

## المستويات المرتفعة من PCDD/Fs بالقرب من المواقع التي تحتوي ملوثات عضوية ثابتة تُظهر الحاجة إلى مراجعة المستويات الحالية

Petrlik J<sup>1,2</sup>, Katima JHY<sup>3</sup>, Bell L<sup>1,4</sup>, Behnisch PA<sup>5</sup>, Wangkiat A<sup>6</sup>

<sup>1</sup>IPEN, Göteborg, Sweden; <sup>2</sup>Arnika, Delnicka 13, Praha 17000, Czech Republic, [jindrich.petrlik@arnika.org](mailto:jindrich.petrlik@arnika.org);

<sup>3</sup>College of Engineering and Technology, Department of Chemical and Mining Engineering, University of Dar es Salaam, 35091 Dar es Salaam, Tanzania, <sup>4</sup>National Toxics Network, Perth, Australia; <sup>5</sup>BioDetection Systems BV (BDS), Science Park 406, 1098XH Amsterdam, The Netherlands; <sup>6</sup>College of Engineering, Rangsit University, 12000 Pathum Thani, Thailand

**مقدمة:** أدت الحالة التي استُخدم فيها مزيج من الرماد المتطاير والرماد السفلي من محرقة النفايات في بايكر لوصف ممرات المشاة بين بعض الأراضي الزراعية في نيو كاسل في المملكة المتحدة ما بين عامي 1994 و1999 إلى حدوث حالات تلوث خطيرة بمركبات ثنائي بنزو الديوكسين متعددة الكلور/مركبات ثنائي بنزو الفوران متعددة الكلور (PCDD/Fs) لدى الدواجن التي تعيش في نطاق حر<sup>1</sup> 2. كما عززت الوعي حول استخدام رواسب محارق النفايات الملوثة بـ PCDD/Fs. كما أدت حالات مشابهة للحصاة الحمراء (Kieselrot) في ألمانيا إلى وضع أولى المعايير لحدود PCDD/Fs في التربة<sup>3</sup>. تُظهر كلتا هاتين الحالتين تأثير الاستخدام غير المنضبط للنفايات التي تحتوي على مستويات عالية من PCDD/Fs في سيناريوهات ذات استخدامات حساسة. من المتعارف عليه عموماً الآن أن فرض ضوابط تنظيمية أكثر صرامة من شأنه أن يمنع تكرار مثل هذه الحوادث. ولكن المعلومات التي تم التوصل إليها مؤخراً حول انتقال رواسب محارق النفايات تتحدى هذه الفرضية. لذلك طرحنا السؤال التالي: 'هل التدابير التشريعية والتنظيمية الراهنة التي تحكم حركة PCDD/Fs بواسطة نقل النفايات فعالة في منع حوادث التلوث؟'

قامت منظمة Arnika بجمع معلومات حول نقل مخلفات محارق النفايات في جمهورية التشيك في عام 2004. أظهرت هذه البيانات بأن هناك منشأتين رئيسيتين كانتا تقومان بمزج الرماد المتطاير لمحارق النفايات مع نفايات أخرى، ثم استخدام هذا المزيج كمادة معالجة في مواقع مهجورة للتعددين ومعالجة الخامات، سواء فوق الأرض أو تحتها. تم التخلص من المزيج في موقع المعالجة (الموقع 1) أو تم نقله إلى أماكن أخرى (الموقع 2). يمكن لـ PCDD/Fs والمواد الكيميائية السامة الأخرى الموجودة في الرماد المتطاير لمحارق النفايات أن ترشح بشكل مستمر من المخلفات وتؤدي إلى تلوث البيئة في محيط مواقع إعادة المعالجة والتخلص من النفايات. وفي تايلاند والصين، شاهدنا بأن الرماد المتطاير لمحارق النفايات يتم تخزينه بجانب معامل محارق النفايات البلدية لفترات مطولة، وقامت الرياح والمياه بنقل جزيئات صغيرة من الرماد مما أدى إلى تلوث البيئة المحلية.

**المواد والأساليب:** تم أخذ عينات من التربة والغيار والرواسب والأسماك والمحار والسلطعون وبيوض الدجاج الذي تعيش في نطاق حر في بعض المواقع المختارة أو حولها حيث يتم التعامل مع الرماد المتطاير لمحارق النفايات و/أو تخزينه لفترات مطولة بغية تقييم التلوث بـ PCDD/Fs ومركبات ثنائي الفينيل متعددة الكلور الشبيهة بالديوكسين (di-PCBs) وذلك باستخدام الفحص الأحيائي أو التحليل الذرائعي. **الفحص الأحيائي (bioassay):** جرى تحليل كافة العينات التي تم جمعها ما بين عام 2005 و2012 في مختبرات BDS (BioDetection Systems) بحثاً عن أنشطة أشباه الديوكسين وفقاً للإجراءات القياسية لـ DR CALUX<sup>4</sup> والتي تم شرحها بالتفصيل في أماكن أخرى<sup>5</sup>. بشكل موجز، تمت زراعة خلايا H4IIE التي جرى تعادؤها (transfection) بشكل ثابت ببنية جينية لوسيفرازية مراسلة مع السيطرة على AhR ضمن وسيط زراعة  $\alpha$ -MEM تم تزويده بـ 10% FCS (v/v) ضمن الشروط القياسية (37°C، 5% CO<sub>2</sub>، ورطوبة 100%). تم تعريض الخلايا ضمن ثلاث نسخ على ست وتسعين صفيحة معايرة دقيقة تحتوي على نطاق المعايرة القياسي 2,3,7,8-TCDD، وصفيحة DMSO فارغة. وعقب فترة حضانة امتدت إلى 24 ساعة، تعرضت الخلايا إلى الانحلال (lysis). تمت إضافة محلول يحتوي على اللوسيفرين وتم قياس التلألؤ من خلال مقياس التلألؤ (Berthold Centro XS3). تم عرض النتائج وفقاً لمكافئات السمية البيولوجية التحليلية (bioanalytical toxic equivalents BEQs).

**التحليل الذرائعي (instrumental analysis):** تم تحليل كافة العينات من الموقع 1 التي جُمعت في العام 2004 بالإضافة إلى العينات من كافة المواقع في هذه الدراسة التي جُمعت بعد العام 2012 من قبل GC/HRMS في مخابر حاصلة على الإيزو 17025 مع دقة أعلى من 10,000 مستخدمة معايير التسمية للنظير <sup>13</sup>C. وتحليل PCDD/F و di-PCB. اتبع تحليل PCDD/F و di-PCB أساليب التحليل المتبعة في الاتحاد الأوروبي للتحكم بمستويات PCDD/Fs و di-PCBs في بعض المواد الغذائية في لائحة المفوضية (EC) رقم 252/2012<sup>6</sup>.

**النتائج والمناقشة:** ببشوز كليف في المملكة المتحدة: هناك مكب نفايات للنفايات الخطرة المكونة من الرماد في ببشوز كليف حيث تتم 'معالجة' رماد محارق النفايات ضمن الموقع عن طريق مزجه مع العصارة المترشحة والتخلص منه في خلايا مفتوحة. قد يحصل تعرض له من خلال استنشاق رواسب الملوثات الهوائية أو من خلال التعرض غير المباشر في نقطة ما بعيدة عن موقع التخلص من النفايات. تم أخذ ثلاث عينات مجمعة (pooled samples) للدجاج والبطة اللذين يعيشان في نطاق حر في عامي 2010 و2011 في منطقة مزرعة وينغومور. وفي اثنتين من العينات، عُثر على مستويات عالية جداً وصلت إلى 21 و55 BEQs على التوالي. أما العينة الثالثة فكانت دون المعيار الأوروبي حيث بلغ المستوى فيها 1.8 BEQs. تثبت هذه النتائج وجود تلوث للمنطقة المحيطة بالمنشأة التي تعالج رواسب محارق النفايات الملوثة للهواء من كافة أرجاء المملكة المتحدة.

بلغت مستويات PCDD/Fs في غبار الهواء ما بين 2 – 2,335 pg TEQ<sup>1</sup>/g في مزرعة وينغومور في بيشوبز كليف ما بين تشرين الأول/أكتوبر وتشرين الثاني/نوفمبر من عام 2010، استناداً إلى التقرير التحليلي من وكالة البيئة<sup>7</sup>.

جمهورية التشيك، إعادة معالجة النفايات والمنتجات من الموقع 1 للتخلص من النفايات المختلطة: تم أخذ عينات للرواسب من محيط منطقة التعدين الواقعة تحت الأرض حيث تتواجد أيضاً منشأة لمزج النفايات. تم أخذ العينات من أماكن واقعة بعكس مجرى النهر وأماكن واقعة مع مجرى النهر بالنسبة إلى تلك المنطقة وذلك في عام 2004. بلغت PCDD/Fs في العينة بعكس مجرى النهر 2.8 pg I-TEQ/g dm بينما بلغت في عينتين إحداهما مع مجرى النهر والثانية من تدفق المنجم 10 pg I-TEQ/g dm و 4.2 pg I-TEQ/g dm على التوالي. بينما أظهرت الاختبارات الأحيائية للسمية بأشياء الديوكسينات في عينات الرواسب في كل من بركة المخلفات والمنفذ التابعين للمنجم المعالج الواقع تحت الأرض في عام 2011 مستويات بلغت 21 BEQs و 29 BEQs على التوالي. ولغرض المقارنة: ففي رواسب من منطقة صناعية في جمهورية التشيك، بلغت النتيجة 5.6 BEQs. تُظهر نتائج العينات التي جرى تحليلها من الموقع 1 زيادة في الديوكسين في البيئة المحلية بسبب معالجة النفايات. بلغت PCDD/Fs في مزيج النفايات من المنشأة مستوى 391 pg I-TEQ/g dm<sup>8</sup>.

جمهورية التشيك، الموقع 2 لإعادة معالجة النفايات: في هذا الموقع يوجد معمل لإعادة معالجة مختلف النفايات الصلبة والحماة، بما في ذلك الرماد المتطاير من عدة محارق للنفايات. تم أخذ عينات للرواسب من مناطق محايدة للمنشأة بشكل متكرر في عامي 2015 و 2016. يحتوي الجدول رقم 1 على ملخص نتائج التحاليل لكل من PCDD/Fs + dl-PCBs. تُظهر نتائج الرواسب تأثير إعادة معالجة النفايات التي تحتوي أحجاماً كبيرة من PCDD/Fs على البيئة المحيطة. احتوت العينات الأقرب إلى الموقع على أعلى نسب التلوث، بينما بلغت المستويات في رواسب النهر باتجاه مجرى المياه عشرة أضعاف تلك المسجلة في موقع مرجعي نظيف في جمهورية التشيك.

الجدول رقم 1: نتائج PCDD/Fs و dl-PCBs التي تم قياسها في الرواسب المحيطة بالموقع 2 (WHO-TEQ/g dm)

| موقع العينة       | البركة والأراضي الرطبة المتأثرة بالمعمل | باتجاه مجرى المياه بالنسبة للنهر | النهر (ليس هناك علاقة مع بركة الاحتفاظ) | المستويات الأساسية (جمهورية التشيك) |
|-------------------|---|----------------------------------|---|-------------------------------------|
| PCDD/Fs           | 289 – 259                               | 48 – 19                          | 13 – 4                                  | 1.4                                 |
| PCDD/Fs + dl-PCBs | 301 – 279                               | 61 – 22                          | 17 – 5                                  | 1.6                                 |

تراوح تركيز PCDD/Fs في الرماد المتطاير المعالج من محارق النفايات البلدية ومحارق النفايات الخطرة بين 324 – 2,200 pg I-TEQ/g dm و 3,763 pg I-TEQ/g dm على التوالي. وبلغ المستوى في غبار أشغال الحديد المعالجة في المنشأة 15,000 – 100,000 pg I-TEQ/g dm.

تاييلاند، محرق النفايات في فوكيت: تم تخزين الرماد المتطاير من محرق النفايات هذا في المنطقة الواقعة بين البناء وغاية مجاورة لنباتات الأيكة الساحلية لفترة مطولة قبل عام 2011. قام بتفحص المكان كل من وكالة حماية البيئة السويدية<sup>10</sup> وفريق Arnika/EARTH<sup>11</sup>. بلغت مستويات PCDD/Fs + dl-PCBs في الرماد المتطاير 3,300 – 8,300 pg TEQ/g dm وكان مستوى PCDD/Fs + dl-PCBs الذي تم قياسه في رواسب البحيرة التي تحتوي على مخلفات الرماد 2,800 pg TEQ/g dm. وأظهر التحليل الأحيائي للرواسب من غابة الأيكة الساحلية مستوى 24 pg BEQs/g dm، وهو أعلى بست مرات من أقصى تركيز للرواسب من المنطقة الصناعية في تا توم. حيث عثر مؤخراً في تا توم على مستويات 0.27 – 3.8 pg TEQ/g dm<sup>12</sup>. احتوت عينات الأسماك من منطقة محرقة النفايات على 1.2 – 5.6 pg TEQ/g دهون، بينما أظهر الفحص الأحيائي للسماك من منطقة غابة الأيكة 42.5 pg BEQ/g دهون. كما تم إجراء تحليل أحيائي لسلطعون الطين والمحار والأسماك الصدفية من غابة الأيكة حيث بلغت المستويات 43.6 و 34.6 و 3.0 (pg BEQ/g) على التوالي. بلغت PCDD/Fs + dl-PCBs في الأسماك في المنطقة المحيطة بشانتابوري أقل من 0.01 LOD pg TEQ/g دهون. وبلغت المستويات في بيوض الطيور الجوائم التي تم جمعها بالقرب من موقع محرق النفايات 6.1 pg BEQ/g دهون، وهو ما يفوق كل من القيمة الحدية الأوربية البالغة 5 pg TEQ/g والمستوى المرجعي التاييلاندي البالغ 0.08 pg TEQ/g دهون<sup>13</sup> بالنسبة للبيض التاييلاندي.

تبين بأن مستويات PCDD/Fs + dl-PCBs في الكائنات الحية والرواسب في المنطقة المحيطة بمخزن الرماد المتطاير في فوكيت هي أعلى بكثير من المستويات التي تم رصدها في مواقع أساسية أو حتى مواقع مرجعية في تاييلاند.

الصين، محرق النفايات البلدية في ووهان: تم أخذ عينات للبيض من اثنتين من مزارع البيض الخاصة في محيط محرق النفايات في غودينغ شان في ووهان. يقع الموقع الأول (الموقع أ) على بعد 0.3 كيلومتر جنوب غرب محرق النفايات ويقع الموقع الثاني (الموقع ب) على بعد 1 كيلومتر شمال غرب محرق النفايات. بلغت نتيجة الفحص الأحيائي للبيض في الموقع ب 8.8 pg BEQ/g دهون. وأظهر التحليل الذرائعي للعينة ذاتها مستويات

<sup>1</sup> إذا لم يذكر خلاف ذلك، يتم التعبير عن مستويات كل من PCDD/Fs و dl-PCBs في هذا المقال بواسطة TEQ<sub>2005</sub> WHO، ويتم اختصارها بـ TEQ.

بلغت 13.3 pg TEQ/g دهون لمجموع PCDD/F و dl-PCB مع حصة كبيرة من PCDD/F بلغت 8.6 pg TEQ/g دهون في البيض في الموقع ب. بينما بلغ BEQ في البيض من الموقع أ 35 pg BEQ/g دهون وبلغت نتيجة التحليل الذرائعي 16 pg TEQ/g دهون لمجموع PCDD/F و dl-PCB مع حصة كبيرة من PCDD/F بلغت 12.2 pg TEQ/g دهون. وعُثر أيضاً على PBDD/Fs في هذا البيض بمستويات عالية بلغت 29 pg TEQ/g دهون. يمكن للرماد المتطاير المخزن لفترة طويلة في منطقة محارق النفايات البلدية أن يساهم على نحو كبير في تلوث البيض بكل من الديوكسينات الكلورية وكذلك الديوكسينات المُبرومة. سُجّل مستوى بلغ 779 pg TEQ/g dm لـ PCDD/Fs في عينة للرماد المتطاير من محرق النفايات البلدية في ووهان في عام 2015.

تعد المعلومات التي تم الحصول عليها من المواقع المدروسة مهمة من أجل وضع أسس التعرض المحتمل لـ PCDD/Fs و dl-PCBs من النفايات التي تحتوي على هذه المواد الكيميائية بمستويات معينة وذلك من أجل تحديد الحدود الفعالة لمحتوياتها في النفايات. كما يعد وضع حد للملوثات العضوية الثابتة في النفايات وإدارتها فيما بعد ذلك هدفين رئيسيين في معاهدتي ستوكهولم وبازل. أظهرت الحالات الموصوفة هنا طرق التعرض المحتملة المرتبطة بالنفايات الملوثة بالملوثات العضوية الثابتة (DL PCB، PCDD/Fs) - الغبار/التربة/الرواسب - الكائنات الحية (الدواجن، الطيور، الأسماك). قمنا بجمع بعض حالات الدراسات المشابهة الواردة في الأبحاث وتلخيصها في الجدول رقم 2 بالإضافة إلى تلك التي تم تحليلها وتوصيفها في هذه الدراسة.

**الجدول رقم 2.** موجز مستويات PCDD/Fs و/أو BEQs التي تم تسجيلها في مواقع مختلفة تتأثر بالرماد المتطاير والنفايات الأخرى الملوثين بـ PCDD/Fs الموصوف في هذه الدراسة أو في الأبحاث.

| البييض - مرجع <sup>1</sup> | مرجع التربة/الرواسب البييض | التربة/الرواسب التأثير المباشر | الرماد المتطاير (نفايات) | سنة (سنوات) البحث | الوحدة                              |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 0.08 <sup>13</sup>         | 6.1*                       | غير متوفر                      | 2,700                    | 2011-2010         | تايلاند (محرق النفايات في فوكيت)    |
| 0.2 <sup>15</sup>          | 12.2                       | غير متوفر                      | 779                      | 2015 - 2014       | الصين (محرق النفايات في ووهان)      |
| 0.2 <sup>1</sup>           | 1.8؛ 21؛ *55               | 1.2 - 0.05                     | 6.5 - *11                | 2011 - 2010       | بريطانيا (بيشوبز كليف)              |
| 0.2 <sup>1</sup>           | 0.4 - 56                   | غير متوفر                      | 7 - 292                  | 2000              | بريطانيا (نيو كاسل) <sup>2، 4</sup> |
| 0.12 <sup>10</sup>         | 3.4 - 4.4                  | 1.2 - 0.05                     | 5 - 11                   | 2010              | بيرو (زابالال) <sup>10</sup>        |
| 0.274 <sup>17</sup>        | 32.6                       | غير متوفر                      | غير متوفر                | 2005              | تابوان (حادثة البيض) <sup>16</sup>  |
| 0.44 <sup>18</sup>         | 12.5 - 29.3                | 0.8 - 0.1                      | 16 - 47                  | 2015              | بولندا (المدجنة)                    |

ملاحظة: \* BEQs (مجموع سمية اشبهها الديوكسينات)، \*\* رواسب.

في عدة دراسات مثبتة، أدت معالجة/التخلص من النفايات التي تحتوي على PCDD/Fs بين 20 و 12,000 (pg TEQ/g) إلى تلوث السلسلة الغذائية (البيض أو لحم الدواجن) بمستويات تصل إلى أكثر من 20 ضعفاً من الحد المقترح في الاتحاد الأوروبي لـ PCDD/Fs في الغذاء ( 2.5 pg TEQ/g دهون)<sup>19</sup>. وأما المستويات في المواقع المرجعية (المستويات الأساسية) لدى بيض الدجاج الذي يعيش في نطاق حر فقد تم تجاوزها بمائتين وثمانين ضعفاً.

أظهرت دراسة لوكالة الحماية البيئية السويدية بأنه يتم تجاوز مستويات PCDD/Fs البالغة 30 pg TEQ/g دهون في البيض عندما يكون تركيز التربة حوالي 4 - 75 ng TEQ/kg dm. وبالتالي، فإن المستوى الأوروبي الأقصى الذي يبلغ 2.5 pg TEQ/g PCDD/F في الدهون<sup>19</sup> يمكن تجاوزه عند مستويات أقل بعشر مرات (أي 0.4 - 7 ng TEQ/kg dm). استناداً إلى المستوى الأعلى للنطاق الوارد في دراسة وكالة حماية البيئة السويدية وأمثلة عن سيناريوهات لنفايات خشب ملوثة<sup>10</sup>، يمكن الاستنتاج بأن وجود الرماد المتطاير وغيره من النفايات اللذين يحتويان على مستويات من الديوكسين أعلى من 0.05 جزء في المليار ضمن الاستعمالات المتعلقة بالتربة من شأنه أن يؤدي إلى تلوث غير مقبول لسلسلة الغذاء المحلية. في بعض الدراسات الأخرى، أدت مستويات أكثر انخفاضاً للديوكسين في التربة إلى تلوث بيض الدجاج الذي يعيش في نطاق حر بما يفوق المعيار الأوروبي للأغذية<sup>20، 21</sup>. يمكن أن يتأثر بيض الدجاج الذي يعيش في نطاق حر عند مستويات حرجة، وفي بعض الحالات تبين وجود تجاوز يبلغ عشرين ضعفاً لحدود الاتحاد الأوروبي الراهنة. يعد الطعام المنتج محلياً ذو أهمية كبيرة في البلدان النامية والمناطق الريفية في البلدان المتطورة، لذلك فإن سيناريو التعرض هذا له تأثير القلق على وجه الخصوص.

بالإضافة إلى ذلك، حدث آخر حادث رئيسي للتلوث بالديوكسين في ألمانيا بسبب الاستخدام غير المنظم لنفايات إنتاج الوقود الحيوي التي كانت تحتوي على 123 pg TEQ/g PCDD/Fs<sup>22</sup> في إنتاج الأعلاف، مما يظهر بوضوح بأن الحدود التشريعية الراهنة لمحتوى PCDD/Fs في النفايات ليس صارمة بما فيه الكفاية.

**نطاق المشكلة:** تبين دراسات الحالات الموصوفة أعلاه الوضع في عدة مواقع في بلدان مختلفة، ولكن من وجهة نظر عالمية (معاهدة ستوكهولم) فإنه من الأهمية بمكان دراسة إمكانية التعامل مع القسم الأكبر من إجمالي انبعاثات/انتقالات PCDD/Fs عن طريق تحسين إدارة مخلفات محارق النفايات.

تمكنا من تقدير إجمالي كمية PCDD/Fs التي تم قبولها في منشأة في أحد المواقع في جمهورية التشيك، حيث إننا نمتلك إحصائيات لهذا الموقع عن العامين 2014-2015. ففي فترة هذين العامين، كانت كمية PCDD/Fs المقدرة الداخلة إلى المنشأة حوالي 33 g TEQ (في الرماد المتطاير

لمحارق النفايات وغيار قطاع صناعة الفلزات المعدنية). تم الإبلاغ عن مستويات 74 و 51 (g TEQ) في سجلات انبعاث ونقل الملوثات في التشيك على شكل انبعاثات (انتقالات) ضمن نقل النفايات، منها حوالي 25 g TEQ في العام على شكل مخلفات محارق النفايات<sup>23</sup>. تُظهر هذه المقارنة متوقفة البيانات في نظام سجلات انبعاث ونقل الملوثات في التشيك، والذي يُلزم الشركات على الإبلاغ عن المعلومات الكيميائية المرتبطة بنقل النفايات.

تم حساب إجمال انبعاث الديوكسين على المستوى العالمي حيث بلغ مستوى 100 kg TEQ في العام الواحد<sup>24</sup>. يتضمن هذا التقدير حساباً سابقاً لست وثمانين بلداً<sup>86</sup> استناداً إلى جرد مخزوناتنا. وتبين بأن جرد المخزونات غير كامل بسبب بيانات مفقودة مرتبطة بانبيعاث PCDD/Fs إلى النفايات، بما في ذلك بلدان تمتلك محارق نفايات ذات ساعات كبيرة (على سبيل المثال الصين وألمانيا واليابان). تقع تقديرات انبعاث PCDD/Fs السنوية إلى مخلفات محارق النفايات ضمن المجال 10 kg TEQ - 7 في العام<sup>26</sup>. يتبين لنا بأن تناول مسالة PCDD/Fs في مخلفات محارق النفايات، وخاصة مخلفات التلوث الهوائي، تساعد في تناول مسالة تدفق PCDD/Fs على المستوى العالمي بناءً على هذه التقديرات.

*النتائج والتوصيات:* تُظهر كافة الحالات الموصوفة بأن النفايات التي تحتوي على PCDD/Fs أقل من الحد الحالي المؤقت للملوثات العضوية الثابتة (مستويات المحتوى المنخفض من الملوثات العضوية الثابتة (LPCL) البالغ 15 جزء في المليار (15,000 pg TEQ/g) من شأنها أن تؤدي إلى تلوث كبير بالقرب من المواقع التي يتم فيها إعادة معالجة النفايات أو التخلص منها بطريقة لا تدمر PCDD/Fs أو dl-PCBs الموجودين في النفايات أو تحويلها بطريقة لا يمكن عكسها كما تشتت المادة السادسة من معاهدة ستوكهولم. حتى النفايات الأعلى من ~ 0.02 / 0.05 جزء في المليار من شأنها أن تلوث التربة في حال تم وضعها على سطح التربة دون أي معالجة. استناداً إلى نتائج هذه الدراسة وغيرها من الدراسات، نوصي بوضع حد جديد لمستويات المحتوى المنخفض من الملوثات العضوية الثابتة بالنسبة إلى PCDD/Fs في النفايات يبلغ 1 جزء في المليار، كما نوصي بالحد من استخدام النفايات التي تحتوي على PCDD/Fs + dl-PCBs فوق 0.05 جزء في المليار على سطح التربة دون أن يتم معالجتها مسبقاً.

أثناء جمع البيانات لحساب إجمالي حجم PCDD/Fs الموجود في النفايات المعنية (الرماد المتطاير ورواسب الملوثات الهوائية من محارق النفايات على وجه الخصوص) وجدنا بأن هذه المعلومات غير متوفرة في العديد من البلدان أو لا يتم مراقبتها بأي شكل من الأشكال. كما لاحظنا بأن الإبلاغ عن المعلومات الكيميائية المرتبطة بالملوثات العضوية الثابتة (PCDD/Fs) في حالتنا هذه) في النفايات ووضعها ضمن سجلات انبعاث ونقل الملوثات يعد أداة مناسبة للغاية لملء هذا الفراغ.

إن أفضل الحلول لمنع تشكل PCDD/Fs في النفايات هو عن طريق استبدال المواد وتغيير الإجراءات التكنولوجية وممارسات إدارة النفايات من خلال تعزيز التكنولوجيات التي لا تُنتج ملوثات عضوية ثابتة يتم إنتاجها عن غير قصد كما هو وارد في المادة الخامسة من الملحق (ج) في معاهدة ستوكهولم.

**شكر وتقدير:** نود أن نتقدم بالشكر إلى الدعم المالي الذي قدمته حكومة السويد الذي جعل جزءاً من التحليلات الكيميائية والتحضيرات الخاصة بهذا التقرير ممكنين من خلال المنحة المقدمة إلى IPEN. تم إجراء جزء من تحليل العينات في الصين من ضمن مشروع موله برنامج المساعدات للدول غير الأعضاء في الاتحاد الأوروبي في الصين و Global Greengrants Fund.

## المراجع:

- <sup>1</sup>Pless-Mulloli T, et al. (2001); *Organohalogen Compounds* 51: 48-52
- <sup>2</sup>Watson A (2001); *PCDD/PCDF and Heavy Metals in Soil and Egg samples related to the Byker incinerator*
- <sup>3</sup>Fiedler H, et al. (1995); *Journal of Hazardous Materials* 1995. 43, 217-27
- <sup>4</sup>Besselink H JA, Pijnappels M, Swinkels A, Brouwer B (2004); *Organohalogen Compounds*. 66, 677-81
- <sup>5</sup>European Commission Regulation (EU) No 252/2012 of 21 March 2012 (OJ L 84, 23.3.2012, p. 1-22)
- <sup>7</sup>EA (2011); *Analytical Report. Report ID - 153799 - 1*. National Laboratory Service, Environment Agency. p. 16
- <sup>8</sup>TAZUS (2010); *Certifikát č. 070 - 03970. (Certificate No. 070 - 03970 for product)*
- <sup>9</sup>Holoubek I, et al. (2003); *Organohalogen Compounds* 62: 101-3
- <sup>10</sup>Swedish EPA (2011); *Low POP Content Limit of PCDD/F in Waste. Evaluation of human health risks.*, p. 145.
- <sup>11</sup>Petrlik J (2011); *Report about sampling and monitoring in the surrounding of WI in Phuket.* EARTH/Arnika/IPEN
- <sup>12</sup>Mach V, Teebthaisong A, Ritthichat A (2017); *POPs in Four Thai Hotspot Areas*, Arnika, EARTH: Prague
- <sup>13</sup>Petrlik J, Teebthaisong A, Ritthichat A (2017); *Chicken Eggs as an Indicator of POPs in Thailand.* Arnika
- <sup>14</sup>Zhang D, et al. (2015); *Energies* 8(12): p. 12422
- <sup>15</sup>Petrlik J, (2015); *POPs in Chicken Eggs from Hot Spots in China.* IPEN, p. 25
- <sup>16</sup>The Epoch Times (2017); *Taiwan EPA announced the results of cross-border investigation.* 2005 17-12-2005
- <sup>17</sup>Hsu JF, Chen C, Liao PC (2010); *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(13): 7708-14
- <sup>18</sup>Piskorska-Pliszczynska J, et al. (2016); *Environmental Pollution* 208, Part B: 404-12
- <sup>19</sup>European Comm. Regulation (EU) No 1881/2006 of 19/12/2006. OJL 2006R1881-EN-01.04.2016-020.001:1-40

- <sup>20</sup>Pirard C, et al. (2004); *Organohalogen Compounds*, 66, 2085-90
- <sup>21</sup>DiGangi J, Petrlik J (2005); *The Egg Report*. <http://english.arnika.org/publications/the-egg-report>
- <sup>22</sup>Weber R, Watson A (2011); *Organohalogen Compounds* 73: 400-3
- <sup>23</sup>MŽP (2017); *Integrovaný registr znečišťování*. 30-09-2017 [15-04-2018]; Available from: <http://www.irz.cz>
- <sup>24</sup>Wang B. et al. (2016); *Chemosphere* 151: 303-9
- <sup>25</sup>EEC of SC (2016); *Analysis of the information on releases of unintentional POPs (Art. 5) of the Stockholm Convention*. EG of the Stockholm Convention on BAT/BEP Guidelines and Toolkit, Bratislava
- <sup>26</sup>Petrlik J, Bell, L (2017); *Toxic Ash Poisons Our Food Chain*. p. 108