أغراض مقبولة، وذلك من أجل خفض الكميات المتسربة من الدوديكان الحلقي السداسي البروم إلى البيئة. وقد شرع مصنعو الدوديكان الحلقي السداسي البروم والبوليستيرين في أوروبا في عام ٢٠٠٦ في تنفيذ برامج لخفض الانبعاثات تهدف إلى وقف الانبعاثات من المستخدمين الأوائل للمادة (الرقابة الذاتية النفاذ على الاستخدامات من أجل خفض الانبعاثات (SECURE) وبرنامج العمل الخاص بالرقابة الطوعية على الانبعاثات (VECAP)). وتنفذ معظم شركات صناعة رغوة البوليستيرين الأوروبية تدابير خفض المخاطر هذه (EBFRIP 2009a) ووفقاً للتقرير المرحلي لعام ٢٠١٠ الصادر عن برنامج العمل الخاص بالرقابة الطوعية على الانبعاثات (VECAP) فإن ٩٥٪ من نفايات التعبئة تتم مناوالتها باستخدام أفضل تقنيات التخلص المتاحة (VECAP 2011). وقد خفض تنفيذ الممارسات الأفضل في المناولة التسربات الكلية المحتملة من ٢٠١٧ كغم/سنة في عام ٢٠٠٨ إلى ٣٠٩ كغم/سنة في عام ٢٠٠٩ وإلى ٥٦٠ كغم/سنة في عام ٢٠١٠ في المسح الذي أجري على الشركات الأعضاء (عزيت الزيادة في عام ٢٠١٠ إلى إدخال تغيير في المسح وافتراضات تتعلق بالانبعاثات المحتملة بعد أن تبين أن بعض المستخدمين لا يستخدمون نظام تهوية). كذلك طورت صناعة الستائر اليابانية طريقة تخنير وترسيب في عملية الصبغ بهدف خفض انبعاثات الدوديكان الحلقي السداسي البروم إلى المياه (اليابان ٢٠١١).

٣٩- وإذا أدرج الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الاتفاقية، يجب اتخاذ تدابير لإدارة النفايات وفقاً للمادة ٦ (١) (د) '٢' لضمان التخلص من المنتجات المحتوية على هذه المادة (البوليستيرين المشكل بالتمديد وبالانبثاق والبوليستيرين الشديد التحمل والمنسوجات) بطريقة تؤدي إلى تدمير محتواها من الملوثات العضوية الثابتة أو التخلص منه بطريقة سليمة بيئياً. وهذا يتطلب تحديد المواد المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم، مثلاً عند ترميم المباني أو تفكيكها، بغية تسهيل تدمير محتوى النفايات من الملوثات العضوية الثابتة ومنع ممارسات الإدارة غير الملائمة الأخرى التي تؤدي إلى إعادة تدوير محتوى الملوثات العضوية الثابتة.

٢-٢ كفاءة وفعالية تدابير الرقابة الممكنة في تحقيق أهداف خفض المخاطر

٤٠- إن إدراج الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الاتفاقية سيؤدي بصورة عملية إلى خفض الكميات المتسربة منه. إلا أن هذا سيتطلب إما تطبيق تقنيات بناء بديلة أو مواد عزل بديلة بغرض السلامة من الحرائق في الإنشاءات أو أن تدخل المؤسسات الصناعية بالتدريج مادةً بديلةً للدوديكان الحلقي السداسي البروم. وفيما يخص تطبيقات المنسوجات والبوليستيرين الشديد التحمل فإن البدائل

متوفرة بالفعل في الأسواق، رغم أن استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم مستمر خصوصاً في تطبيقات المنسوجات.

٤١ - ووفقاً للوثيقة UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2 فإن التسربات تحدث خلال الفترة الكاملة لعمر المنتجات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم. وتشير التقديرات في الاتحاد الأوروبي إلى أن الكميات المتسربة من هذه المادة إلى البيئة من الإنتاج والتصنيع ضئيلة نسبياً. ووفقاً للوكالة الأوروبية للمواد الكيميائية (ECHA 2008a) فإن التسربات الكلية التقديرية لهذه المادة من تصنيع ألواح العزل واستخدامها (التي تستهلك ٩٥٪ من الدوديكان الحلقي السداسي البروم) وتصنيع المنسوجات واستخدامها (تستهلك ٢٪) هي في نفس المستوى. كذلك تسهم التسربات المنتشرة من تركيب رغوات البوليستيرين وتدميرها ومن نفايات التعبئة في الكميات المتسربة من المادة إلى البيئة. وفي مرحلة النفايات على وجه الخصوص تكون التسربات من رغوات البوليستيرين وإعادة تدوير المنتجات الإلكترونية والكهربائية في البلدان النامية ذات أهمية.

٤٢ - ولن تكون الرقابة على الانبعاثات وتقنيات إدارة النفايات في مواقع الإنتاج وحدها كافية لحل المشكلة البيئية والصحية التي يسببها الدوديكان الحلقي السداسي البروم نظراً لأن الانبعاثات والتسربات المنتشرة إلى مخزونات المياه ونظم الصرف الصحي من إنتاج وميكنة المنتجات المحتوية على هذه المادة، وكذلك التسربات التي تحدث عندما تتحول هذه المنتجات إلى نفايات، تثير أيضاً قلقاً كبيراً. وقد أظهرت العديد من الدراسات وجود الدوديكان الحلقي السداسي البروم في المنازل والمكاتب والغبار داخل المركبات (Abdallah et al. 2008a and b; Abdallah 2009; Goosey et al. 2008, Stapleton et al.) (2008, Stuart et al. 2008, Takigami et al. 2009 a and b).

٤٣ - وتعد المنتجات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم المعاد تدويرها، بما في ذلك ألواح البوليستيرين المشكل بالتمديد وبالانبثاق، مصادر محتملة للانبعاثات تماماً كما هو الحال في المنتجات الجديدة. ووفقاً لتحليل تدفق المادة السويسري فإن نسبة الدوديكان الحلقي السداسي البروم في المواد المعاد تدويرها أعلى مقارنةً بمثبطات اللهب المبرومة الأخرى المستخدمة في تلك المواد، كما أن من المتوقع أن ترتفع نسبة إعادة تدوير الدوديكان الحلقي السداسي البروم المستخدم في ألواح البوليستيرين المشكل بالتمديد من ٣٠٪ في عام ٢٠٠٥ إلى ٦٠٪ في عام ٢٠١٠ في سويسرا (Geopartner 2007).

٤٤ - ويعاد تدوير البوليستيرين المشكل بالتمديد في العادة إذا تمت استعادته دون حدوث تلوث بالمواد الأخرى. وتعد عمليات إعادة التدوير عند استعادة المعادن أو اللدائن الموجودة في المنتجات الإلكترونية والمركبات مصادر محتملة للانبعاثات كذلك. ويقضي التوجيه الصادر عن الاتحاد الأوروبي بشأن المعدات الكهربائية والإلكترونية (2002/96/EC) بإزالة المواد البلاستيكية المحتوية على مثبطات اللهب المبرومة ولوحات الدارات المطبوعة من المعدات الكهربائية والإلكترونية قبل استرجاعها وإعادة تدويرها. بيد أن هذا الأمر لا يتكفل إلا بجزء صغير من النفايات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم. وتتفاوت الكميات المعاد تدويرها من بلد لآخر لكنها يمكن أن تكون كبيرة الحجم (تشير تقديرات الاتحاد الأوروبي (ECHA 2009) إلى نسبة قدرها ٣٠٪ من البوليستيرين المشكل بالتمديد). وتطبق خيارات إعادة تدوير البوليستيرين المشكل بالتمديد اليوم في أوروبا كما يجري استخدام البوليستيرين المشكل بالتمديد المعاد تدويره بصورة اقتصادية. ويمكن طحن النفايات وخلطها مع البوليستيرين المشكل

بالتמיד الجدید لإنتاج منتجات جدیدة محتوية على الرغوة، أو إذابة هذه النفايات وتشكيلها بالانثاق لصنع البوليستيرين المضغوط الذي يمكن استخدامه لصناعة أشياء مثل أواني النباتات ومعالق المعاطف وبدائل الخشب أو البوليستيرين المتوسط الصلابة وفي المنتجات التي يمكن أن تصنع منها المواد الصفائحية أو المشكلة بالحرارة والضغط كالصواني. ويمكن إعادة تدوير البوليستيرين المشكل بالتמיד كجزء من نفايات بلاستيكية ممزوجة لصنع أعمدة السياج وعلامات الطريق، على سبيل المثال (EUMEPS 2011). بيد أن الدوديكان الحلقي السداسي البروم، في هذه العمليات، سينتشر على الأرجح في مواد سيكون من الصعب تحديدها، كما أشارت إلى ذلك في السابق لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة فيما يخص إعادة تدوير المنتجات المحتوية على الإيثير الثنائي الفينيل الخماسي البروم والإيثير الثنائي الفينيل الثماني البروم. كذلك يمكن إذابة البوليستيرين المشكل بالتמיד الجزأ وإعادة استخدامه في شبكات الصرف ومعالجة الأراضي. ويستخدم البوليستيرين المشكل بالتמיד الحبيبي الشكل كذلك في تحسين قوام أنواع التربة المستخدمة في الزراعة وفلاحة البساتين (UNEP/POPS/POPRC.6/10; Vogdt 2009).

٤٥ - وفي مسارات النفايات الخاضعة للرقابة يمكن فرز المواد المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم إلا أن هذا الأمر ليس ممكناً دائماً من الناحية التقنية نظراً لأنه لا يمكن تحديد المواد المحتوية على هذه المادة بدون استخدام معدات تقنية أو عندما تكون ممزوجة مع مواد أخرى. ويقدر عمر البوليستيرين المشكل بالتמיד المستخدم كمادة عزل بزهاء ٣٠ - ٥٠ سنة، كما أن صعوبة فصل البوليستيرين المشكل بالتמיד المحتوي على الدوديكان الحلقي السداسي البروم من المواد الأخرى قد يعيق جمع وإعادة تدوير البوليستيرين المشكل بالتמיד المستعمل. وقد بلغت نسبة البوليستيرين المشكل بالتמיד المحتوي على مثبط للهب في الاتحاد الأوروبي عام ٢٠٠٧، ٦٠٪ من إجمالي الطلب العالمي على البوليستيرين المشكل بالتמיד، بينما بلغ نصيب البوليستيرين المشكل بالانثاق المحتوي على مثبط للهب ٩٢٪ من إجمالي الطلب على هذا النوع من البوليستيرين (PlasticsEurope/Exiba 2011). ويمكن أن يوفر وسم المنتجات أو أجزاء منها مساعدة قيمة في عملية تحديد وفصل المواد المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم في نهاية أعمارها (KEMI 2006). ويمكن أن تكون كميات تلك المواد كبيرة خصوصاً فيما يتعلق برغوات العزل التي ظلت تستخدم منذ الثمانينات من القرن الماضي.

٤٦ - وفي الوقت الحالي تعتبر المنسوجات المضاف إليها الدوديكان الحلقي السداسي البروم المثبط للهب وكذلك البوليستيرين الشديد التحمل أهم المصادر، فيما يتعلق بتسرب الدوديكان الحلقي السداسي البروم إلى النفايات في الاتحاد الأوروبي (EC 2011). أما في البلدان النامية فغالباً ما يعاد تدوير الأجهزة الكهربائية والإلكترونية المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم وعلى مواد سامة أخرى في ظروف ينتج عنها تسرب كميات أكبر نسبياً من هذه المادة إلى البيئة وتلويث المواقع (Zhang et al. 2009)، وتعرض العمال (Tue et al. 2010). وعادةً ما ترمي الأدوات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم والنفايات الإلكترونية في مواقع الحرق ومواقع القمامة المفتوحة (Malarvannan et al. 2009; Polder et al 2008).

٤٧ - وإحدى الطرق للتخلص من النفايات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم هي الحرق الخاضع للرقابة (ECHA 2009, PlasticsEurope/Exiba 2011) حيث يتحلل مثبط اللهب في عملية الحرق. وفي دراسة واحدة للحرق المشترك في مرفق حرق تجريبي ذي درجة حرارة عالية (أكثر من

١٩٠٠م)، أدت إضافة الرغوة إلى حدوث زيادة كبيرة في محتوى البروم للمواد الوسيطة في القرن (بلغت ستة أضعاف)، إلا أن ذلك لم يؤثر إلى حد كبير على المخاطر الكلية للغاز غير المعالج أو على الانبعاثات من الفرن. بيد أن كمية البروم المضافة تسربت بالكامل تقريباً إلى الغاز غير المعالج بينما ظلت المستويات في القاع ثابتة (APME). وتؤكد الدلائل التحريبية على أن حرق الدوديكان الحلقي السداسي البروم والمنتجات المحتوية عليه قد يؤدي في بعض الظروف إلى تكون الديوكسينات الثنائية البترين المتعددة البروم (PBDD) والفيورانات الثنائية البترين المتعددة البروم (PBDF) حتى في مرافق حرق النفايات الصلبة البلدية الحديثة (APME; NCM 2004). وتتكون الديوكسينات والفيورانات المبرومة والمكلورة المختلطة عن طريق التركيب الابتدائي، وعلى نحو مماثل تكوّن الديوكسينات الثنائية البترين المتعددة الكلور والفيورانات الثنائية البترين المتعددة الكلور (Shuler and Jager 2004). بيد أنه في مرافق الحرق الحديثة، تؤدي حرارة التشغيل الشديدة الارتفاع على الأرجح إلى تدمير الديوكسينات الثنائية البترين المتعددة البروم والفيورانات الثنائية البترين المتعددة البروم الناتجة عن النفايات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم، كما يتم التحكم في الانبعاثات إلى البيئة عن طريق نظم معالجة غاز المدخنة. إن كفاءة عملية الحرق وظروف تشغيل أنظمة معالجة غاز المدخنة ذات أهمية كبيرة فيما يتعلق بانبعاثات الديوكسينات الناتجة (NCM 2004)، كما أن من الممكن تدمير مثبطات اللهب المبرومة (بما فيها الدوديكان الحلقي السداسي البروم) في ظروف حرق متحكم فيها وذات كفاءة عالية (Weber & Kuch 2003). لكن من المحتمل أن تتسرب منتجات ثانوية مبرومة نتيجة للحرق غير المتحكم فيه وأن تحدث حرائق عرضية في مصانع التحليل الحراري/التغويز ومن مرافق الحرق التي لا تعمل بصورة جيدة (Weber and Kuch 2003, ECHA 2009). كذلك وثق ديزميت وآخرون (٢٠٠٥) تكون فينولات مبرومة وهي سلائف معروفة قد تؤدي إلى تكوين الديوكسينات الثنائية البترين المتعددة البروم والفيورانات الثنائية البترين المتعددة البروم أثناء حرق البوليستيرين المشكل بالانبثاق المضاف إليه الدوديكان الحلقي السداسي البروم المثبط للهب. ولم تبحث الدراسة في تكون الديوكسينات والفيورانات المبرومة لكنها أشارت إلى أن هناك احتمال كبير لأن تتكون العديد من آيزومرات الديوكسين المبرومة من الفينولات المبرومة، رغم أن هذه المركبات لم تقاس.

٤٨ - ومن المنتظر أن تصبح مرافق الحرق الحديثة متوفرة على نطاق أوسع في بعض البلدان خلال السنوات القادمة، وبالتالي تحويل المواد المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم بعيداً عن مدافن القمامة. بيد أن وضع النفايات في مدافن القمامة هو الطريقة الأكثر شيوعاً في الوقت الحالي للتخلص من النفايات في كثير من البلدان، ما يؤدي إلى تراكم النفايات المحتوية على هذه المادة في مدافن القمامة. وفي اليابان، يستخدم معيدو تدوير المواد ومعيدو التدوير الحراري منتجات النفايات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم (ومنها البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق والبقايا الناجمة عن تفتيت السيارات^(٥) كمورد في مرحلة التخلص، بهدف الترويج للتنمية المستدامة.

(٥) البقايا الناجمة عن تفتيت السيارات هي المواد المتبقية بعد استرجاع المعادن وغيرها من المواد المعاد استخدامها من هياكل السيارات المفككة والمفتتة.

متطلبات تثبيط اللهب

٤٩- يميل البوليستيرين ومبلمراته التساهمية إلى فض البلمرة في درجة حرارة الحريق ما ينتج عنه انطلاق منتجات طيارة تحتوي على هيدروكربونات ذات محتوى وقود عالي ويتأثر أداء المادة عند الاحتراق أيضاً بالمواد المائلة والطلاءات والرقائق المغلفة والأصباغ وعوامل التركيب الأخرى. وتقييم قابلية البوليمر للاشتعال من خلال قدرته على الاشتعال وسهولة إطفائه ومعدل انتشار اللهب ومعدل انطلاق الحرارة وتكوين الدخان وهي مميزات أصيلة عند استجابة المواد للنار (Weil & Levchik 2009). وبالتالي فإن المواد القابلة للاشتعال بطبيعتها قد تحتاج لمعالجتها بمثبط للهب لاستيفاء معايير الأداء المذكور في حالة الحريق الذي تقضي به لوائح البلدان فيما يخص استخدام محدد. وتحدد المتطلبات في التشريعات الوطنية في العادة بصورة عامة وباستخدام مصطلحات نسبية، ولا تقضي تلك اللوائح باستخدام مثبطات لهب محددة. وليبان استيفاء تلك المتطلبات توجد معايير متفق عليها ويمكن التحقق منها تساعد في وضعها في أغلب الأحيان هيئات التوحيد القياسي مثل المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس واللجنة الأوروبية لتوحيد المقاييس ومختبرات الضامينين "UL" (KEMI 2006).

٥٠- ولم يحدد نظام تصنيف الحرائق الأوروبي الخاص بمنتجات ومواد الإنشاءات متطلبات تتعلق بفرادى المواد في منتج من منتجات البناء، بل حدد متطلبات بخصوص أداء كامل المنتج وفق طريقة الاستخدام المحددة له عند حدوث الحريق. بيد أن من الشائع وجود لوائح وطنية محددة بأداء مواد العزل المكشوفة في حالة الحريق، وهو ما لا يحدد بالضرورة السلوك المتوقع للمادة عند حدوث حريق فعلي.

٥١- وعليه فإنه اعتماداً على استخدام المادة وظروف الاستخدام (مثلاً عدد الطوابق في المبنى) فإن تثبيط اللهب المطلوب يتفاوت من بلد لآخر داخل الاتحاد الأوروبي. وتؤدي المعايير القائمة على أداء عنصر البناء دوراً مركزياً في الأمر التوجيهي الجديد الخاص بمنتجات الإنشاءات في الاتحاد الأوروبي (CPD). وقد أشير أيضاً إلى أن النهج القائم على الأداء سيؤدي إلى تعزيز السلامة من الحرائق وبتكلفة أقل (EUMEPS 2011).

٥٢- وقد وضعت الكثير من البلدان معايير خاصة بمواد البناء تتعلق بمساهمتها في منع نشوب الحريق أو معايير خاصة بأداء عناصر البناء عند نشوب الحريق مثل الأرضية أو الحائط أو السقف (SWEREA 2010; KLIF 2011a; KLIF 2011b). وتقضي لوائح السلامة من الحرائق بضرورة استخدام مثبطات اللهب في النمسا وكندا والصين والجمهورية التشيكية والدايمرك وألمانيا وهنغاريا وآيسلندا وهولندا وسلوفاكيا وسلوفينيا وسويسرا في جميع تطبيقات المباني، بغض النظر عن الاستخدام (Germany, PlasticEurope/Exiba 2011). علاوةً على ذلك فإن مثبطات اللهب تستخدم في البوليستيرين المشكل بالتمديد المخزن في المستودعات بهدف تأخير حدوث الاشتعال وإبطاء الزيادة اللاحقة في الحريق. أما في إيطاليا والبرتغال والمملكة المتحدة فتستخدم في العادة رغوات البوليستيرين المحتوية على مثبطات اللهب (BSEF 2011). ولا توجد لوائح رسمية في المملكة المتحدة تمنع استخدام البوليستيرين المشكل بالتمديد والمشكل بالانثاق غير المحتوي على مثبط للهب إلا أنه ووفقاً لصناعة اللدائن في المملكة المتحدة فإن كامل الجزء المطروح في الأسواق تقريباً من البوليستيرين المشكل بالتمديد والمشكل بالانثاق في المملكة المتحدة يحتوي على مثبط للهب نتيجةً لمتطلبات يفرضها قطاع التأمين. وهناك مواد بديلة أخرى غير قابلة للاحتراق مثل الحجارة والصوف الزجاجي تستخدم في بعض التطبيقات التي يتعين فيها الوفاء

بمطلبات سلامة من الحرائق عالية المستوى. وقد تستخدم رغوة البوليستيرين المحتوية على مثبط للهب في بعض تطبيقات المباني في فنلندا والنرويج والسويد رغم أنها غير مطلوبة. وتستخدم السويد والنرويج، اللتان تتضمن لوائحهما نهجاً للأداء خاصاً بالمنتج النهائي، مثبطات لهب أقل برودة مقارنةً بالبلدان التي تفرض متطلبات أكثر تحديداً خاصة بالحرائق فيما يتعلق بمستوى مادة ما (KLIF 2011a). وقد سحبت المؤسسات الصناعية في السويد والنرويج بصورة طوعية المنتجات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم من الأسواق، وهو أمر ممكن نظراً لإمكانية استخدام تقنيات تشييد بديلة حتى في تطبيقات البوليستيرين المشكل بالتمديد.

٥٣ - وتوجد في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا العديد من اللوائح والمعايير التي تنطبق على عملية العزل المستخدمة في صناعة المباني. وقد توجد هذه اللوائح والمعايير على المستوى الوطني أو الولائي أو القطري أو البلدي (LSCP 2006). والمتطلب الأكثر شيوعاً في العديد من قوانين البناء المتعلقة بمواد البناء هو إجراء الاختبار "Tunnel Test ASTM E 84" (Weil and Levchik 2009). ووفقاً للمعيار (UL-94) يمكن تقسيم اللدائن إلى خمس فئات تصنيفية من حيث مقاومتها للحرائق.

٥٤ - وفي أستراليا توجد متطلبات رسمية قليلة للغاية تتعلق بأداء المواد عند نشوب الحرائق وهذه قد لا تقضي بالضرورة باستخدام البوليستيرين المشكل بالتمديد وبالانبثاق المحتوي على مثبط للهب. ولكن يبدو أنه عند استخدام البوليستيرين المشكل بالتمديد وبالانبثاق بدلاً من المواد الأخرى فإن مثبطات اللهب تضاف إليه بشكل طوعي (KLIF 2011b).

٥٥ - وتعتمد متطلبات البوليستيرين الشديد التحمل المحتوي على مثبط للهب على التطبيق المراد. وقد يكون استخدام هذه المادة في تصنيع أجهزة التلفاز أكبر تطبيق من تطبيقات البوليستيرين الشديد التحمل، وهو تطبيق يتطلب في الولايات المتحدة استيفاء التصنيف (UL-94 V-0)، وهذا المتطلب أكثر صرامة من المتطلب الأوروبي. ولا بد، لاستيفاء متطلبات التصنيف (UL-94 V-0)، من وجود زهاء ١٠٪ (وزن/وزن) من مثبط اللهب مع أكسيد الأنثيمون. ويعالج البوليستيرين الشديد التحمل في العادة في درجة حرارة تتراوح من ٢٢٠-٢٣٠م. إلا أن الدوديكان الحلقي السداسي البروم العادي هو مركب غير ثابت بما يكفي في درجات حرارة كهذه ولذلك تفضل مركبات بروم أكثر ثباتاً في وجود الحرارة. بيد أنه توجد تركيبات ثابتة من الدوديكان الحلقي السداسي البروم مطروحة في الأسواق للاستخدامات المنطوية على درجات حرارة عالية (Weil and Levchik 2009).

٥٦ - ويتركز الطلب على تثبيط اللهب في المنسوجات أساساً في ثياب العمل وتنجيد أثاث المؤسسات والسجاد المستخدم في المؤسسات والسجاد التجاري والنقل والملابس العسكرية وأغطية الأسرة. وتطبق لوائح خاصة بقبالية الأثاث المنجدة للاشتعال في المملكة المتحدة (standard BS 5852) وفي ولاية كاليفورنيا (الولايات المتحدة الأمريكية). وفي الولايات المتحدة يسري متطلب اتحادي يتعلق باختبار اللهب المفتوح للمفارش المصنعة أو المستوردة في أو بعد تاريخ ١ تموز/يوليه ٢٠٠٧. ولا يعرف ما إذا كان الدوديكان الحلقي السداسي البروم يستخدم في هذا التطبيق نظراً لوجود العديد من الوسائل البديلة للوفاء بهذا المتطلب، بما في ذلك استخدام العوارض تحت أقمشة تغليف المفارش (Weil and Levchik 2009).

٥٧ - وقد ناقشت وكالة المناخ والتلوث النرويجية (KLIF) لوائح السلامة من الحريق بتفصيل أكثر في تقريرها (KLIF (2011 a and b).

معلومات عن البدائل (المنتجات والعمليات)

٥٨- خلصت لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة إلى أن من المحتمل أن يسفر الدوديكان الحلقي السداسي البروم عن آثار ضارة كبيرة على صحة الإنسان والبيئة نتيجة لانتقاله البيئي البعيد المدى، مما يبرر اتخاذ إجراء عالمي بشأنه (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). ولخفض المخاطر على صحة الإنسان والبيئة لا بد من تقليل استخدام هذه المادة إلى أدنى حد في مختلف التطبيقات. وينبغي أن يكون الهدف من أي استراتيجية لخفض مخاطر الدوديكان الحلقي السداسي البروم هو خفض الانبعاثات والتسربات أو القضاء عليها، مع الأخذ في الاعتبار القائمة الإرشادية في المرفق واو، بما في ذلك الجدوى التقنية لتدابير الرقابة الممكنة والبدائل، ومخاطر وفوائد المواد واستمرار إنتاجها واستخدامها. وعند النظر في أي استراتيجية لخفض مثل هذه المخاطر، فإن من المهم الأخذ في الاعتبار توفر البدائل في القطاعات المعنية. وفي هذا الصدد، لا بد عند استبدال الدوديكان الحلقي السداسي البروم ببديل كيميائي أو غير كيميائي آخر، من الأخذ بعين الاعتبار عوامل مثل:

- الجدوى التقنية (إمكانية استخدام تكنولوجيا بديلة موجودة حالياً أو من المتوقع أن تُطور في المستقبل المنظور)
- التكاليف، بما في ذلك التكاليف البيئية والصحية
- المخاطر (سلامة البدائل)
- توفر البدائل في القطاعات المعنية وسهولة الحصول عليها

٥٩- واستناداً إلى الإفادات المقدمة من جانب الأطراف والمراقبين فإن هناك حاجة في الوقت الحالي لأن تستوفي مواد العزل متطلبات كفاءة الطاقة، خصوصاً مواد العزل المحتوية على مثبط للهيب نظراً لوجود متطلبات محددة تتعلق بالسلامة من الحرائق في بعض البلدان. بيد أن متطلبات السلامة لا تشترط استخدام أي مواد محددة مثبطة للهيب أو مجموعات من هذه المواد، فالاختيار يقع على عاتق الجهة المصنعة.

٦٠- وتتوفر بصورة تجارية بدائل مجدية من الناحية التقنية لمعظم التطبيقات التي يستخدم فيها الدوديكان الحلقي السداسي البروم. وستتاح خلال أجل قصير بدائل كيميائية سهلة الإحلال في إنتاج البوليستيرين المشكل بالتمديد والمشكل بالانثاق المنتج في خطوة واحدة. وتشمل البدائل استبدال مثبطات اللهب واستبدال الراتينجات/المواد وإعادة تصميم المنتجات. ويخلو العديد من هذه البدائل من الهالوجينات ولذلك فهي تعتبر بدائل أفضل للبيئة والصحة في التقييمات التالية: ECHA 2009; SWEREA 2010; KLIF 2010 (الجدول ٣). بيد أن هذه البدائل ربما تكون لها مخاطر أخرى يجب أن تؤخذ عين الاعتبار مثل المواد الأخرى الضارة أو الغبار (LCSP 2006, KLIF 2011c).

٦١- وعند النظر في استخدام البدائل الكيميائية لا بد من التفريق بين مثبطات اللهب المضافة والمواد الكيميائية التي تحتوي على روابط تساهمية والتي هي أقل عرضة للتسرب إلى البيئة. علاوة على ذلك يجب الأخذ في الاعتبار قابلية الراتينجات/المواد للاشتعال بطبيعتها، والنظر ما أمكن في استخدام مواد عزل غير قابلة للاحتراق وتقنيات البناء البديلة.

٦٢- وترد أدناه مناقشة لاستراتيجيات مختلفة ولتوفر واستدامة بدائل الدوديكان الحلقي السداسي البروم مع عرض عام للبدائل المجدية تقنياً والمتوفرة تجارياً (الجدول ٣). بيد أن بعض هذه البدائل غير مسموح به في جميع البلدان، ومنها الإثير الثنائي الفينيل العشاري البروم. ويمكن الاطلاع على معلومات إضافية أيضاً في التقارير (DEPA (2010), SWEREA (2010), KLIF (2011a) and KLIF (2011b)).

الجدول ٣ - جدول موجز للبدائل المجدية تقنياً والمتوفرة تجارياً لاستخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم (استناداً إلى التقرير (SWEREA 2010) والإفادات المقدمة بموجب المرفق (او)).

المادة	التطبيقات	البدائل الكيميائية	المواد البديلة وتقنيات إعادة تصميم المنتج
البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبتاق	عزل الأساس والجدران والسقوف وأرضية الطابق الأرضي وأرضية موقف السيارات .. الخ.	لا تتوفر تجارياً في الوقت الحالي مواد كيميائية بديلة سهلة الإحلال فيما يخص جميع عمليات الإنتاج وجميع المجالات يستخدم مثبت لهب آخر في عملية إنتاج البوليستيرين المشكل بالتمديد التي تتم في خطوتين والتي لا يمكن فيها استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم.	البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبتاق الخاليان من مثبطات اللهب والذنان تستخدم فيهما الحواجز الحرارية رغوات البولي أيزوسيانورات، بما فيها رغوات البوريتان المعدلة رغوات الفينوليك البطانيات (الحشوة الليفية واللفافات) التي قد تحتوي على الصوف الصخري أو الألياف الزجاجية أو السيلولوز أو رغوة البولي يوريثان الزجاج الخلوي والرغوات الزجاجية حشوات البوليستر الحشوات الحرة التي قد تحتوي على الصوف الصخري أو الألياف الزجاجية أو السيلولوز أو رغوة البولي يوريثان أنظمة العزل العاكسة
البوليستيرين الشديد التحمل	أغلفة المنتجات الإلكترونية والأسلاك	الإيثر الثنائي الفينيل العشاري البروم (deca-BDE) ثالث (ثالث بروميد نيوبنتيل) الفوسفات/ ثالث أكسيد الأنتيمون ثنائي الفينول الرباعي البروم إيه-ثاني (٣،٢- ثاني بروميد بروبييل الإيثر) (TBBPA-DBPE)/ ثالث أكسيد الأنتيمون ثالث (٦،٤،٢- ثالث بروميد الفينوكسي)-٥،٣،١- الترايازين/ ثالث أكسيد الأنتيمون الإيثان-٢،١- ثاني (خامس بروميد الفينيل)/ ثالث أكسيد الأنتيمون إيثيلين ثاني (رابع بروميد الفثاليميد)/ ثالث أكسيد الأنتيمون	أشابات من الإيثر المتعدد الفينول/البوليستيرين الشديد التحمل أو من البولي كربونات/مبلمر الأكريلونيتريل والبيوتاديين والإستيرين المعالجة بمثبطات اللهب المحتوية على الفسفور
الطلاءات الخلفية في المنسوجات	الملابس الواقية السجاد الستائر الأقمشة المنجدة الخيام الأجزاء الداخلية في المركبات العامة (السيارات والقطارات والطائرات وغيرها) المنسوجات التقنية الأخرى	الإيثر الثنائي الفينيل العشاري البروم (deca-BDE) الإيثان الثنائي الفينيل العشاري البروم إيثيلين ثاني (رابع بروميد الفثاليميد) البرافينات الكلورة بولي فوسفات الأمونيوم	المواد غير القابلة للاشتعال بطبيعتها: الصوف الألياف المثبطة للهب بطبيعتها: الرايون، ألياف البوليستر، الأراميد، والألياف الصناعية الأخرى منسوجات أخرى تحتوي على بولي فوسفات الأمونيوم منسوجات بما نظم قابلة للانتفاخ

٢-٣-١ البوليسستيرين المشكل بالتمديد (EPS) والبوليسستيرين المشكل بالانبثاق (XPS) المحتويان على مثبطات للهب

٦٣- إن أكبر تطبيق لاستخدامات الدوديكان الحلقي السداسي البروم هو إنتاج رغوة البوليسستيرين العازلة. ويمكن التخلص تدريجياً من استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم في البوليسستيرين المشكل بالتمديد وبالانبثاق باستخدام مثبط لهب بديل أو استخدام مواد عزل بديلة أو تقنيات بناء بديلة تحقق نفس المستوى من السلامة من الحرائق بدون مثبط للهب.

٦٤- والاعتبار الأول هو تفادي استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم ومثبطات الالهب الأخرى في الحالات التي لا تنطوي على مخاطر نشوب حرائق. وتشمل هذه الاستخدامات وضع عازل بين سطحين غير قابلين للاحتراق من أسطح الجدران كالحجارة والحرسنة والاستخدامات التي يوضع فيها العازل بين أساس المباني والتربة. ويمكن تنفيذ هذه التغييرات في التصميم من جانب الجهة المصنعة للمنتج النهائي (LCSP 2006; KLIF 2011c)، وتسويقها رهناً بمعايير قانون البناء. وعلاوة على ذلك، يمكن استخدام البوليسستيرين المشكل بالتمديد وبالانبثاق كمثبطات للهب في تطبيقات أخرى، ومنها المواد المستخدمة لحماية الأرض من الصقيع أو في بناء الطرقات/السكك الحديدية/الجسور على طبقات التربة التحتية الضعيفة التحمل للثقل. وتجري هذه الاستخدامات اليوم في الاتحاد الأوروبي واسكندنافية والولايات المتحدة وكندا واليابان وتايلند وجامايكا (EC 2011; EPS 2011). وفي النرويج، توقف استخدام قطع البوليسستيرين المشكل بالتمديد والمثبط للهب في التطبيقات تحت الأرض في عام ٢٠٠٤. ومنذ ذلك الحين، لم تقع أي حوادث حريق ناجمة عن البوليسستيرين المشكل بالانبثاق (Aabye and Frydenlund 2011). وتتم حماية مواقع البناء من الحرائق من خلال المراقبة وبناء الأسوار وتوخي الحذر عند استخدام معدات التقطيع واللحام وغير ذلك من التدابير.

بدائل الدوديكان الحلقي السداسي البروم الكيميائية السهلة الإحلال في تطبيقات البوليسستيرين المشكل بالتمديد والبوليسستيرين المشكل بالانبثاق

٦٥- وفقاً للإفادات المقدمة بموجب المرفق او فإنه لا تتوفر بدائل كيميائية سهلة الإحلال ومجدية من الناحية الاقتصادية أو التقنية للدوديكان الحلقي السداسي البروم كمثبط للهب في إنتاج البوليسستيرين المشكل بالانبثاق وفي عملية تصنيع البوليسستيرين المشكل بالتمديد "في خطوة واحدة" الأكثر شيوعاً المستخدمة على الأقل في أوروبا وفي أمريكا الشمالية عموماً في الوقت الحالي. وقد أعلن في شهر آذار/مارس ٢٠١١ عن بديل للدوديكان الحلقي السداسي البروم لإنتاج البوليسستيرين المشكل بالتمديد والانبثاق تحت اسم (Emerald 3000). وفي عملية الإنتاج "في خطوة واحدة" تمزج جميع المواد المضافة في محلول الإستيرين قبل البلمرة. أما في عملية الإنتاج "من خطوتين" البديلة فتبلمر الكريات في الخطوة الأولى بدون المادة المضافة المثبطة للهب والبتان، بينما يضاف مثبط الالهب المحتمل والبتان في الخطوة الثانية. وفي عملية الإنتاج "في خطوتين" يجب أن يكون مثبط الالهب قادراً على احتراق الكريات الجاهزة. إن الدوديكان الحلقي السداسي البروم ضعيف الاحتراق للكريات بعد البلمرة، لذلك لا بد من استخدام مثبطات لهب أخرى.

٦٦- ويستخدم جميع مصنعي البوليستيرين في أوروبا ومعظم المصنعين في أمريكا الشمالية عملية الإنتاج "في خطوة واحدة" حيث لا يوجد حالياً في الأسواق بديل للدوديكان الحلقي السداسي البروم مستوف للمعايير التقنية (خصائص الرغوة وموجز البيانات البيئية) ومعايير الأداء (مثل تأخير الاشتعال وإبطاء الزيادة اللاحقة في الحريق في الاختبارات). ووفقاً لصناعة الدوديكان الحلقي السداسي البروم فإن بوليمرات الإسترين النقية مثل البوليستيرين الشديد التحمل والبوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق تحتاج إلى مثبطات لهب مبرومة للوفاء بالمعايير المرغوبة للسلامة من الحرائق. وتعكف الجهات المصنعة للبوليستيرين على إيجاد بدائل للدوديكان الحلقي السداسي البروم بالاشتراك مع منتجي مثبطات اللهب. كذلك تجري وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة مناقشات مع الجهات المصنعة للبوليستيرين بشأن بدائل جديدة للدوديكان الحلقي السداسي البروم في رغوات البوليستيرين، إلا أن نتائج تلك المناقشات لم تنشر علناً بعد.

٦٧- وكما ورد آنفاً، أعلنت شركة Great lakes Solutions، في شهر آذار/مارس ٢٠١١، أنها ستوسع في إنتاج مبلمر تساهمي مبروم عالي الوزن الجزيئي مثبط للهب من الإسترين والبيوتاديين (Emerald™ 3000) ملائم لإنتاج البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق طورته شركة داو للمواد الكيميائية (DOW 2011). بيد أنه يتوقع أن تحتاج صناعة البوليستيرين إلى عدة سنوات للتحويل بشكل كامل لهذه التكنولوجيا. ووفقاً لتقييم المخاطر الذي أجرته تلك الصناعة فإن هذه المادة مقاومة للتحلل لكنها لا تتراكم بيولوجياً وهي غير سامة. وستقوم إدارة حماية البيئة في الولايات المتحدة، من خلال برنامج التصميم في خدمة البيئة التابع لها، بإجراء تقييم لمخاطر بدائل الدوديكان الحلقي السداسي البروم المستخدمة في البوليستيرين المشكل بالتمديد والانبثاق.

٦٨- ويستخدم مرفقان من مرافق الإنتاج في أمريكا الشمالية وربما مرافق أخرى خارج أوروبا عملية الإنتاج "في خطوتين". ومن غير الواضح حالياً أي من المواد يُستخدم في عملية إنتاج البوليستيرين المشكل بالتمديد الخالي من الدوديكان الحلقي السداسي البروم هذه لكن من المعروف على الأقل أنه قد استخدم في الماضي الأوكتان الحلقي الرباعي البروم وثاني بروميد إيثيل ثاني بروميد الهكسان الحلقي (LSCP 2006). لكن هناك أيضاً شواغل بشأن الخواص البيئية أو الصحية لهاتين المادتين.

٦٩- وتهدف صناعة البوليستيرين المشكل بالتمديد في اليابان إلى استبدال الدوديكان الحلقي السداسي البروم في عملياتها الإنتاجية بنهاية عام ٢٠١٢، كما أن الجهات المصنعة للبوليستيرين المشكل بالانبثاق تعمل أيضاً باتجاه خفض استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم من خلال إعادة النظر في محتوى هذه المادة لكن كذلك مع إعادة النظر في الحاجة إلى إضافتها إلى المنتج (Japan 2011).

بدائل استخدامات البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق المحتويين على مثبط للهب

٧٠- يمكن أيضاً استبدال رغوة البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق المحتويين على مثبط للهب والمستخدمين في العزل في المباني بمواد عزل بديلة من شأنها، وفقاً للوكالة المعنية بالمناخ والتلوث (KLIF 2011b)، أن تفي بنفس متطلبات العزل والسلامة وأن تكون بنفس القدر من المقاومة للرطوبة أو بنفس القدر من الصلابة أو أكثر مرونةً من البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين

المشكل بالانبثاق. وقد أُبلغ عن أن هذا الاستبدال هو نهج أكثر تعقيداً مقارنةً بالاستبدال البسيط لمثبطات اللهب نظراً لأن له تأثير أكبر على التكلفة الكلية للمنتج وعلى الأداء (LCSP 2006).

٧١- إن خواص البوليستيرين المشكل بالتمديد تجعله على وجه الخصوص ملائماً للعزل في الجدران الخارجية والأسقف المسطحة والأرضيات ومكونات ألواح الساندويتش. وتتوفر بصورة تجارية بدائل مجدية تقنياً للاستخدامات الرئيسية للبوليستيرين المشكل بالتمديد المحتوي على مثبط للهب، في مواد العزل الشائعة المستخدمة في جميع أنحاء العالم. ومن بين المواد البديلة رغوات البولي أيزوسيانورات ورغوات الفينوليك والعزل بالصفائح والألياف الزجاجية والزجاج الخلوي وحشوات البوليستر و صوف الضأن وأنظمة العزل العاكسة بما في ذلك الرقائق المعدنية والأغشية والورق (SWEREA 2010). كذلك تشمل المواد البديلة منتجات عزل مثل رغوات البولي يوريثان والعزل بالمواد المائلة الحرة التي يمكن صبها في الموضع المراد أو رشها أو نفخها إلى داخل هيكل المبنى أثناء الإنشاء. بيد أنه قد تستخدم أيضاً في هذه المواد مثبطات لهب بياناتها البيئية أو الصحية غير مؤكدة (مثل حامض البوريك). وتتكون حشوات العزل الحرة من حسيمات صغيرة من الألياف أو الرغوة أو المواد الأخرى (US DOE 2010). وتشكل هذه الحسيمات مادة عزل يمكنها أن تتكيف مع أي فراغ دون أن تحدث خللاً في أي إنشاءات أو زخارف. إن هذه القدرة على التكيف هي التي تجعل حشوات العزل الحرة ملائمة للإضافات على المباني وللمواضع التي يكون من الصعب فيها تركيب أنواع أخرى من العوازل. ومن بين أنواع المواد الأكثر شيوعاً التي تستخدم كحشوات عزل مائلة السيلولوز والألياف الزجاجية والصوف المعدني (من الصخور أو خبث المعادن). وتنتج جميع هذه المواد باستخدام مواد نفايات معاد تدويرها. وينتج السيلولوز أساساً من ورق الصحف المعاد تدويره. وتحتوي معظم أنواع الألياف الزجاجية على ٢٠-٣٠٪ زجاج معاد تدويره، أما الصوف المعدني فينتج في العادة بمحتوى من المواد المعاد تدويرها المتخلفة بعد العمليات الصناعية تبلغ نسبته ٧٥٪. ويمكن كذلك إنتاج حشوات العزل من معادن مثل الفيرمكيوليت والبيرليت. وتعتبر ألواح العزل المصنوعة من الزجاج الخلوي والبيرليت والألياف الخشبية ذات جدوى تقنية مماثلة للبوليستيرين المشكل بالتمديد في جميع الاستخدامات الرئيسية ما عدا ألواح الساندويتش. أما المواد المختلفة المتوفرة في السوق فتختلف من حيث خواص العزل الحراري التي تتمتع بها ومن حيث مجالات استخدامها، كما أن لكل منها طريقة تركيب خاصة بها (US DOE 2010, KLIF 2011b). كذلك تختلف هذه المواد من حيث خصائص السلامة من الحرائق لكن توجد بدائل يمكنها الوفاء بنفس متطلبات السلامة من الحرائق، أو بمتطلبات أعلى مستوى مقارنةً بالبوليستيرين المشكل بالتمديد (KLIF 2011b, 2011c).

تشتمل رغوات البولي أيزوسيانورات على رغوات يوريثان معدلة تستخدم فيها مثبطات لهب كيميائية مثل ثالث (أول كلوريد بروبييل) الفوسفات (TMCP, TCPP) وثالث (كلوريد إيثيل) الفوسفات (TCEP). ويمكن الاطلاع على تقييم لمخاطر مادة ثالث (أول كلوريد بروبييل) الفوسفات أجرته وكالة حماية البيئة (ECB 2008) يحدد فقط مخاطر تعرض العمال لها. ويستخدم في عملية تصنيع مادة ثالث (كلوريد إيثيل) الفوسفات (TCEP) أكسيد الإيثيلين (مادة مسببة للسرطان). وقد وُجد ثالث (كلوريد إيثيل) الفوسفات، وهو مادة سامة للإنجاب فيما يبدو، في المنطقة القطبية الشمالية، ما يشير إلى قدرتها على الانتقال البعيد المدى، كما أن مكتب كاليفورنيا للصحة البيئية وتقييم المخاطر قد اعتبر أن هذه المادة مسببة للسرطان. ووفقاً لدراسة أجراها مركز لويل للإنتاج المستدام، ونظراً لاستخدام مثبطات

اللهب المكثورة والمبرومة في تصنيع منتجات البولي آيزوسيانورات العازلة فإن هذه المنتجات لا تعتبر بدائل مفضلة بسبب آثارها الصحية (LCSP 2006).

وتستخدم رغوات الفينوليك كمواد عازلة في الأسطح والتجاويف والجدران الخارجية والأرضيات. وتستخدم هذه الرغوات بصورة رئيسية في ربط الألياف الزجاجية لتصنيع منتجات العزل. وأحد الشواغل المتعلقة باستخدام هذه الرغوات هو احتمال استخدام الفورمالدهيد، وهو مادة مسببة للسرطان في الإنسان، في إنتاج مونومرات راتينج الفينوليك. وقد صنفت الوكالة الدولية لبحوث السرطان الفورمالدهيد على أنه مادة معروفة مسببة للسرطان في الإنسان (LCSP 2006). ويجب وضع هذا الأمر في الاعتبار في مواقع الإنتاج حيث يجب استخدام التقنيات المتاحة لمراقبة الانبعاثات وقيود السلامة التي تحمي العاملين. ووفقاً لوكالة المناخ والتلوث الترويجية (2011c) فإن من الممكن أيضاً إنتاج مونومرات راتينج الفينوليك بدون استخدام مادة الفورمالدهيد نظراً لتوفر بدائل أخرى.

أما بطانيات العزل فهي بديل تقني ومادة بديلة بنفس القدر. وتصنع هذه البطانيات في العادة من الألياف الزجاجية أو الصوف الصخري ويمكن وضعها بين العوارض الرأسية والأفقية وبين الأحزمة في المباني، وهي متوفرة بمقاسات عرض تلائم المسافات المعيارية بين العوارض الرأسية في الجدران أو العوارض الأفقية على الأرضية. ويمكن قطع اللفافات المتصلة يدوياً وتشذيبها لتلائم مختلف المسافات الفاصلة. وتتوفر البطانيات العازلة بواجهات مثبتة للبخار أو بدون هذه الواجهات. وتتوفر حشوات ذات واجهات خاصة مقاومة للهب عندما يراد ترك المادة العازلة مكشوفة.

ويمكن استخدام الزجاج الخلوي والرغوات الزجاجية في بعض تطبيقات العزل الخاصة بالبوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانثاق مثل نظم الأسقف الدافئة وأسطح مواقف السيارات وأسطح الأسقف وواجهات المباني المزودة بنظام للتهوية والعزل داخل المباني وعزل الأرضيات في البيئات الصناعية وعزل الطوابق الأرضية والسور المحيط. وللزجاج الخلوي والرغوات الزجاجية بنية مغلقة الخلية وتصنع من الزجاج المعاد تدويره دون استخدام أدوات ربط، وهي متوفرة بكتافات مختلفة لاستخدامها في مختلف الأحمال. ولا تساهم هذه المواد في زيادة الحريق كما أنها غير نفاذة للماء.

الألياف الزجاجية هي ألياف صناعية زجاجية الشكل. وتنفع حشوات العزل الحرة إلى داخل الموضع المراد أو تُرش باستخدام معدات خاصة، ويمكن استخدامها لحشو التجاويف الموجودة في الجدران وفي المواضع غير المنتظمة الشكل.

وتشمل أنظمة العزل العاكسة الرقائق المعدنية أو الأغشية أو الورق التي توضع بين العوارض الرأسية والأفقية وبين الأحزمة في المباني، وهي تستخدم عادةً لمنع انسياب الحرارة إلى الأسفل في تطبيقات الأسقف. ومن بين المواد الشائعة الاستخدام الأوراق المزودة بواجهة من رقاقة معدنية وكريات البولي إثيلين المحوفة المزودة بواجهة من رقاقة معدنية والأغشية البلاستيكية المزودة بواجهة من رقاقة معدنية والورق المقوى المزود بواجهة من رقاقة معدنية.

وتشمل مواد العزل الأخرى الشائعة الاستخدام حشوات البوليستر وصوف الضأن وهي مواد يمكن وضعها بين العوارض الرأسية والأفقية وبين الأحزمة في المباني.

٧٢- تعتبر الألياف الزجاجية والصوف الزجاجي والصوف المعدني أليافاً صناعية زجاجية. وقد تكون لهذه المواد آثار على الصحة المهنية. ويمكن لهذه الألياف عندما تعلق في الهواء أن تسبب تهيجاً للعينين والأنف والحنجرة وأجزاء من الرئة. وقد أظهرت الدراسات التي أجريت على الحيوانات أن استنشاق الهواء المحتوي على هذه الألياف الزجاجية الصناعية بشكل متكرر يمكن أن يؤدي إلى التهاب الرئة وتليفها (ATSDR 2004). وتتوفر ملابس ومعدات واقية (أقنعة وجه ومناظير واقية من الغبار وقفازات.. الخ) يستخدمها عمال الإنشاء لتفادي التهيجات الناتجة عن اللمس واستنشاق الهواء المحتوي على الألياف. إن ارتداء هذه الملابس والمعدات في بيئة العمل هو من الأهمية بمكان نظراً لأن الألياف موجودة داخل الجدران والأساس والأسقف في المباني والإنشاءات، كما توجد أثناء الهدم والترميم. علاوة على ذلك فإن الألياف الزجاجية يمكن أن تكون مربوطة في شكل أغشية عازلة باستخدام أربطة لاصقة قد تكون محتوية على فورمالدهيد الفينول، وهو مادة كيميائية خطيرة من المعروف أنها تتصاعد في شكل غاز من المادة العازلة عبر سنين طويلة.

٧٣- كذلك يمكن المساعدة في إيجاد بدائل للدوديكان الحلقي السداسي البروم لأغراض البناء والإنشاء من خلال إعادة تصميم المنتج، أي من خلال حلول تقنية وتغييرات في ممارسات البناء والتشييد. وتستخدم ألواح البوليستيرين المشكل بالتمديد غير المحتوية على مثبط للهلب في عدد من البلدان مع مواد إنشاء أخرى تحمي البوليستيرين من وصول النار إليه (KLIF 2011a). ومن أمثلة إعادة تصميم المنتج استخدام مواد حجز الحريق واستراتيجيات أخرى لفصل مصدر الحريق عن المنتج وخفض قوته. ويمكن تنفيذ هذه التغييرات في التصميم من جانب الجهة المصنعة للمنتج النهائي (LCSP 2006). وقد يكون ممكناً من خلال استخدام الحواجز الحرارية تحقيق السلامة من الحرائق بدون استخدام البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق المحتوي على مثبط للهلب. والحواجز الحرارية هي أغلفة أو طلاءات مقاومة للحريق تفصل المادة العازلة من الجزء الداخلي للمبنى. ويمكن، على سبيل المثال، وضع المادة العازلة بين سطحين جداريين غير قابلين للاحتراق مثل الحجر أو الخرسانة أو بين أساسات المبنى والترتبة (LCSP 2006; KLIF 2011c). ويمكن استخدام هذه التقنية في إنشاءات مثل الواجهات الخارجية وبلاط الأرضية أو الأسقف المسطحة (KLIF 2011c). وفي الأسقف يوضع حاجز حراري بين البوليستيرين المشكل بالتمديد والسطح المعدني من السقف. أما في التطبيقات التي تكون فيها المادة العازلة ملامسة بشكل مباشر للأرض فلا توجد حاجة لرغوات بلاستيكية محتوية على مثبط للهلب نظراً لأن البوليستيرين المشكل بالانبثاق يوضع في العادة بين بلاط خرساني والأرض، كما أن المادة العازلة محمية بصورة جيدة من التعرض للنار (Klif 2011 c). ومن بين المواد المستخدمة في الحجز الحراري: ألواح الجبس والملصقات الجبسية أو الأسمنتية وألواح البيرليت والسيلولوز المرشوش واستخدام الألياف المعدنية أو الطلاءات الجبسية وأنواع مختارة من الخشب الرقائقي. وحالياً يشيع استخدام كل هذه المواد في إنشاء المباني المحلية والتجارية (LCSP, 2006; SWEREA 2010).

٧٤- وتخضع الحواجز الحرارية لمتطلبات خاصة بكل بلد وفق قوانين البناء فيه (SWEREA 2010)، وتستخدم حالياً في فنلندا والنرويج والسويد وأسبانيا حيث تصدر المتطلبات الوطنية للسلامة من الحرائق بموجب قوانين البناء. ومن خلال الأخذ في الاعتبار أيضاً الجوانب والحلول التقنية نحو استخدام الحواجز الحرارية وكيفية تنفيذ عملية العزل عند إنشاء المباني فإن قوانين البناء في هذه البلدان تحدد أي من

منتجات العزل يمكن أن يستخدم ونوع المبنى الذي تستخدم فيه. عليه فيمكن تحقيق السلامة من الحرائق حتى عند استخدام البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق غير المحتويين على مثبط للهب. بيد أنه يجب ملاحظة أن استخدام الحواجز الحرارية قد لا يكون ممكناً في جميع البلدان على المدى القصير نتيجةً للمعايير التقنية وقوانين البناء (SWEREA 2010) والسياسات. علاوةً على ذلك فإن لوائح السلامة من الحرائق الحالية في بعض البلدان تقضي باستخدام مثبط للهب في البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق بغض النظر عن مجال استخدام البوليستيرين، في التخزين وسلامة مركبات النقل.

٧٥- وقد تكون لمواد/تقنيات العزل البديلة مميزات تختلف عن مميزات البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق وقد تكون أكثر أو أقل ملاءمةً لبعض سيناريوهات الاستخدام المحددة (مثل مقاومة امتصاص المياه ومقاومة الأحمال الميكانيكية (قوة الضغط العالية) والتكامل البيئي لفترة الخدمة) (ECHA 2009; US DOE 2010). ووفقاً للإفادات المقدمة فإن مواد العزل البديلة للبوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق متوفرة لجميع الاستخدامات باستثناء بعض استخدامات البوليستيرين المشكل بالانبثاق الصعبة في تطبيقات حساسة متعلقة بالرطوبة أو التجمد/الذوبان في أمريكا الشمالية (XPSA/CPIA 2011). ويمكن أيضاً أن يشمل استخدام مواد/تقنيات العزل البديلة مسائل بيئية مختلفة مثل تكاليف الطاقة الزائدة أثناء النقل كما أن هذا الاستخدام يمكن أن يكون مصحوباً بمجموعة من المخاطر الصحية و/أو البيئية الفريدة الخاصة بتلك البدائل، وهي مخاطر غير معروفة جيداً في أغلب الحالات. وعندما لا يتم الأخذ في الاعتبار تسرب أي مادة إلى البيئة الخارجية فإن الآثار الصحية لأي مادة من مواد العزل تكون قبل كل شيء مهمة في بيئة العمل نظراً لأن مادة العزل موجودة داخل الجدران والأساس والأسقف. ويجب كذلك إيلاء الاعتبار للمواد العزل البديلة أثناء إصلاح المباني وتجديدها وهدمها. وقد جرى تقييم الخواص البيئية والصحية للعديد من المواد البديلة في تقرير نرويجي حديث خلص إلى أن البدائل تحتوي على مواد كيميائية تتسبب في إشكالات أقل مقارنة بالدوديكان الحلقي السداسي البروم نظراً لعدم احتواء أي منها على هالوجينات كما أن أيها لم يصنف على أنه مادة مقاومة للتحلل أو ذات قدرة على التراكم البيولوجي أو سامة أو على أنه ملوث عضوي ثابت (KLIF 2011c). بيد أن أغلبية مثبطات اللهب الكيميائية المستخدمة البديلة لرغوات البولي يوريثان الصلبة هي مواد مهلجنة.

٧٦- ويمكن أن يؤثر استبدال المواد العازلة المنتجة من البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق بمواد أخرى أيضاً على التكلفة الكلية وعلى الأداء، كما أنه قد يحتاج فوق ذلك إلى نهج مختلف أثناء البناء والإنشاء. بيد أن ممارسات البناء الحالية في السويد والنرويج التي يكون فيها معظم البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانبثاق المستخدم حالياً من الدوديكان الحلقي السداسي البروم تشير إلى أن من الممكن تحقيق السلامة من الحرائق في مواد البناء والمباني بتكلفة معقولة دون استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم ودون تغيير تقنيات البناء والإنشاء التقليدية بصورة كبيرة. ووفقاً لتحليل بدائل البوليستيرين المشكل بالتمديد المحتوي على مثبط للهب الذي أجري في النرويج فإن استبدال البوليستيرين المشكل بالتمديد المحتوي على مثبط للهب بمواد العزل البديلة لن يؤثر سلباً على السلامة من الحرائق، كما أن البدائل ستكون بصورة عامة قادرة على الوفاء بنفس المتطلبات أو

بمطلبات أعلى مستوى مقارنةً بالبوليستيرين المشكل بالتمديد المحتوي على مثبت للهلب. وتتمتع البدائل، بما في ذلك البوليستيرين المشكل بالتمديد غير المحتوي على مثبت للهلب المزود بجواجز حرارية، في العادة بأداء أفضل فيما يتعلق بالحرائق ويمكنها المنافسة فيما يتعلق بخواص العزل ومقاومة الرطوبة المطلوبة في معظم التطبيقات في المناخات الباردة والدافئة معاً (KLIF 2011c). ووفقاً لوكالة المناخ والتلوث النرويجية (2011c) فإن سعر أرخص البدائل يتراوح بين سعر مساوٍ تقريباً لسعر البوليستيرين المشكل بالتمديد المحتوي على مثبت للهلب وسعر أعلى بنسبة ٣٠٪ تقريباً.

٢-٣-٢ بدائل الدوديكان الحلقي السداسي البروم في لدائن البوليستيرين الشديد التحمل (HIPS)

٧٧- لا يستخدم الدوديكان الحلقي السداسي البروم على نطاق واسع في البوليستيرين الشديد التحمل ويمكن بصورة معقولة افتراض أن هناك مثبتات لهب بديلة متاحة لهذا التطبيق (الجدول ٣). ويستخدم الدوديكان الحلقي السداسي البروم بصورة رئيسية في البوليستيرين الشديد التحمل من الدرجة (V-2) حيث تكون مثبتات اللهب المبرومة المفتوحة السلسلة أكثر كفاءةً من مثبتات اللهب المبرومة العطرية. ويعتبر الأكسيد الثنائي الفينيل العشاري البروم (إثير)، أي الإثير الثنائي الفينيل العشاري البروم (Deca-BDE)، مثبت اللهب الأكثر استخداماً في البوليستيرين المشكل بالتمديد نظراً لتكلفته المنخفضة ومحتواه العالي من البروم (Weil and Levchik 2009). أيضاً يستخدم هذا المثبط كعازل في الأسلاك الإلكترونية. بيد أنه قد لا يوصى باستخدام هذا المثبط كبديل للدوديكان الحلقي السداسي البروم نظراً لوجود شواغل بشأن تأثيره على صحة الإنسان والبيئة (EC 2002; US EPA 2010) وكذلك بشأن فقدانه للبروم مكوناً مركبات مثل الإثير الثنائي الفينيل الخماسي البروم والإثير الثنائي الفينيل الثماني البروم (UNEP/POPS/POPRC.6/2). وفي الاتحاد الأوروبي أدى تطبيق التوجيهين المتعلقين بتقييد استخدام المواد الخطرة والنفايات من الأجهزة الكهربائية والإلكترونية إلى التخلص تدريجياً من استخدام الإثير الثنائي الفينيل العشاري البروم في الأدوات الإلكترونية. أما في الولايات المتحدة فإن المؤسسات الصناعية ستسحب بصورة طوعية هذه المادة من معظم الاستخدامات بنهاية عام ٢٠١٣. وفي النرويج حُظر في عام ٢٠٠٤ تصنيع واستيراد وتصدير وبيع واستخدام المواد والمستحضرات المحتوية على ٠,١ في المائة بالوزن أو أكثر من هذه المادة.

٧٨- وتشمل المواد الكيميائية الأخرى التي يمكن استخدامها كبدايل للدوديكان الحلقي السداسي البروم في البوليستيرين الشديد التحمل مجموعة من مثبتات اللهب المبرومة التي تستخدم بالاقتران مع ثالث أكسيد الأنتيمون. ومن بين هذه المواد ثالث (ثالث بروميد نيوبنتيل) الفوسفات، وثنائي الفينول الرباعي البروم إيه- ثاني (٣,٢-ثاني بروميد بروبييل الإيثر) (TBBPA-DBPE)، وثالث (٦,٤,٢-ثالث بروميد الفينوكسي) (٣,١,٥-الترابازين، وإيثان-٢,١-ثاني (خامس بروميد الفينيل)، وإيثيلين ثاني (رابع بروميد الفثاليميد).

٧٩- وتوجد مواد بديلة للبوليستيرين الشديد التحمل أيضاً في السوق، ما يسمح بتفادي مشكلة إيجاد بديل كيميائي للدوديكان الحلقي السداسي البروم. وبشكل أكثر تحديداً يمكن في المنتجات الكهربائية استبدال البوليستيرين الشديد التحمل بالعديد من المواد البديلة، بما في ذلك مزائج البولي كربونات/مبلمر الأكريلونيتريل والبيوتاديين والإستيرين (PC/ABS)، البوليستيرين/إيثر البولي فينيلين (PS/PPE)، إيثر

البولي فينيلين/البوليستيرين الشديد التحمل^(٦) (PPE/HIPS) بدون مثبطات لهب أو باستخدام مثبطات لهب فسفورية غير مهلجنة (Brazil 2011, DEPA 2010). ويبدو أن مركبات الأريل الفسفورية العضوية، ريسورسينول ثاني (ثاني فينيل الفوسفات)، ثاني فينول إيه ثاني (ثاني فينيل الفوسفات)، ثاني فينيل الفوسفات البوليمري، ثاني فينيل كريسيل الفوسفات، ثالث فينيل الفوسفات (Kemi 2006)، بحاجة إلى إضافة مواد مضافة مشاركة لمنع هجرة المركب الفسفوري إلى سطح البوليستيرين المشكل بالتمديد. ويتعين استخدام البدائل الفسفورية للبوليستيرين الشديد التحمل في أحمال أعلى (ECHA 2009). وتستخدم مزائج البوليمرات التساهمية على نطاق واسع في المعدات الإلكترونية مع مثبطات للهب أو بدونها. ولهذه المزائج قوة تحمل أكبر وهي بطبيعتها أكثر مقاومةً للاحتراق لأنها تكون سطحاً من رغبة فحمية عازلة عند تعرضها للحرارة (DEPA 2010).

٣-٣-٢ بدائل استخدامات الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الطلاءات الخلفية للمنسوجات

٨٠- يستخدم الدوديكان الحلقي السداسي البروم كمثبط لهب في الطلاءات الخلفية للمنسوجات بالأثانات المنجدة وفي المقاعد المنجدة بمركبات النقل وفي أغذية الأثانات وأغذية الجدران وقماش تغليف القُرش وفي المنسوجات الداخلية مثل ستائر النوافذ المتدرجة (LCSP 2006, ECHA 2009; SWEREA 2010). ويكون تركيز هذا المركب عالياً في العادة في تطبيقات المنسوجات مقارنةً بالتطبيقات الأخرى، حيث يتراوح من ٦ إلى ١٥٪ في البوليمر (CEFIC/EFRA 2006, EC 2008). إن الدوديكان الحلقي السداسي البروم غالي الثمن نسبياً ولذلك فإن الشركات تستخدمه أساساً عندما تجد أن هذه المادة هي الوحيدة التي تفي بمتطلبات الأداء (ECHA 2008b).

٨١- ويمكن تجنب استخدام مثبطات اللهب في المنسوجات إذا كان القماش نفسه غير قابل للاشتعال أو ذا قابلية منخفضة للاشتعال. ولذلك يمكن استخدام بعض المواد الطبيعية مثل الصوف كمادة حاجزة في الأثانات (Norway 2011; SWEREA 2010). وهناك مواد أخرى مثبطة للهب بطبيعتها من بينها الرايون المزود ببعض المواد الفسفورية المضافة وألياف البوليستر والأراميد (Weil and Levchik 2009). كذلك تتوفر العديد من المواد الكيميائية التي يمكن استخدامها كبدايل سهلة الإحلال للدوديكان الحلقي السداسي البروم في تطبيقات المنسوجات. وفيما يخص الطلاءات الخلفية للمنسوجات فإن البدائل الكيميائية للدوديكان الحلقي السداسي البروم تشمل الإيثير الثنائي الفينيل العشاري البروم (deca-BDE)، والإيثان الثنائي الفينيل العشاري البروم، وإيثيلين ثاني (رابع بروميد الفثاليميد)، والبرافينات الكلورة والأمونيوم المتعدد الفوسفات (ECHA 2009; KLIF 2011a). وقد ورد أعلاه توصيف للشواغل المتعلقة بالإيثير الثنائي الفينيل العشاري البروم (deca-BDE). أما البرافينات الكلورة الطويلة السلسلة فهي مركبات سامة للإنجاب في الإنسان كما أنها تظهر سميةً مزمنةً مع تأثيرات على الكبد والكلى، ومن المحتمل أن تكون مسببةً للسرطان (ECHA 2009). ومن الممكن كذلك استخدام الأمونيوم المتعدد الفوسفات (APP) في الطلاءات الخلفية لمجموعات مختلفة من المنسوجات.

٨٢- وفي المنسوجات يمكن كذلك تحقيق السلامة من الحرائق باستخدام نظم قابلة للانتفاخ (KLIF 2010). والانتفاخ هو تكوين تفحم رغوي يعمل بمثابة عازل للحرارة. ويتركب النظام القابل للانتفاخ

(٦) PPE/HIPS: أشابة من إيثير البولي فينيلين والبوليستيرين الشديد التحمل.

بشكل عام من مصدر للكربون لتكوين التفحم ومركب مولد للحامض ومركب قابل للتحلل لتوليد غازات النفخ لإنتاج التفحم الرغوي (Weil & Levchik 2009). ويصل سمك هذه الرغوة إلى مقدار ١٠ إلى ١٠٠ مرة ضعف سمك الطلاء المستخدم في الأصل ويعزل المادة التحتية من خلال موصليته المنخفضة للحرارة، ما يجعل الأنظمة القابلة للانتفاخ ذات كفاءة في خفض القدرة على الاشتعال وخفض التعرض للغازات المتبخرة (KEMI 2006). وقد طرحت في الأسواق العديد من النظم القابلة للانتفاخ ذات الصلة بتطبيقات المنسوجات لفترة تناهز العشرين عاماً، وقد أظهرت بنجاح قدرتها الكبيرة. وتشمل النظم القابلة للانتفاخ استخدام الرغوات المشربة بالجرافيت القابل للتمدد والمعالجات على السطح وتكنولوجيات الحواجز للمواد المتبلمرة (SWEREA 2010). وقد لا يكون من الممكن استخدام النظم القابلة للانتفاخ في نفس المجموعات من المنسوجات بوصفها طلاءات خلفية قائمة على مثبطات اللهب المبرومة.

٨٣- ووفقاً للإفادة المقدمة من اليابان فقد تم استبدال الدوديكان الحلقي السداسي البروم في منسوجات السيارات المستخدمة في طُرز السيارات الجديدة. بيد أن عرض المنسوجات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم سيستمر لبعض الوقت نظراً لاستمرار استخدام هذه المنسوجات في قطع غيار السيارات القديمة الطراز (Japan 2011).

٤-٢ موجز المعلومات عن آثار تنفيذ تدابير الرقابة الممكنة على المجتمع

٨٤- بعد بيان مقاومة الدوديكان الحلقي السداسي البروم وتراكمه البيولوجي وخواصه السامة وكذلك قدرته على الانتقال البعيد المدى العابر للحدود في موجز المخاطر الذي وافقت عليه لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة التابعة لاتفاقية ستكهولم فإن من المنتظر حدوث تأثير إيجابي على التنمية المستدامة في العالم من القضاء على هذه المادة. وإذا لم يتم التحكم في إنتاج الدوديكان الحلقي السداسي البروم واستخدامه وإدارة نفاياته واستمر الإنتاج والاستخدام في الازدياد فإن مستويات هذه المادة في البيئة، بما في ذلك الإنسان والحيوان، ستستمر في الارتفاع على الأرجح حتى في أماكن بعيدة عن مواقع الإنتاج والاستخدام.

١-٤-٢ الصحة، بما في ذلك الصحة العامة وصحة البيئة والصحة المهنية

٨٥- إن من المهم الإبقاء على مستوى السلامة من الحرائق باستخدام مثبطات لهب أو مواد أو تقنيات بناء بديلة للتقليل إلى أدنى حد من الفقد في الأرواح والإضرار بالأشخاص والممتلكات والانبعاثات الضارة من الحرائق العرضية.

٨٦- ويمكن توقع أثر إيجابي على صحة الإنسان والبيئة من تدابير الرقابة الرامية لخفض الدوديكان الحلقي السداسي البروم أو القضاء عليه على النطاق العالمي. وتوجد هذه المادة في الإنسان في الدم والبلازما وحليب الثدي والأنسجة الدهنية. إن مصادر التعرض الرئيسية المعروفة حالياً هي الطعام والغبار الملوثين. وسيكفل فرض تدابير للرقابة على الأرجح انخفاض مستويات الدوديكان الحلقي السداسي البروم في المنتجات الزراعية مثل الأسماك في المزارع السمكية وفي غيرها والحليب ومنتجاته ومختلف منتجات اللحوم. وأكبر تأثير إيجابي متوقع حدوثه على المدى القصير التأثير على البيئة داخل المباني حيث سيتم القضاء تماماً على مستويات هذه المادة في الغبار أو خفضها نتيجةً للحظر. والنتيجة الإيجابية لذلك

هي خفض تعرض البشر لهذه المادة عن طريق الطعام والغبار، ولاسيما الأطفال الذين ثبت أنهم يتلعون كميات أكبر من الغبار مقارنةً بالبالغين. كذلك سيتم خفض تعرض العمال في المصانع المنتجة للبوليستيرين المشكل بالتمديد المحتوي على مثبط للهب، كما سينخفض تعرض العمال المنخرطين في إعادة تدوير الأجهزة الكهربائية والإلكترونية في البلدان النامية (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2).

٨٧- ورغم أن المعلومات عن سمية الدوديكان الحلقي السداسي البروم للإنسان غير متوفرة إلى حد كبير، فقد وجد أن الأجنة والأطفال الرضع هم من المجموعات السريعة التأثر بهذه المادة والتي يمكن أن تكون معرضة لمخاطرها (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2, RAC 2010)، خصوصاً بسبب سمية المادة للغدد الصماء والجهاز العصبي وسميتها للنمو الملاحظة في الدراسات التي أجريت على الحيوانات. وسيكون التخلص التدريجي من هذه المادة أو القضاء عليها مفيداً أيضاً للسكان الأصليين في المنطقة القطبية الشمالية الذين يعتمدون على الأغذية المحلية التقليدية وبالتالي يتعرضون أكثر لمخاطر التعرض مقارنةً بالجماعات المحلية الأخرى. وقد تم الاعتراف في ديباجة اتفاقية ستكهولم بالمخاطر الخاصة التي تشكلها الملوثات العضوية الثابتة على النظم الإيكولوجية والجماعات المحلية الأصلية.

٨٨- إن التخلص التدريجي من الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الأدوات والنفايات هو أمر ضروري لخفض تعرض البيئة والحياة البرية، وكذلك تعرض الإنسان من خلال الطعام والمياه الملوثة، وتعرض العمال بشكل مباشر للمادة من عمليات إعادة التدوير أو في مواقع التخلص من النفايات ومواقع الحرق المفتوح للنفايات المحتوية على المادة في البلدان النامية (Malarvannan et al. 2009; Polder et al. 2008; Tue et al. 2010; Zhang et al. 2009).

٨٩- وقد شككت مجموعة من العلماء في الفائدة الكلية للسلامة من الحرائق في اللوائح التي تقضي باستخدام مثبطات اللهب نظراً لوجود دلائل على أن هذه المثبطات تزيد من تسرب الغازات السامة والسخام وهذان هما السبب وراء معظم الوفيات والإصابات الناتجة عن الحرائق (EHP 2010). إن احتراق المواد المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم أو على مثبطات اللهب المهلجنة الأخرى خلال الحرائق العرضية ومن النفايات المحترقة المحتوية على مثبطات اللهب من شأنه زيادة سمية نفايات الحريق السائلة من خلال زيادة تسرب أول أكسيد الكربون والغازات الحمضية نحو بروميد الهيدروجين، والديوكسينات والفيورانات المبرومة والمكلورة (Halogenated Flame Retardants 2010). ولذلك فإن خفض الكلي للمواد المحتوية على مثبطات اللهب ربما يؤدي إلى مخاطر صحية أقل لعامة الناس وعمال مكافحة الحرائق، إذا كان من الممكن تحقيق السلامة من الحرائق بوسائل أخرى.

٢-٤-٢ الكائنات الحية (التنوع البيولوجي)

٩٠- إن التخلص التدريجي من الدوديكان الحلقي السداسي البروم ضروري لتفادي زيادة مستوياته في الحيوانات البرية المعرضة بالفعل لمخاطره. ويعتبر الدوديكان الحلقي السداسي البروم ساماً جداً للأحياء المائية، وهناك مخاطر من حدوث تأثيرات ضارة في الثدييات البحرية والأسماك في المناطق المجاورة للمصادر الثابتة والمناطق التي بها مستويات أساسية عالية من هذه المادة. وتتجاوز مستويات التركيز المقيسة في الكائنات الحية التركيز غير المؤثر المتوقع الخاص بالآثار الثانوية وقدره ٥ ملغم/كغم من الوزن الرطب كما ورد في تقييم المخاطر الذي أجراه الاتحاد الأوروبي بخصوص هذه المادة (EC 2008). أما المستويات

في الطيور بالمناطق الأوروبية، التي بها مستويات أساسية مرتفعة من هذه المادة أو بالقرب من المصادر المحلية الثابتة، فقد خلص إلى أنها قريبة من مستويات العتبة المحدثة للآثار الضارة. وهناك إشارات أخرى مثيرة للقلق تأتي من البيانات الأولية الحديثة المتعلقة بطيور العاسوق المحتجزة والتي تشير إلى وجود تأثيرات على الإنجاب والنمو في الطيور البرية بالمناطق النائية أيضاً (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2).

٢-٤-٣ الجوانب الاقتصادية، بما في ذلك التكاليف والفوائد للمنتجين والمستهلكين وتوزيع التكاليف والفوائد

٩١- توجد مواد وتقنيات بديلة مجدية من الناحية الاقتصادية للكثير من الاستخدامات الحالية للدوديكان الحلقي السداسي البروم تقريباً. ويمكن استخدام البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانثاق غير المحتويين على مثبطات للهلب في العديد من التطبيقات ولا يمثلان تكلفة أعلى على الجهة المصنعة. ويوصي المنتجون بأن تغطي ألواح البوليستيرين المشكل بالتمديد وألواح البوليستيرين المشكل بالانثاق العازلة بمواد أخرى في المباني والإنشاءات لتعزيز خواص العزل والخواص الحرارية لهذه الألواح وكذلك مقاومتها للحرائق، حتى عندما تكون محتوية على مثبطات للهلب (KLIF 2011c, EUMEPS 2011b). وتسود في الأسواق الاسكندنافية ألواح البوليستيرين غير المحتوية على مثبطات للهلب. وقد أنجز هذا الأمر من خلال لوائح السلامة من الحريق التي لا تقضي بالمعالجة بمثبط للهلب وإنما بتحقيق نفس المستوى من الحماية من خلال وسائل أخرى مع الاعتماد بدرجة أقل على مثبطات للهلب (SWEREA 2010).

٩٢- وستكون تكلفة التخلص التدريجي من الدوديكان الحلقي السداسي البروم منخفضة في المناطق التي جرى فيها التخلص تدريجياً من هذه المادة بشكل كبير أو المناطق التي لا ينتشر فيها استخدامه (أي البلدان الاسكندنافية ومعظم البلدان النامية وفقاً للإفادات المقدمة بموجب المرفق واو وبيانات الاستخدام). أما في المناطق الأخرى فإن التأثير سيعتمد على توفر مثبطات للهلب بديلة عندما يتم التخلص تدريجياً من الدوديكان الحلقي السداسي البروم. وسيكون التأثير أكبر في الأسواق التي يتم فيها إنتاج واستخدام كميات كبيرة من ألواح البوليستيرين المشكل بالتمديد العازلة المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم المثبط للهلب (أوروبا بصورة خاصة)، ونظراً لعدم توفر مثبطات حريق كيميائية بديلة في الوقت الحالي لاستخدامها في البوليستيرين المشكل بالتمديد/الانثاق فإن القضاء على الدوديكان الحلقي السداسي البروم بدون وجود فترة انتقالية للتخلص التدريجي سيؤثر على إنتاج البوليستيرين المشكل بالتمديد/الانثاق المحتوي على مثبط للهلب في جميع المناطق. بيد أنه يوجد أيضاً عدد كبير من المواد البديلة وبدائل تصميم المنتجات الخاصة بالبوليستيرين المشكل بالتمديد والمشكل بالانثاق (الجدول ٣). ومما لا شك فيه أن التكاليف تعتبر منخفضة إلى معتدلة بالنسبة للمنتجين، كما أن التحول إلى مثبطات للهلب أخرى ومواد بديلة وحلول تصاميمية سيحفز بعض المنتجين (KLIF 2010).

٩٣- ويتوقع أن تكون تكلفة التخلص التدريجي من استخدامات الدوديكان الحلقي السداسي البروم محدودة في معظم البلدان النامية نظراً لأن الجزء الأكبر من استخدامات هذه المادة يتم في أوروبا والولايات المتحدة والصين. ومن شأن فرض حظر على هذه المادة في ظل عدم وجود بديل كيميائي سهل الإحلال أن يكون له تأثير سلبي على صناعة البوليستيرين المشكل بالتمديد والبوليستيرين المشكل بالانثاق في أوروبا وعلى القوى العاملة في هذا القطاع (PlasticsEurope/Exiba 2011). وتشمل المخاطر

المذكورة تغييرات في إمدادات الإسترين وقضايا ذات صلة بالقدرة التنافسية للشركات الصغيرة والمتوسطة الحجم. وسيسبب حظر هذه المادة في الولايات المتحدة وكندا صعوبات لتطبيق واحد على الأقل عندما يكون البوليستيرين المشكل بالانبثاق المحتوي على مثبط للهب هو المنتج الوحيد الموصى به والمقبول بمقتضى قوانين البناء (2011 XPSA/CPIA). وستصبح البدائل الكيميائية السهلة الإحلال للدوديكان الحلقي السداسي البروم في البوليستيرين المشكل بالتمديد والمشكل بالانبثاق متوفرة تجارياً في أقرب وقت على الأرجح وسيتم إدخالها بالتدريج (DOW, 2011; BASF 2011).

٩٤ - وفي العديد من البلدان يتطلب استخدام البوليستيرين المشكل بالتمديد والمشكل بالانبثاق بدون مثبطات لهب بدلاً من البوليستيرين المشكل بالتمديد والمشكل بالانبثاق المحتوي على مثبط للهب، تعديلاً للسياسات وتغييراً في تنفيذ معايير السلامة من الحرائق. وهذا الأمر يتطلب وقتاً لكن يمكن اعتبار أن التكاليف معتدلة. وفي الاتحاد الأوروبي توجد بالفعل مبادرات لمواءمة معايير تنظيم السلامة من الحرائق. ويوجد الدوديكان الحلقي السداسي البروم على القائمة الإرشادية للمواد الخطرة التي يتعين تجنب استخدامها في الحماية من الحرائق بالمباني والإنشاءات. وسيكون هذا أيضاً دافعاً مهماً لتغيير لوائح الحماية من الحريق (KLIF 2010a).

٩٥ - وفيما يخص البدائل الكيميائية السهلة الإحلال، فإن هناك نوعان من التكاليف يتعين أخذهما في الاعتبار فيما يتعلق بالتحول من مثبط لهب إلى آخر (SWEREA 2010):

تكلفة التحول، أي تكلفة إعادة التركيب، وبعبارة أخرى تكلفة أعمال التطوير أو تغيير المعدات. فمراقب التصنيع والمعالجة ربما تحتاج إلى الاستثمار في معدات جديدة من أجل التحول إلى مثبطات لهب بديلة. ومن الصعب تقدير هذه التكلفة التي تشمل في العادة تكلفة جهود البحث والتطوير التي لم تفلح في إيجاد مثبط لهب بديل يتسم بالكفاءة. هذه التكلفة هي التكلفة التي يتم تكبدها في بداية دورة المنتج.

تكلفة التشغيل التي تعكس سعر المادة (الخام) المثبطة للهب. علاوةً على ذلك فإن تكاليف التشغيل اليومية ربما تكون مختلفة فيما يخص خطوات المعالجة الجديدة المطلوبة لتصنيع مواد كيميائية أخرى مثبطة للهب. ولضمان الجدوى الاقتصادية فإن مثبطات اللهب لا بد أن تكون سهلة المعالجة وفعالة الكلفة عندما يكون من الضروري تصنيع هذه المواد بكميات كبيرة. وتعتمد تكلفة التصنيع بصورة كبيرة على تكاليف المواد الخام، إلا أن درجة هذا الاعتماد تتفاوت من مثبط لهب لآخر.

٩٦ - وفي ظل عدم وجود معايير محدثة للسلامة من الحرائق (أي معايير قائمة على الأداء) وتقنيات لا تتطلب إضافة مثبطات لهب كيميائية، فإن صناعة رغوة البوليستيرين ربما تحتاج إلى وقت لتتكيف مع مثبطات اللهب الجديدة. ولذلك فإن منح إعفاءات محدودة المدة لاستخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم في رغوات البوليستيرين سيخفف من التأثير الاقتصادي. ولكن على الرغم من ذلك فإن الضغوط من جانب المستهلكين والتشريعات الوطنية تدفع الصناعة بالفعل إلى التحول إلى مثبطات لهب أقل خطورةً (SWEREA 2010).

٩٧ - ووفقاً للمادة ٦ (١) (د) '٢'، فإنه يتعين التخلص من المنتجات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم (البوليستيرين المشكل بالتمديد وبالانبثاق والبوليستيرين الشديد التحمل) بطريقة تؤدي

إلى تدمير محتواها من الملوثات العضوية الثابتة أو إلى تحويله بصورة نهائية بحيث لا تُظهر هذه المنتجات خصائص الملوثات العضوية الثابتة أو أن يتم التخلص منها بطريقة سليمة من الناحية البيئية. ويمكن أن تكون الإدارة المتخصصة للنفايات والتخلص منها المتعلقة بالدوديكان الحلقي السداسي البروم (في المباني والمعدات) مكلفةً للبلدان النامية التي تستهلك الجزء الأكبر من هذه المادة على مستوى العالم. وتعتمد كمية النفايات التي تحتاج للإدارة على الزمن الذي يستغرقه التخلص التدريجي من الدوديكان الحلقي السداسي البروم. وفي الاتحاد الأوروبي تشير التقديرات إلى أنه تم استهلاك زهاء ١٧٠ ٠٠٠ طن من الدوديكان الحلقي السداسي البروم بين عامي ١٩٨٨ و ٢٠١٠، ويقدر أن تصل هذه الكمية بنهاية عام ٢٠١٧ (عند الأخذ في الاعتبار جميع التطبيقات المستخدمة) إلى زهاء ٢٣ مليون طن من النفايات المحتوية على هذه المادة^(٧). ومن هذه الكمية تم التخلص فقط من أقل من مليون طن من النفايات حتى نهاية عام ٢٠١٠، ومن المتوقع في عام ٢٠٥٠ أن تكون هناك أكثر من ٥٠٠٠ طن من الدوديكان الحلقي السداسي البروم يتعين التخلص منها في قطاع الإنشاءات والهدم في الاتحاد الأوروبي بصورة سنوية (EC 2011). ووفقاً لمعدل الاستخدام الحالي فإن ما مقداره ٤٣١ ١٠ طن من الدوديكان الحلقي السداسي البروم تدخل في كل عام في منتجات جديدة محتوية على مثبط للهيب في الاتحاد الأوروبي وتبلغ هذه الكمية ٢٨ ٠٠٠ طن على المستوى العالمي، وهي كميات ستتحول إلى نفايات في المستقبل. ووفقاً للإفادات المقدمة بموجب المرفق واو فإن البلدان النامية تمتلك معلومات عامة تقريباً عن كميات وتطبيقات الدوديكان الحلقي السداسي البروم المستورد ضمن المعدات.

٩٨- ويمكن أن تكون هناك حاجة لتدابير لخفض الانبعاثات مع استخدام أفضل الممارسات في إنتاج الدوديكان الحلقي السداسي البروم لإعفاءات محددة محتملة، واستخدام تلك التدابير في الإعفاءات لخفض الكميات المتسربة من الدوديكان الحلقي السداسي البروم إلى البيئة من هذه الاستخدامات. وتعتمد تكاليف برامج خفض الانبعاثات التي شرع في تنفيذها مصنعو الدوديكان الحلقي السداسي البروم والبوليستيرين في أوروبا بشكل كبير على عمليات الشركة (BSEF 2011).

٩٩- وفيما يخص الطلاءات الخلفية للمنسوجات والبوليستيرين الشديد التحمل فإن هناك العديد من البدائل المستخدمة بالفعل ما يشير إلى أن هذه البدائل مجدية من الناحية الاقتصادية. بيد أن مؤسسات صناعة الدوديكان الحلقي السداسي البروم تشكك في الجدوى الاقتصادية للنظم القابلة للانتفاخ. وفيما يخص الاتحاد الأوروبي، تشير التقديرات إلى أن إجمالي التكاليف الإضافية على مستوى الإنتاج لاستبدال الدوديكان الحلقي السداسي البروم في البوليستيرين المشكل بالتمديد في جميع المعدات الكهربائية والإلكترونية سيكون في المدى من ١-١٠ مليون يورو/السنة إذا تم استبدال الدوديكان الحلقي السداسي البروم بمثبطات لهب مبرومة أخرى، وفي المدى ٥-٢٥ مليون يورو/السنة إذا تم استبدال البوليستيرين الشديد التحمل/الدوديكان الحلقي السداسي البروم ببوليمرات تساهمية تحتوي على مثبطات لهب غير مهلجنة. وقد تنخفض التكاليف بمرور السنين نتيجةً لكبير حجم سوق البدائل (DEPA 2010).

١٠٠- وعند الحرق المتحكم فيه للنفايات، فإن تدابير الرقابة وتطبيق أفضل التقنيات المتاحة/أفضل الممارسات البيئية لمعالجة المنتجات الثانوية الأخرى الناتجة عن الحرق تؤدي أيضاً إلى خفض الانبعاثات

(٧) تفترض هذه التقديرات أن الاستهلاك سينخفض باستمرار بعد عام ٢٠١٣ وحتى عام ٢٠١٧ حيث سيبلغ صفرًا.

الثانوية للدوديكان الحلقي السداسي البروم والديوكسينات والفيورانات المبرومة. ولا ينطوي ذلك على أي تكاليف إضافية بالنسبة للمؤسسات الصناعية.

١٠١- وتعتبر الأسماك، خصوصاً الأسماك الدهنية الآكلة للحوم التي تتربح على قمة السلسلة الغذائية، مصدراً مهماً لتعرض الإنسان (Polder et al. 2008; Thomsen et al. 2003). ومن بين جميع العينات الغذائية أبلغ عن أعلى تركيزات من الدوديكان الحلقي السداسي البروم (حتى ٩،٤ نانوغم/غم من الوزن الرطب) في الأسماك (Allchin and Morris 2003; Remberger et al. 2004; Knutsen et al. 2008). وعليه فإن التخلص التدريجي من الدوديكان الحلقي السداسي البروم يمكن أن يكون له تأثير إيجابي على مصائد الأسماك والزراعة المائية كما أنه يمكن علاوةً على ذلك أن يعود عموماً بالفائدة على المستهلكين. إن مصائد الأسماك والزراعة المائية هما صناعة مهمة في جميع أنحاء العالم، وتلوث الأسماك قد يضر من الناحية الاقتصادية بهذه الصناعة.

٤-٤-٢ الانتقال نحو التنمية المستدامة

١٠٢- إن التحكم في المخاطر التي تشكلها المواد الكيميائية هو جزء مهم في العمل باتجاه مجتمع مستدام. وتسمح المعرفة الزائدة عن الحرائق بقدرة أفضل على اتخاذ القرارات لضمان مستوى عالي من الحماية من الحرائق ومن المواد الخطرة (KEMI 2006). إن التحول إلى مثبطات أكثر سلامة من الناحية البيئية أو إلى بدائل غير كيميائية (مواد بديلة/إعادة تصميم المنتج) هو نهج أكثر استدامة نظراً لأنه يشكل خطراً أقل على الصحة والبيئة. كما أن هذا التحول سيكون أيضاً أقل تكلفةً للمجتمع على المدى الطويل وسيؤدي إلى تطوير الاقتصاد الأخضر وتفاذي التكاليف المرتبطة بالمواد الكيميائية الخطرة (تكاليف إدارة النفايات، وتدهور الصحة، وتكلفة استصلاح المواقع الملوثة، الخ) وتنشيط القطاعات الصناعية بالإنتاج والاستخدام المستدامين. وهناك مبادرات مشتركة بين السلطات والصناعة للانتقال إلى استخدام أكثر استدامة لمثبطات اللهب. إن منظومة غرين فليم (Green Flame™) هي منظومة طوعية تجري تقيماً متزامناً للمنتجات فيما يتعلق بالبيئة والجودة الصحية مع عملها في مجال الحرائق (www.sp.se/en/index/services/greenflame). والمنظومة مفتوحة لجميع أنواع المنتجات باختلافها وستوفر حوافز للجهات المصنعة التي تصمم منتجات ذات أداء أفضل مقارنة بالمعايير التي تنطبق عليها. والقصد هو أن توفر هذه المنظومة ميزات تنافسية للشركات التي تمتلك الكفاءة والتصميم لتطوير منتجات استهلاكية تحدث تحسناً كبيراً للسلامة من الحرائق والجودة البيئية.

٥-٢ الاعتبارات الأخرى

١٠٣- عقدت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية شراكة من أصحاب مصلحة متعددين لاستكشاف البيانات المتعلقة بصحة الإنسان والبيانات البيئية لبدائل الدوديكان الحلقي السداسي البروم المحتملة والأكثر أماناً. علاوةً على ذلك، يقوم حالياً نظام المعلومات المتكاملة عن المخاطر (IRIS) التابع للوكالة بوضع استعراض لسمية الدوديكان الحلقي السداسي البروم.

<http://www.epa.gov/dfe/pubs/projects/hbcd/index.htm>
<http://www.epa.gov/iris/index.html>

١٠٤ - وقد مولت المفوضية الأوروبية مشروعاً جرت فيه دراسة حالة نموذجية متعلقة بخيارات استبدال مثبطات لهب مبرومة محددة. ورغم عدم تضمين الدوديكان الحلقي السداسي البروم فإن المشروع يهدف إلى تقديم مجموعة بيانات شاملة عن جدوى الإنتاج والتطبيق والسلامة البيئية وتقييم دورة مثبطات اللهب البديلة.

<http://www.enfiro.com/index.html>

١٠٥ - ويمكن الاطلاع على توصيف للإجراءات الطوعية من جانب المؤسسات الصناعية لخفض انبعاثات الدوديكان الحلقي السداسي البروم في أوروبا على الموقع الشبكي:
<http://www.bsef.com/our-substances/hbcd/voluntary-emissions-reduction-programme-vecap-and-secure> <http://www.vecap.info/>

١٠٦ - ويتم رصد مثبط اللهب المبروم، الدوديكان الحلقي السداسي البروم، في الأسماك وبيض الطيور وفي الجسيمات الدقيقة العالقة بين عامي ٢٠٠٧-٢٠١٦ على نطاق أوروبا من جانب فريق من معهد فرونفور للبيولوجيا الجزيئية وعلم البيئة التطبيقي وجامعة تراير وجامعة برلين الحرة. ويرعى هذا المشروع "الفريق العامل الصناعي المعني بالدوديكان الحلقي السداسي البروم"، وهو فريق قطاعي تابع للمجلس الأوروبي للصناعة الكيميائية (CEFIC)
http://www.ime.fraunhofer.de/fhg/Images/summary_environmental_HBCD_monitoring_in_Europe_an_fish_new_tcm279-177322.pdf

١٠٧ - وتتوفر معلومات رصد الدوديكان الحلقي السداسي البروم من أوروبا وأمريكا الشمالية وآسيا. ولتابعة فعالية الإجراءات المحتملة يتعين إضافة هذه المادة إلى أنشطة رصد الملوثات العضوية الثابتة الجارية حالياً.

٣ - توليد المعلومات

٣-١ موجز المعلومات عن موجز المخاطر

١٠٨ - مثبط اللهب المبروم، الدوديكان الحلقي السداسي البروم، المتوفر تجارياً هو مركب محب للدهون وله إلفة عالية للجسيمات الدقيقة العالقة ودرجة ذوبان منخفضة في الماء. واعتماداً على الجهة المصنعة وطريقة الإنتاج المستخدمة يتكون الدوديكان الحلقي السداسي البروم التقني من ٧٠ - ٩٥٪ دوديكان حلقي سداسي البروم - غاما و٣ - ٣٠٪ دوديكان حلقي سداسي البروم - ألفا وبيتا.

١٠٩ - أما في الكائنات الحية فقد وجد أنه يتركز ويتراكم ويتضخم بيولوجياً في المستويات الغذائية العليا. ووجد أن هناك تركيزات عالية منه في أوروبا واليابان وفي المياه الساحلية جنوب الصين، بالقرب من مواقع إنتاجه أو مواقع تصنيع المنتجات المحتوية عليه ومواقع التخلص من نفاياته، ولا سيما تلك المواقع التي تشمل العمليات فيها على إعادة التدوير أو دفن القمامة أو الحرق.

١١٠ - ويقاوم الدوديكان الحلقي السداسي البروم التحلل في الهواء وينتقل لمسافات بعيدة. وقد وجد أن هذه المادة منتشرة بشكل واسع النطاق في مناطق نائية كالمنطقة القطبية الشمالية حيث بلغت تركيزاته مستويات عالية في الغلاف الجوي والمفتريات العليا.

١١١ - وهناك مخاطر من حدوث تأثيرات ضارة في الثدييات البحرية والأسماك بالقرب من المصادر الثابتة وفي المناطق ذات المستويات الأساسية المرتفعة. وقد تجاوزت مستويات التركيز المقيسة في الكائنات الحية التركيز غير المؤثر المتوقع المحدث للآثار الثانوية وقدره ٥ ملغم/كغم من الوزن الرطب وفق تقييم المخاطر الخاص بهذه المادة والذي أجراه الاتحاد الأوروبي (European Commission 2008). أما المستويات في الطيور بالمناطق الأوروبية، التي بها مستويات أساسية مرتفعة من هذه المادة أو بالقرب من المصادر المحلية الثابتة، فقد خُصص إلى أنها قريبة من مستويات العتبة المحدثة للآثار الضارة.

١١٢ - وتشير البيانات المستقاة من الدراسات المخبرية لطائر السلوى الياباني وطيور العاسوق الأمريكية إلى أن الدوديكان الحلقي السداسي البروم الموجود بجرعات مواتية في البيئة يمكن أن يؤدي إلى ترقيق قشرة البيض وخفض إنتاجه وتدنّي نوعيته وانخفاض اللياقة البدنية للفراخ الصغيرة. والدوديكان الحلقي السداسي البروم هو أيضاً مادة سامة جداً للأحياء المائية. أما في الثدييات فقد أظهرت الدراسات حدوث تأثيرات على الإنجاب والنمو والسلوك. وقد أدى التقدم المحرز حديثاً في مجال معرفة السمية الناتجة عن هذا المركب، إلى فهم أفضل لقدرته على التداخل مع المحور الهايپوثالامي النخامي الدرقي، وقدرته المحتملة على إعاقة النمو الطبيعي والتأثير على الجهاز العصبي المركزي.

١١٣ - وتشير الدراسات المتاحة إلى أن الدوديكان الحلقي السداسي البروم يُمتص بشكل جيد من القناة المعدية المعوية للجرذان. أما في الإنسان فتوجد هذه المادة في الدم والبلازما والأنسجة الدهنية. وتشير بيانات حليب الأم البشرية المأخوذة بدايةً من سبعينات القرن الماضي وحتى عام ٢٠٠٠ أن مستويات هذه المادة ارتفعت خلال تلك الفترة. وتعكس مستويات هذه المادة في حليب الأم البشرية استهلاك السوق لها.

موجز المعلومات عن تقييم إدارة المخاطر

٢-٣

١١٤ - ينتج الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الصين وأوروبا واليابان والولايات المتحدة. ويبلغ الإنتاج السنوي المعروف حالياً ٢٨ ٠٠٠ طن في العام تقريباً. ويستخدم القسم الأكبر من حجم هذه المادة في السوق، في أوروبا والصين.

١١٥ - وقد ظل الدوديكان الحلقي السداسي البروم مطروحاً في أسواق العالم منذ ستينات القرن الماضي. وتستخدم هذه المادة كمادة مضافة مثبطة للهب بهدف تأخير الاشتعال وإبطاء الزيادة اللاحقة في الحريق خلال فترة خدمة المركبات أو المباني أو الأدوات، وكذلك أثناء تخزين المواد. والاستخدامات الرئيسية للدوديكان الحلقي السداسي البروم على المستوى العالمي هي في مجال العزل برغوة البوليستيرين المشكل بالتمديد (EPS) والبوليستيرين المشكل بالانثاق (XPS) المحتوية على مثبطات للهب وفي مجال البناء، أما استخدام هذه المادة في تطبيقات المنسوجات وفي الأجهزة الكهربائية والإلكترونية (البوليستيرين الشديد التحمل "HIPS") فهو استخدام ضيق النطاق. وفي المنسوجات، يستخدم الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الطلاءات الخلفية المستخدمة في تجيد الأثاث وفي المنسوجات الداخلية الأخرى، بما في ذلك التطبيقات الخاصة بالسيارات.

١١٦- وقد حظرت الكثير من البلدان استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم بالفعل أو انخرطت في تقييم مخاطره. ويتوفر عدد من مثبطات اللهب البديلة للدوديكان الحلقي السداسي البروم في البوليستيرين الشديد التحمل والطلاءات الخلفية للمنسوجات. وفيما يتعلق بالبوليستيرين المشكل بالتمديد/الانبثاق، أعلن عن بديل كيميائي لهاتين المادتين في عام ٢٠١١ تحت اسم Emerald 3000، ويتوقع أن يبدأ إنتاجه تجارياً في عام ٢٠١٢. بيد أن من المتوقع أن تحتاج الصناعة عامّةً إلى سنوات عديدة للتحويل إلى استخدام مثبط لهب بديل، حيث ستكون عمليات الإنتاج والمنتجات بحاجة إلى الترشيد مع الحاجة إلى الحصول على شهادات جديدة للمنتجات عبر قطاع صناعي كبير.

١١٧- وهناك حاجة في بعض البلدان لمواد عزل محتوية على مثبط للهب بسبب المتطلبات القطرية للسلامة من الحرائق. وقد تم في بعض البلدان التخلص تدريجياً بالفعل بصورة ناجحة من الدوديكان الحلقي السداسي البروم. وفي هذه البلدان لا تقضي لوائح السلامة من الحرائق بالمعالجة بمثبطات اللهب حيث يتم الوصول إلى نفس مستوى السلامة من الحرائق باستخدام بدائل أخرى مجدية من الناحية التقنية ومتوفرة تجارياً.

١١٨- وتتوفر أيضاً بدائل مجدية تقنياً ومتوفرة تجارياً للمواد المختلفة المطروحة في الأسواق والتي يستخدم فيها الدوديكان الحلقي السداسي البروم. وتشمل هذه البدائل استبدال مثبط اللهب واستبدال الراتنج/المادة وإعادة تصميم المنتج.

١١٩- ويمكن أن يتسرب الدوديكان الحلقي السداسي البروم إلى الهواء والماء والتربة خلال جميع مراحل دورته، وأثناء الإنتاج والتصنيع أو المعالجة أو النقل أو الاستخدام أو المناولة أو التخزين أو الاحتواء، وعند التخلص من هذه المادة أو من المنتجات المحتوية عليها. ويمكن أن تحدث التسربات من مصادر ثابتة أو من كميات متسربة منتشرة من استخدام المنتج المصنع. وتشير التقديرات إلى أن تسربات هذه المادة إلى البيئة أثناء التصنيع والتركيب ومن المنتجات أثناء الاستخدام النهائي لها، هي تسربات قليلة في الاتحاد الأوروبي. وتحدث أغلب تسربات هذه المادة إلى مياه الفضلات والمياه السطحية أثناء الاستخدام النهائي من طلاءات المنسوجات. بيد أن تقديرات التسرب أثناء استخدام المستهلكين لهذه المادة هي تقديرات غير مؤكدة إلى حد كبير.

١٢٠- وتثير النفايات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم القلق نظراً لأن الكميات المتزايدة من النفايات المحتوية على هذه المادة في مدافن القمامة والمواضع الأخرى يمكن أن تكون على المدى البعيد مصدراً لانبعاثات المادة إلى البيئة. أما إذا أدرجت هذه المادة في الاتفاقية فإن المخزونات والنفايات المحتوية عليها ستكون خاضعة لأحكام المادة ٦ وستعين إدارتها بطريقة سليمة بيئياً. وتشمل نفايات الدوديكان الحلقي السداسي البروم نفايات الإنتاج ونفايات ألواح العزل ونفايات المباني والصيانة والنفايات من تطبيقات أقل شيوعاً نحو المنتجات الكهربائية والإلكترونية والمنسوجات. وتثير عملية إعادة نمذجة المباني وهدمها القلق من أن مواد البناء المركبة المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم ستستمر في إطلاق انبعاثاتها في المستقبل ما لم تتم إدارتها على نحو ملائم من جانب الأجيال القادمة. وستزداد كمية المواد التي ستصبح نفايات في المستقبل بسبب استمرار استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الوقت الحالي.

١٢١- ويعاد تدوير المنتجات والأدوات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم في العادة عندما تصبح نفايات، وهذا يمكن أن يؤدي إلى تلويث المنتجات بهذه المادة وسيكون من الصعب تحديد هذا التلوث. أما في البلدان النامية فغالباً ما يعاد تدوير الأجهزة الكهربائية والإلكترونية المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم وعلى مواد سامة أخرى في ظروف ينتج عنها تسرب كميات أكبر نسبياً من هذه المادة إلى البيئة وتلويث المواقع (Zhang et al. 2009) وتعرض العمال (Tue et al. 2010). وعادةً ما ترمي الأدوات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم والنفايات الإلكترونية في مواقع الحرق ومواقع القمامة المفتوحة (Malarvannan et al. 2009, Polder et al 2008).

١٢٢- وأحد الطرق للتخلص من النفايات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم هو الحرق المتحكم فيه. أما في حالة الحرائق غير المتحكم فيها (الحرائق العرضية) وعند الحرق المشترك في درجات حرارة منخفضة أو الحرق في أفران لا تعمل بصورة جيدة فإن هناك إمكانية لتكون الديوكسينات المتعددة البروم والفيورانات المتعددة البروم (ECHA 2009). والشكل الأكثر شيوعاً في الوقت الحالي للتخلص من النفايات في الكثير من البلدان هو دفن القمامة الذي يؤدي إلى تراكم النفايات المحتوية على الدوديكان الحلقي السداسي البروم في مدافن القمامة.

التدابير المقترحة لإدارة المخاطر

٣-٣

١٢٣- يتمثل التدبير الرقابي في إدراج الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الاتفاقية. ويمكن، للسماح باستخدامات حرجة معينة محدودة المدة لهذه المادة، منح إعفاءات محددة لاستخدامها في إنتاج البوليسترين المشكل بالتمديد/الانثاق مع توصيف شروط الإنتاج وشروط هذه الاستخدامات. وسيسفر الإدراج عن إنهاء استخدام الدوديكان الحلقي السداسي البروم فعلياً كمثبط للهب في تطبيقات المنسوجات العالية الانبعاثات وفي البوليسترين الشديد التحمل وهما استخدامان تتوفر لهما بدائل واسعة الانتشار، وفي البوليسترين المشكل بالتمديد/الانثاق حينما يبدأ إدخال بدائل كيميائية سهلة الإحلال. وفيما يتعلق بالبدائل الكيميائية للبوليسترين المشكل بالتمديد/الانثاق والمثبط للهب، لا تزال هناك حاجة واضحة لمزيد من الوقت لإجراء الاختبارات والتحقق والتوصيف والإنتاج وتعديل قدرات الإنتاج، والتسويق، على نحو يتيح انتقالاً سلساً. وسيحتاج الأمر بالتالي إلى عدة سنوات قبل أن تتوافر كمية كافية تجارياً من بدائل الدوديكان الحلقي السداسي البروم لتغطية احتياجات السوق.

١٢٤- إن إدراج الدوديكان الحلقي السداسي البروم في الاتفاقية سيكون متسقاً مع خواص الملوثات العضوية الثابتة التي تتميز بها هذه المادة المنتجة عن عمد وسيرسل إشارة واضحة مفادها أن إنتاج واستخدام هذه المادة يجب أن يتم التخلص منها بالتدريج. بيد أن هذا الإدراج قد تكون له تأثيرات على البلدان في ضوء الاستخدامات الحالية التي يتعين أن تُدخل إليها تدريجياً مواد أو طرق بديلة

١٢٥- وتخضع المخزونات والنفايات المحتوية على هذه المادة لأحكام المادة ٦.

٤ - البيان الختامي

١٢٦ - إن لجنة استعراض الملوثات العضوية الثابتة، وقد قررت أن الدوديكان الحلقي السداسي البروم يسبب على الأرجح تأثيرات ضارة كبيرة بصحة الإنسان و/أو البيئة، نتيجةً لانتقاله البيئي البعيد المدى، بما يبرر اتخاذ إجراء عالمي بشأنه.

١٢٧ - وقد أعدت تقييم إدارة المخاطر ونظرت في خيارات الإدارة.

١٢٨ - فإنها توصي، وفقاً للفقرة ٩ من المادة ٨ من الاتفاقية، مؤتمر الأطراف في اتفاقية ستكهولم بأن ينظر في إدراج الدوديكان الحلقي السداسي البروم^(٨) في الاتفاقية.

(٨) يعني "الدوديكان الحلقي السداسي البروم" الدوديكان الحلقي السداسي البروم (الرقم في سجل دائرة المستخلصات الكيميائية: 25637-99-4) و١٠،١٢،٥،٦،٩ - الدوديكان الحلقي السداسي البروم (الرقم في سجل دائرة المستخلصات الكيميائية: 3194-55-6) وآيزوميراته الفراغية غير المرآوية الرئيسية، وهي: الدوديكان الحلقي السداسي البروم - ألفا (الرقم في سجل دائرة المستخلصات الكيميائية: 134237-50-6) والدوديكان الحلقي السداسي البروم - بيتا (الرقم في سجل دائرة المستخلصات الكيميائية: 134237-51-7) والدوديكان الحلقي السداسي البروم - غاما (الرقم في سجل دائرة المستخلصات الكيميائية: 134237-52-8).

المراجع

يمكن استعراض نماذج تقديم المعلومات المحددة في المرفق واو من الاتفاقية عملاً بالمادة ٨ من اتفاقية استكهولم، على موقع اتفاقية استكهولم على الإنترنت: www.pops.int/porpc

- Brazil 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Burundi 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Canada 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Colombia 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, March 2011.
- China 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Costa Rica 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Czech Republic 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Ecuador 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Finland 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Germany 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Japan 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, March 2011.
- Nigeria 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Norway 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Mauritius 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Romania 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Sweden 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- [BSEF] 2011. Bromine Science and Environmental Forum (BSEF). Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- PlasticsEurope/Exiba 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- Instituto do Meio Ambiente (IMA) Brazil 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- [XPSA/CPIA] Extruded Polystyrene Foam Association (XPSA) and Canadian Plastics Industry Association (CPIA). Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.
- [IPEN] International POPs Elimination Network 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention, January 2011.

- [Aabye, R, Frydenlund, T.E.] 40 years of experience with the use of EPS Geofoam blocks in road construction. Presentation by Norwegian Public Road Administration and Geo Con at 4th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications. Lillestrøm, 6 –8 June 2011.
- Abdallah MA, Harrad S. Personal exposure to HBCDs and its degradation products via ingestion of indoor dust. *Environ Int.* 2009;35(6):870-6.
- Abdallah MA, Harrad S, Covaci A. Hexabromocyclododecanes and tetrabromobisphenol- A in indoor air and dust in Birmingham, U.K: implications for human exposure. *Environ Sci Technol.* 2008a;42(18):6855-61.
- Abdallah MAE, Harrad S, Ibarra C, Diamond M, Melymuk L, Robson M, Covaci A. Hexabromocyclododecanes in indoor dust from Canada, the United Kingdom, and the United States. *Environ Sci Technol.* 2008b;42(2):459-64
- Allchin CR, Morris S. Hexabromocyclododecane (HBCD) diastereoisomers and brominated diphenyl ether congener (BDE) residues in edible fish from the rivers Skerne and Tees, U.K. *Organohalogen Compd.* 2003, 61, 41-44.
- [APME] Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME), European Extruded Polystyrene Insulation Board Association (Exiba), European Isocyanate Producers Association (Isopa) (*no date*). Co-combustion of Building Insulation Foams with Municipal Solid Waste. Summary report. Authors: Vehlow, J., Mark, F.E. 4 p.
- [ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2004. Synthetic vitreous fibers. Division of Toxicology ToxFAQs. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts161.pdf>
- [BASF] 2011. BASF supports new polymeric flame retardant. Press release 5 April 2011. 3 p. <http://www.basf.com/group/pressrelease/P-11-230>
- [BFR] 2010. Brominated Flame Retardants in Products: Results of the Swiss Market Survey 2008. Authors: Bantelmann, E., Ammann, A., Näf, U., Tremp, J. Abstract at BFR 2010 conference. 4 p.
- [BFRIP] Brominated Flame Retardant Industry Panel 2005. HPV Data Summary and Test Plan for Hexabromocyclododecane (HBCD). CAS No.3194556. <http://www.epa.gov/hpv/pubs/summaries/cyclodod/c13459rt.pdf>
- [BSEF] Bromine Science and Environmental Forum. About Hexabromocyclododecane (HBCD). 2006. <http://www.bsef.com/our-substances/hbcd/about-hbcd/> (accessed January 2008).
- [BSEF] Bromine Science and Environmental Forum. About Hexabromocyclododecane (HBCD). 2010. <http://www.bsef.com/our-substances/hbcd/about-hbcd/> (accessed June 2010).
- [BUWAL] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft 2004. Bromierte Flammschutzmittel in Kunststoffprodukten des Schweizer Marktes. Authors: Kuhn, E., Arnet, R., Känzig, A. and Frey, T. 53 p.
- [CEFIC/EFRA] European Chemical Industry Council. European Flame Retardants Association 2006. Flame Retardants Fact Sheet. Hexabromocyclododecane (HBCD). 3 p. <http://www.cefic-efra.com/Objects/2/Files/HBCDFactsheet.pdf>
- [CEFIC/EFRA] European Chemical Industry Council. European Flame Retardants Association. Flame Retardants Fact Sheet. Ammonium Polyphosphate (APP). 4 p. <http://www.cefic-efra.com/Objects/2/Files/APPFactSheet.pdf>
- [DEPA] Danish Environmental Protection Agency 2010. Inclusion of HBCDD, DEHP, BBP, DBP and additive use of TBBPA in annex IV of the Commission's recast proposal of the RoHS Directive, COWI A/S. Danish Ministry of Environment, Environmental Project No. 13172010. Authors Maag J, Brandt K, Mikkelsen S, Lassen C. 87 p.
- [DIOXIN] 2010a. PBDEs and their replacements: Does the benefit justify the harm? *Dioxin* 2010, 1-6. Authors: Blum, A., Shaw, S. & Birnbaum, L.

[DIOXIN] 2010b. PBDE, HBCD and other non-PBDE flame retardants in car dust sampled in the Czech Republic in 2009. Dioxin 2010. Authors: Stavelova M, Kalachova K, Pulkrabova J, Hradkova P, Kovar M, Demnerova K, Hajslova J.

Desmet K, Schelfaut M, Sandra P. 2005. Determination of bromophenols as dioxin precursors in combustion gases of fire retarded extruded polystyrene by sorptive sampling-capillary gas chromatography-mass spectrometry. J Chromatogr., A 1071(1 2):125–129.

[DOW] DOW Chemicals 2011. Dow Announces Development of a New Polymeric Flame Retardant Technology for Polystyrene Foam Building Insulation Products. Press release 29 March, 2011. Available at <http://www.dow.com/news/corporate/2011/20110329b.htm>

Dumler R, Thoma H, Lenoir D, Hutzinger O. 1989. PBDF and PBDD from the combustion of bromine containing flame retarded polymers: a survey. Chemosphere 19(12):2023–2031.

[EC] European Commission 2002. Risk Assessment Report Volume 17 Bis(Pentabromophenyl)Ether CAS No: 1163-19-5 EINECS No: 214-604-9 Luxembourg Office for Official Publications of the European Communities. 294 p. http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/existing-chemicals/risk_assessment/REPORT/decabromodiphenyletherreport013.pdf

[EC] European Commission. Risk assessment hexabromocyclododecane, CAS-No.: 25637-99-4, EINECS No.: 247-148-4, Final Report May 2008. 492 pp. http://ecb.jrc.ec.europa.eu/documents/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/hbccdreport044.pdf

[EC] European Commission. Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs. FINAL REPORT 25 March 2011 (Update 13 April 2011). 841 p. http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/POP_Waste_2011.pdf

[ECB] European Chemicals Bureau 2008. TRIS(2-CHLORO-1-METHYLETHYL) PHOSPHATE (TCPP). CAS No: 13674-84-5; EINECS No: 237-158-7; Summary Risk Assessment Report. Ireland (lead) and United Kingdom. 20 p. <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/risk-assessment/SUMMARY/tcppsum425.pdf>

[ECHA] (European Chemicals Agency) 2008. Member state committee support document for identification of hexabromocyclododecane and all major diastereoisomers as a substance of very high concern. 43 pp. Available at: http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp

[ECHA] European Chemicals Agency 2009. Data on Manufacture, Import, Export Uses and Releases of HBCDD as well as Information on Potential Alternatives to Its Use. December 1, 2009. http://echa.europa.eu/doc/consultations/recommendations/tech_reports/tech_rep_hbccd.pdf

[EHP] San Antonio statement on brominated and chlorinated flame retardants, Environ Health Perspect 118:516 – 518 (2010). Authors: DiGangi J, Blum A, Bergman A, de Wit CA, Lucas D, Mortimer D, Schecter A, Scheringer M, Shaw SD, Webster TF (2010)

[EMPA] Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology 2010. RoHS substances in mixed plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment. Final Report September 17, 2010. Authors: Wäger, P., Schlupe, M. and Müller, E. 99 p.

[Environment Canada]. Draft Screening Assessment Cyclododecane, 1,2,5,6,9,10-hexabromo-Chemical Abstracts Service Registry Number 3194-55-6. Environment Canada. Health Canada. August 2010a. 114 p.

[Environment Canada]. Risk Management Scope for Cyclododecane, 1,2,5,6,9,10 – hexabromo-(Hexabromocyclododecane; HBCD). Environment Canada. Health Canada. August 2010b. 12 p.

[EPS 2011] 4th International Conference on Geofoam Blocks in Construction Applications. http://www.tekna.no/portal/page/portal/tekna/event?p_kp_id=20775&p_backurl=http://www.tekna.no/portal/page/portal/tekna/event&p_action=PREVIEW

[EUMEPS] European Manufacturers of Expanded Polystyrene 2002. Building a Better Environment with EPS. <http://www.eumeps.org/show.php?ID=4469&psid=xwctaave> (Accessed May 2011). 6 p.

[EUMEPS] European Manufacturers of Expanded Polystyrene 2011. Fire Safe Construction with EPS. <http://www.eumeps.org/show.php?ID=4530&psid=xwctaave> (Accessed May 2011). 18 p.

[Geopartner] GEO Partner AG Resource Management 2007. Dynamic Substance Flow Analysis Model for Selected Brominated Flame Retardants as a Base for Decision Making on Risk Reduction Measures (FABRO). Final report. Authors: Morf, L., Buser, A., Taverna, R. 165 p.

Goosey E, Abdallah M, Harrad S. Dust from Primary School and Nursery Classrooms in the UK: Its Significance as a Pathway of Exposure for Young Children to PFOS, PFOA, HBCDs and TBBP-A. *Organohalogen Compd.* 2008; 70: 855-858.

[Halogenated flame retardants] 2010. Do the fire safety benefits justify the risks? Authors: Shaw SD, Blum A, Weber R, Kurunthachalam K, Rich D, Lucas D, Koshland CP, Dobraca D, Hanson S, Birnbaum L. *Reviews on Environ Health* 25:261 - 305

Harrad, S. & Abou-Elwafa Abdallah, M. Brominated flame retardants in dust from UK cars-within-vehicle spatial variability, evidence for degradation and exposure implications. *Chemosphere* 2011;82(9):1240-5

[HBCD Industry Working Group]. Update on research programmes on alternatives to HBCD for polystyrene insulation foams. Submission to ECHA public consultation (2009) and to UNECE (February 2010) 7 p.

Heeb NV, Schweizer WB, Kohler M and Gerecke AC. Structure elucidation of hexabromocyclododecanes - a class of compounds with a complex stereochemistry. *Chemosphere* 2005; 61: 65-73.

Heeb NV, Schweizer WB, and Lienemann P. Thermally-induced transformation of hexabromocyclododecane and isobutoxypenta bromocyclododecanes in flame-proofed polystyrene materials. *Chemosphere* 2010; 80(7):701-708.

[HSDB] Hazardous Substances Data Bank. Comprehensive, peer-reviewed toxicology data for about 5,000 chemicals. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> Accessed in June 2011.

[INE-SEMARNAT] Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Las sustancias tóxicas persistentes en Mexico. Report. Authors: Bremauntz AF, Yarto Ramírez MY, Díaz JC. 2004, 261 pp.

Kajiwara N, Sueoka M, Ohiwa T, Takigami H. Determination of flame-retardant hexabromocyclododecane diastereomers in textiles. *Chemosphere.* 2009;74(11):1485-9.

[KEMI] Swedish Chemicals Agency 2006. Survey and technical assessment of alternatives to TBBPA and HBCDD. Author: Posner, S. 43 p. http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/PM/PM1_06.pdf

[KEMI] Swedish Chemicals Agency 2008. Proposal for Harmonised Classification and Labelling Based on the CLP Regulation (EC) No 1272/2008, Annex VI, Part 2. Substance Name: Hexabromocyclododecan. Dossier submitted to the European Commission 2009; 49 pp.

[KLIF] Climate and Pollution Agency in Norway 2011a. Exploration of management options for Hexabromocyclododecane (HBCD). 18 August 2010 (updated version). Author: Posner, S., Säll, L. 45 p. <http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2011/Mai/Report-to-the-8th-meeting-of-the-UNECE-Task-Force-on-Persistent-Organic-Pollutants-Montreal-18-20-May-2010-updated-18-August-2010/>

[KLIF] Climate and Pollution Agency in Norway. 2011b. Assessment of the consumption of HBCDD in EPS and XPS in conjunction with national fire requirements. Authors: Posner, S., Blomqvist, P., Simonson McNamee, M., Thureson, P. 75 p. <http://www.klif.no/no/Publikasjoner/Publikasjoner/2011/Mai/Assessment-of-the-consumption-of-HBCDD-in-EPS-and-XPS-in-conjunction-with-national-fire-requirements/>

[KLIF] Climate and pollution agency in Norway 2011c. Alternatives to the use of flame retarded EPS in buildings. A report by COWI AS Denmark. Authors: Lassen, C., Maag, J., Hoiby, L., Vesterlykke, M., Lundegaard, T. 97 p.

Knutsen HK, Kvaalem HE, Thomsen C, Frøshaug M, Haugen M, Becher G, Alexander J, Meltzer HM. Dietary exposure to brominated flame retardants correlates with male blood levels in a selected group of Norwegians with a wide range of seafood consumption. *Mol Nutr Food Res.* 2008;52(2):217-27.

- Leung, A.O.W., Chan, J.K.Y., Hua Xing, G., Xu, Y., Chun Wu, S., Wong, C.K.C, Leung, C.K.M., Wong, M.H, Body burdens of polybrominated diphenyl ethers in childbearing-aged women at an intensive electronic-waste recycling site in China. *Environ Sci Pollut Res* (2010) 17:1300–1313
- [LCSP] Lowell Center For Sustainable Production. An Overview of Alternatives to Tetrabromobisphenol A (TBBPA) and Hexabromocyclododecane (HBCD). Report prepared for The Jennifer Altman Foundation. University of Massachusetts , 2006. Author: Morose G. 32 pp.
- Managaki S, Miyake Y, Yokoyama Y, Hondo H, Masunaga S, Nakai S, Kobayashi T, Kameya T, Kimura A, Nakarai T, Oka Y, Otani H and Miyake A. Emission load of hexabromocyclododecane in Japan based on the substance flow analysis. 2009.
http://risk.kan.ynu.ac.jp/publish/managaki/managaki200908_1.pdf
- Malarvannan, G., Kunisue, T., Isobe, T., Sudaryanto, A., Takahashi, S., Prudente, M., Subramanian, A. & Tanabe, S. 2009. Organohalogen compounds in human breast milk from mothers living in Payatas and Malate, the Philippines: levels, accumulation kinetics and infant health risk. *Environ Pollut*, 157, 1924-32.
- Miyake Y, Managaki S, Yokoyama Y, Nakai S, Kataoka T, Nagasawa E, Shimojima M, Masunaga S, Hondo H, Kobayashi T, Kameya T, Kimura A, Nakarai T, Oka Y, Otani H and Miyake A. Exposure to hexabromocyclododecane (HBCD) emitted into indoor air by drawing flameretarded curtain. http://risk.kan.ynu.ac.jp/publish/masunaga/masunaga200908_3.pdf
- Morf L, Buser A, Taverna R, Bader HP, Scheidegger R. Dynamic substance flow analysis as a valuable tool - a case study for brominated flame retardants as an example of potential endocrine disruptors. 2008: 62(5):424-431
- [NCM] Nordic Council of Ministers 2004. Emission measurements during incineration of waste containing bromine TemaNord. Nordic Council of Ministers 2004:529 0903-7004 Corporate Author: Nordic Council of Ministers. 55 p.
- [NCM] Nordic Council of Ministers 2008. Hexabromocyclododecane as a possible global POP. Nordic Chemicals Group and Nordic Council of Ministers, Author: Peltola-Thies J. 2008, 91 pp. <http://www.norden.org/en/publications/publications/2008-520>
- [OECD] Organization for Economic Co-operation and Development. SIDS Initial Assessment Profile for Cas. No. 25637-99-4, 3194-55-6, Hexabromocyclododecane (HBCDD). SIAM 24, 19-20 April 2007. Available from: <http://webnet.oecd.org/Hpv/UI/handler.axd?id=ea58ac11-e090-4b24-b281-200ae351686c>
- Polder, A., Venter, B., Skaare, J. U. & Bouwman, H. 2008. Polybrominated diphenyl ethers and HBCD in bird eggs of South Africa. *Chemosphere*, 73, 148-154.
- [RAC] Committee for Risk Assessment RAC. Opinion proposing harmonised classification and labeling at Community level of hexabromocyclododecane (HBCDD). European Chemicals Agency (ECHA), 2010
- [RAC] Committee for Risk Assessment RAC. Annex 1. Background Document to the Opinion proposing harmonized classification and labelling at Community level of Hexabromocyclododecane (HBCDD). European Chemicals Agency (ECHA), 2010.
- Remberger M, Sternbeck J, Palm A, Kaj L, Strömberg K, Brorström-Lundén E. The environmental occurrence of hexabromocyclododecane in Sweden. *Chemosphere*. 2004;54(1):9-21
- Shuler D, Jager J (2004) Formation of chlorinated and brominated dioxins and other organohalogen compounds at the pilot incineration plant VERONA, *Chemosphere* 54:49 – 59
- Stapleton HM, Allen JG, Kelly SM, Konstantinov A, Klosterhaus S, Watkins D, McClean MD, Webster TF. Alternate and new brominated flame retardants detected in U.S. house dust. *Environ Sci Technol*. 2008;42(18):6910-6.
- [Stec A & Hull R.] Fire toxicity. Woodhead publishing Limited, Oxford. 728 p. ISBN 1 84569 502 X
- Stuart H, Ibarra C, Abdallah MA, Boon R, Neels H, Covaci A. Concentrations of brominated flame retardants in dust from United Kingdom cars, homes, and offices: Causes of variability and implications for human exposure. *Environ Int*. 2008;34(8):1170-5.

- [SWEREA] Exploration of management options for HBCDD. Report. Authors: Posner S, Roos S, Olsson E. 2010. 84 pp.
- Takigami H, Suzuki G, Hirai Y, Ishikawa Y, Sunami M, Sakai S. Flame retardants in indoor dust and air of a hotel in Japan. *Environ Int.* 2009a;35(4):688-93.
- Takigami H, Suzuki G, Hirai Y, Sakai S. Brominated flame retardants and other polyhalogenated compounds in indoor air and dust from two houses in Japan. *Chemosphere.* 2009b ;76(2):270-7.
- Thomsen C, Frøshaug M, Leknes H and Becher G. Brominated flame retardants in breast milk from Norway. *Organohalogen compounds* 2003; 64:
- Tue, N. M., Sudaryanto, A., Tu, B. M., Isobe, T., Takahashi, S., Pham H. V. & Tanabe, S. 2010. Accumulation of polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants in breast milk from women living in Vietnamese e-waste recycling sites. *Science of The Total Environment*, 408, 2155-2162.
- [USDOE] US Department of Energy. Insulation and Air Sealing. Accessed June 2011. http://www.energysavers.gov/your_home/insulation_airsealing/index.cfm/mytopic=11510
- [US EPA] US Environmental Protection Agency. Initial Risk-Based Prioritization of High Production Volume Chemicals. Chemical/Category: Hexabromocyclododecane (HBCD). Risk-Based Prioritization Document 3/18/2008
- [US EPA] US Environmental Protection Agency. Hexabromocyclododecane (HBCD) Action Plan. 12 p. http://www.epa.gov/oppt/existingchemicals/pubs/actionplans/RIN2070-AZ10_HBCD%20action%20plan_Final_2010-08-09.pdf
- [VECAP] Voluntary Emissions Control Action Programme 2011. Annual Progress Report 2010. European Flame Retardants Association (EFRA), the Bromine Science and Environmental Forum (BSEF). 22 p. www.vecap.info
- [VISTA] Vista Analyse AS. Kostnader og konsekvenser av utfasing av stoffer og stoffgrupper m.v. Vista Analyse Rapport 2010/09. Author: Skjelvik, J.M.. 42 p. <http://www.miljogift.no/Portals/0/Sluttrapport%20-%20Kostnader%20og%20konsekvenser%20av%20utvalgte%20tiltak.pdf>
- [Vogdt] F.U. Planung, Konstruktion, Ausführung, Kapitel 15: Umwelt und Gesundheit. Kalksandstein – Umwelt und Gesundheit. Januar 2009.
- Weber R, Kuch B. 2003. Relevance of BFRs and thermal conditions on the formation pathways of brominated and brominated-chlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans. *Environment International* 29: 699 -710.
- Weil E.D., Levchik, S.V.. Flame Retardants in Commercial Use or Development for Textiles. *Journal of Fire Sciences* May 2008 vol. 26 no. 3 243-281
- Weil E.D., Levchik, S.V.. Flame Retardants for Plastics and Textiles. Practical Applications. Hanser Publications. Munich. 2009. ISBN 978-1-56990-454-1. 297 p.
- Zhang, X. L., Yang, F. X., Luo, C. H., Wen, S., Zhang, X. & Xu, Y. 2009. Bioaccumulative characteristics of hexabromocyclododecanes in freshwater species from an electronic waste recycling area in China. *Chemosphere*, 76, 1572-1578.
-