

Distr.: General  
4 August 2011

Arabic  
Original: English



## برنامج الأمم المتحدة للبيئة



لجنة التفاوض الحكومية الدولية المعنية بإعداد  
صك عالمي ملزم قانوناً بشأن الزئبق  
الدورة الثالثة

نيروبي، ٣١ تشرين الأول/أكتوبر - ٤ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١١  
البند ٣ من جدول الأعمال المؤقت\*

إعداد صك عالمي ملزم قانوناً بشأن الزئبق

### إطلاقات الزئبق من قطاع النفط والغاز

#### مذكرة الأمانة

١- طلبت لجنة التفاوض الحكومية الدولية المعنية بإعداد صك عالمي ملزم قانوناً بشأن الزئبق، في دورتها الثانية المعقودة في شيبا في اليابان من ٢٤ إلى ٢٨ كانون الثاني/يناير ٢٠١١، من الأمانة أموراً منها إعداد المعلومات المتعلقة بإطلاقات الزئبق من قطاع النفط والغاز لكي تنظر فيها اللجنة في دروتها الثالثة.

٢- وطلبت الأمانة، بناء على هذا الطلب، من الحكومات المعنية والمنظمات غير الحكومية ذات الصلة والهيئات الصناعية تقديم المعلومات ذات الصلة. ويلخص المرفق الأول بهذه المذكرة المعلومات المتاحة التي تشمل المعلومات المقدمة والمعلومات المتاحة للعموم. ترد في المرفق الثاني المراجع المتعلقة بمصادر المعلومات المستخدمة في إعداد هذه المذكرة.

٣- ويوجد الزئبق كملوث في جل أشكال الوقود الأحفوري، بما فيها النفط والغاز. وتفيد المعلومات التي جمعتها وقيمتها الأمانة من أجل إعداد هذه المذكرة أن مستويات الزئبق الموجودة في النفط والغاز تتغير بشكل كبير جداً فيما بين المناطق الجغرافية وداخلها. وتشير الدراسات التي كانت موضع تقييم عند إعداد هذه المذكرة إلى أن جزءاً من هذا التغير قد يعزى إلى عدم تناسق تقنيات أخذ العينات والتحليل. وقد يعزى جزء آخر منه أيضاً إلى اختلاف الهياكل الجيولوجية. لكن هذا لا يمثل كل أشكال

التغير إذ يمكن أن توجد اختلافات حمة داخل الحقل الواحد من النفط أو الغاز. وعلى العموم، فمتوسط مستويات الزئبق منخفضة نسبياً وإن كانت بعض القيم التي أُبلغ عنها مرتفعة جداً. وخلصت الدراسات الأخيرة إلى أن انبعاثات الزئبق من قطاع النفط والغاز في الولايات المتحدة الأمريكية تمثل ٥ في المائة من الانبعاثات الوطنية الناجمة عن احتراق الفحم الحجري في الولايات المتحدة، وإلى أن انبعاثات قطاع النفط والغاز في كندا تمثل أقل من ٤ في المائة من مجموع الانبعاثات الوطنية من الزئبق البشري المنشأ. وقد ينجم عن التغير الكبير في المحتوى من الزئبق حاجة أكبر إلى فرض ضوابط في بعض المناطق في قطاع النفط والغاز حيث تكون مستويات الزئبق مرتفعة مقارنة بالمناطق التي تكون فيها مستويات الزئبق أدنى. وتفيد البيانات المتاحة حالياً أن مجموع إنتاج النفط والغاز وتكريرهما واستخدامهما على الصعيد العالمي قد يفرز انبعاثات وإطلاقات كبيرة من الزئبق، وإن كانت أقل بكثير من تلك التي يفرزها احتراق الفحم الحجري.

٤- وإنتاج الغاز الطبيعي والعلف لاستخدامه في تصنيع الكيماويات يتطلب بالفعل إزالة الزئبق لأغراض عملية تشمل منع التآكل وتسمم المواد المحفزة وتلوث المنتجات، ولأغراض تتعلق بالصحة والسلامة. وتستخدم تكنولوجيات رقابة مختلفة في تجهيز النفط والغاز وهي متاحة للحد من انبعاثات الزئبق وإطلاقاته. وقد يتعين على اللجنة أن تنظر في مساهمة استرداد الزئبق من هذا القطاع في إجمالي الإمداد بالزئبق. وتفيد المعلومات المتاحة أنه يتعين في بعض البلدان مناولة النفايات المشتتة على الزئبق كنفايات خطيرة بطريقة سلمية بيئياً. لكنه من غير الواضح إن كان هذا الأمر شاملاً. وعمليات الرقابة التنظيمية على المواد التي يسمح بصرفها في البيئة، بما في ذلك القيود التي تفرضها الحكومة على مستويات الملوثات، ساعدت معالجة النفايات، من قبيل الماء المستخلص من الفصل الأولي بين الماء والغاز والنفط، في الحد من مستويات الزئبق في الرواسب والمياه والحياة المائية. وتعمل بعض الحكومات على وضع، أو وضعت، برامج "خالية من الصرف"، وفرضت أيضاً المزيد من شروط الإبلاغ ورصد القطاع. وقد يسمح هذا الإشراف بتحسين المعارف المتعلقة بإطلاقات الزئبق وتخفيض التلوث عموماً. غير أن رقابة انبعاثات الزئبق قد تفضي إلى دخول المزيد من الزئبق المسترد إلى سلسلة الإمداد حيث تعالج النفايات الملوثة بالزئبق لاستخراج الزئبق.

٥- وفيما يبدو من المعلومات المتاحة أن مستويات الزئبق في الغاز الطبيعي والنفط غير مرتفعة عموماً، قد ينجم عن حجم إنتاج النفط والغاز وتكريرهما واستخدامهما انبعاثات وإطلاقات من الزئبق تمثل حصة كبيرة من الإطلاقات الوطنية من الزئبق. وهكذا قد ترغب اللجنة في بحث ما إذا كان ينبغي أن توصي بفرض عمليات رقابة محددة على انبعاثات الزئبق وإطلاقاته الناجمة عن إنتاج وتجهيز وتوزيع واستخدام النفط والغاز، كجزء من مجموع الأنشطة الرامية إلى الحد من انبعاثات الزئبق الناتج عن النشاط البشري. وقد تود اللجنة، عند النظر في هذه المسألة، الإحاطة علماً بمدى توافر تدابير الرقابة المناسبة للاستخدام في قطاع النفط والغاز. وعلاوة على ذلك، قد تعطي الشروط التي تطبقها بعض الحكومات بالفعل لحماية البيئة من انبعاثات الزئبق وإطلاقاته إشارات إلى وجود خيارات رقابة مجدية وفعالة بالنسبة إلى القطاع. وقد تود اللجنة، عند النظر في النهج المحتملة لإزاء إدارة الانبعاثات والإطلاقات، بحث سلسلة كاملة من الخيارات في مجال السياسات. وتقدم النسخة الأخيرة من مسودة النص التفاوضي الواردة في الوثيقة UNEP(DTIE)/Hg/INC.3/3 خيارات بشأن تدابير الرقابة القابلة للتطبيق على الانبعاثات والإطلاقات والممكن تطبيقها على قطاع النفط والغاز إذا ما رغبت اللجنة في أن توصي بذلك.

## معلومات عن الانبعاثات والإطلاقات من قطاع النفط والغاز

## معلومات أساسية

٦- قطاع النفط والغاز هو على العموم قطاع يشمل أنشطة تتصل باستكشاف واستخراج النفط والغاز. ويمكن اعتبار تكرير النفط جزءاً من القطاع أو قطاعاً منفصلاً لكن ذا صلة. ويستخرج النفط والغاز من مواقع عديدة في العالم، من البر والبحر على حد سواء. وتنتج بعض المواقع النفط والغاز الطبيعي، فيما تقتصر أخرى على إنتاج الغاز الطبيعي. وقُدِّر إنتاج النفط في عام ٢٠٠٧ بحوالي ٨٤ مليون برميل في اليوم، تنتج منها الدول الأعضاء في منظمة البلدان المصدرة للنفط حوالي ٣٤ مليون برميل وتنتج منها البلدان غير الأعضاء في المنظمة حوالي ٥٠ مليون برميل. والحصة الأكبر من إنتاج الغاز الطبيعي الذي قُدِّر بحوالي ٣,١٠٠ مليار متر مكعب في عام ٢٠٠٨، تسجل في روسيا الاتحادية والولايات المتحدة الأمريكية.

٧- وعلاوة على استكشاف النفط والغاز واستخراجهما وتكريرهما، ترى بعض الدراسات التحليلية أيضاً أن احتراق النفط والغاز في المنتجات النهائية يساهم في انبعاثات قطاع النفط والغاز. وعلى أية حال، قد ينتج عن احتراق النفط والغاز واستهلاكهما مجموع كبير من انبعاثات الزئبق وإطلاقاته. وقُدِّر استهلاك النفط في عام ٢٠٠٧ بحوالي ٢٥ مليون برميل في شمال أمريكا، و١٧ مليون برميل في بلدان آسيا غير الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، و١٥ مليون برميل في البلدان الأوروبية الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، و٨ ملايين برميل في البلدان الآسيوية الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، و٦ ملايين برميل في أمريكا الوسطى والجنوبية، و٦ ملايين برميل في الشرق الأوسط، و٥ ملايين برميل في البلدان الأوروبية والأورواسيوية غير الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، و٣ ملايين برميل في أفريقيا. وأفيد أن الغاز الطبيعي يلي ما يقارب ٢٣ في المائة من الاحتياجات العالمية إلى الطاقة.

٨- واعتُبرت عملية استخراج الوقود الأحفوري واستخدامه كمساهم مهم في انبعاثات الزئبق في البيئة العالمية. وينتشر الزئبق في الرواسب والصخور المترسبة بكميات متباينة؛ وقد يوجد أيضاً في الطبقات المغلقة، التي يحتوي بعضها على الوقود الأحفوري، حيث يمكن أن يحتفظ به ويزيد تركيزه. ويعتقد أن يكون الزئبق الموجود في النفط الخام مزيجاً من الزئبق الأولي المتطاير، المفكك في النفط والعالق به على حد سواء، وأجناس غير متطايرة تشتمل ربما على جزئيات عالقة من كبريتيد الزئبق. وبمثل هذا الأمر تحدياً بالنسبة إلى نقل النفط وأخذ عينات منه. ولأن الزئبق المتطاير يلحق خسائر بالأنابيب والخزانات، فإن وجوده في النفط قد يقتضي اتخاذ تدابير وقائية عند معالجته وتخزينه ومناولته. ومن شأن التعرض إلى الكبريت في سلسلة الإمداد وعملية التكرير أن يكون حاسماً في الطريقة التي يتصرف بها الزئبق المتطاير. وعلى سبيل المثال، إذا وُجد كبريت الهيدروجين أو أجناس تفاعلية أخرى فإنها قد تتفاعل مع الزئبق فتنتج كبريتيد الزئبق. وكبريتيد الزئبق ضعيف التطاير والتفكك في الماء والهيدروكربونات، وبالتالي يتوقع أن يحتفظ على شكل صلب أقل خطورة.

٩- وفي الغاز الطبيعي، غالباً ما يكون الزئبق الموجود زئبقاً أولياً، ولئن كان ممكناً وجود كميات ضئيلة منه في شكل مركبات عضوية. والمشاكل التي يطرحها الزئبق في الغاز الطبيعي هي نفسها التي يطرحها عند نقل النفط وتخزينه ومناولته. ويمكن أن تحدث انبعاثات الزئبق وإطلاقاته خلال استخراج النفط أو الغاز وخلال تكريرهما ومعالجتهما وتخزينهما ونقلهما واستخدامهما النهائي، وتشمل مصادر الزئبق الماء المستخلص الناتج عن الفصل الأولي بين الماء والغاز والنفط؛ والغاز المحروق؛ وتفرغ التجهيزات.

١٠- والفهم الحالي لسلوك الزئبق لم يكتمل لأن الأساليب والتقنيات التحليلية المتعلقة بأنواع الزئبق محدودة الذكاء ما يصعب عملية تفسير البيانات السابقة.

١١- وذكر التقييم العالمي للزئبق الذي أصدره برنامج الأمم المتحدة للبيئة في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠٠٢ أنه على الرغم من أن مساهمة الوقود الأحفوري في انبعاثات الزئبق وإطلاقاته في البيئة تعود بالأساس إلى احتراق الفحم فإن أشكال احتراق أخرى ساهمت فيها أيضاً. وأفاد التقييم أن الإطلاقات والانبعاثات من احتراق النفط والغاز في بلدان قليلة، قُدرت فيها مساهمات احتراق النفط والغاز واحتراق الفحم، تراوحت بين ١١ و ١٤ في المائة من كمية إطلاقات الزئبق وانبعاثاته من احتراق الفحم.

١٢- ويجب تخفيض مستويات الزئبق في الغاز الطبيعي إلى ١٠ ميكروغرامات في المتر المكعب، أو أدنى من ذلك، قبل التجهيز للحيلولة دون إلحاق الضرر بالمبادلات الحرارية وتجهيزات أخرى. وقد يصبح هذا الزئبق، كمنتج ثانوي أو مستخلص، مصدر إمداد للأسواق: وفي حين لا ينتج عن هذا الأمر إطلاقات في البيئة، فإنه قد يساهم في إطلاقات لاحقة إذا ما استخدم الزئبق بشكل غير سليم أو وُجد في منتجات تُصرف بشكل غير سليم. وفي هولندا، استُردّ في عام ١٩٩٥ ما يعادل ٦ أطنان<sup>(١)</sup> من الزئبق من وحل أو نفايات الغاز المتزلي، فيما استُردّ ٨٥ طناً منه من النفايات المستوردة. وداخل الاتحاد الأوروبي يسترد سنوياً من ٢٠ إلى ٣٠ طناً من الزئبق من الغاز الطبيعي.

١٣- وتقر مجموعة أدوات برنامج الأمم المتحدة للبيئة المتعلقة بتحديد وحساب إطلاقات الزئبق، والرامية إلى مساعدة البلدان على إنشاء سجلات لإطلاقات الزئبق، بأن مساهمة انبعاثات الزئبق وإطلاقاته في جميع الوسائط البيئية المتمثلة في استخراج النفط والغاز وتكريرهما واستخدامهما. وتذكر أن تركيز الزئبق في النفط الخام يتراوح من ٠,٠١٠ أجزاء إلى ٣٠ جزءاً في المليون، وتحتوي المراجع على أمثلة بشأن استخدام تجهيزات الرقابة واستبدال الوقود وتنظيف غاز المداخن المتصل باحتراق منتجات نفطية كالوقود. وتذكر أيضاً، كما تفيد دراسات عديدة، أن تركيز الزئبق في الغاز الطبيعي يتراوح من ٠ ميكروغرامات إلى ٣٠٠ ميكروغرام في المتر المكعب.

١٤- ويرد في دليل برنامج الأمم المتحدة للبيئة المتعلق بتخفيض استخدامات الزئبق وإطلاقاته الرئيسية أن استخراج النفط وتكريره واستخدامه أمور يمكن أن تؤدي إلى انبعاثات وإطلاقات كبيرة من الزئبق في الهواء والأراضي والمياه ويمكن أن ينتج عنها الزئبق كمنتج ثانوي ووحل يحتوي زئبقاً. والعوامل الرئيسية التي ينبغي بحثها هي تركيز الزئبق في الوقود وكمية الوقود المحروق. وحيثما أُحرق النفط لأغراض توليد الطاقة مثلاً، يمكن لنظم تنظيف غاز المداخن الرامية أساساً إلى تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد

(١) تشير كلمة 'طن' إلى أطنان مترية.

الكبريت والنترات أن تخفض أيضاً انبعاثات الزئبق على نحو شبيه بتخفيض انبعاثات الزئبق من محطات توليد الطاقة باحتراق الفحم. ويفيد الدليل بأنه يتضح، بالاستناد إلى مقارنة لمستويات الزئبق في النفط الخام مع مستوياته في بعض المنتجات المكررة، أن انبعاثات الزئبق أثناء عملية التكرير يمكن أن تكون كبيرة. ويفيد الدليل أيضاً بأنه لم يكن هناك، إلى حين تاريخ النشر (حزيران/يونيه ٢٠٠٦)، أي تدابير محددة للتصدي لهذه الانبعاثات.

١٥- ويفيد الدليل أيضاً بأن انبعاثات الزئبق نحو جميع الوسائط البيئية يمكن أن تحدث خلال استخراج الغاز الطبيعي وتكريره وتنظيفه واستخدامه. وفي حالة الاستخراج البحري، يمكن أن ينظف الغاز الطبيعي أيضاً في البحر مما قد يفضي إلى تفريغ محلي. ونتيجة للمشاكل الناجمة عن وجود الزئبق في الغاز الطبيعي، يزال معظم الزئبق من الغاز الطبيعي قبل بيعه أو استخدامه. ويمكن استرداد الزئبق وتسويقه كمنتج ثانوي أو معالجته كنفائات خطيرة. وتفيد التقديرات الواردة في تقرير متعلق بإمداد الزئبق العالمي أُعدّ لأغراض الاجتماع الثاني للفريق العامل المخصص المفتوح العضوية المعني بالزئبق، الذي عُقد في نيروبي في عام ٢٠٠٨،<sup>(١)</sup> أن منتجات الزئبق الثانوية المستمدة من تنظيف الغاز الطبيعي واستخراج الفلزات غير الحديدية تساهم حالياً في ما يتراوح بين ٤١٠ أطنان و ٥٨٠ طناً سنوياً في إمداد الزئبق العالمي، في حين يمكن استرداد ما يتراوح بين ١١٠٠ طن و ١٤٠٠ طن من الزئبق من تلك القطاعات من هذين القطاعين، خاصة إذا وُجِبَ عليهما تخفيض انبعاثات الزئبق في الغلاف الجوي.

١٦- وتفيد التقديرات الواردة في تقرير عن الانبعاثات أعده برنامج الأمم المتحدة للبيئة لمجلس الإدارة في دورته الخامسة والعشرين<sup>(٢)</sup> بأن الانبعاثات من احتراق النفط تساوي نحو ١٠ في المائة من انبعاثات احتراق الفحم. ويعتقد أن تركيز الزئبق في أنواع النفط الخام يتفاوت بحسب منشأ النفط، وتتراوح المستويات من ٠,٠١ أجزاء إلى ٣٠ جزء في المليون بحسب تقديرات نشرت في عام ١٩٨٧ ومن ٠,٠١ إلى ٠,٥ أجزاء في المليون بحسب تقديرات منقحة نُشرت في عام ٢٠٠٥.

## أولاً - إطلاقات الزئبق وانبعاثاته في قطاع النفط والغاز: التوزيع الجغرافي

١٧- قدّم عدد من الحكومات، بناء على طلب الأمانة، معلومات عن انبعاثات الزئبق وإطلاقاته في قطاع النفط والغاز. وهذه المعلومات متاحة على موقع الأمانة الشبكي.<sup>(٤)</sup> واستُمدّت معلومات أخرى من تفحص المؤلفات العامة ومن تقارير الهيئات الصناعية والمنظمات البيئية غير الحكومية. وتعرض المعلومات أدناه. وترد أولاً المعلومات المتعلقة ببلدان مقدمة بحسب الترتيب الأبجدي للبلدان (بالإنكليزية) ثم تليها معلومات عامة عن إطلاقات الزئبق وانبعاثاته في قطاع النفط والغاز. وترد في المرفق الثاني لهذا التقرير قائمة مصادر المعلومات المستخدمة في إعداده.

(٢) UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/6/Add.1

(٣) UNEP/GC.25/INF/26/Add.1

(٤) [www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/Negotiations/INC3/tabid/3469/Default.aspx](http://www.unep.org/hazardoussubstances/Mercury/Negotiations/INC3/tabid/3469/Default.aspx)، ثم أضغط

على كلمة "Submissions".

## أستراليا

١٨- تفيد التقديرات بأن انبعاثات الزئبق في أستراليا في عام ٢٠٠٦ بلغت ١٠١ كيلوغراماً من تكرير النفط و ١٠١ كيلوغراماً من إحراقه. ويمثل كل من هذين القطاعين بمفرده ٠,٧ في المائة من مجموع الانبعاثات السنوية. وينتج عن احتراق الفحم في محطات الطاقة ٢٢٧١ كيلوغراماً في السنة أو ١٤,٨ في المائة من مجموع الانبعاثات. وأكبر مصدر لانبعاثات الزئبق في أستراليا هو صهر الذهب، الذي ينتج عنه ٧٦٤٢ كيلوغراماً في السنة أو ٤٩,٧ في المائة من مجموع انبعاثات الزئبق السنوية. ولم تقدم معلومات عن الإطلاقات إلى وسائط أخرى.

## كندا

١٩- قدّمت منظمة البيئة في كندا، في تقرير صادر في عام ٢٠٠٧، دراسة شاملة تضمنت دراسة عينات دقيقة وتحليل متكررة في مختبرات متعددة. وتناولت تراكيز الزئبق المقيسة في ٣٢ نوعاً من أنواع النفط لتحديد متوسط تركيز مجموع الزئبق الموجود في النفط الخام المكرر في كندا، بما يشمل النفط الكندي والنفط المستورد. وقد بلغ متوسط إجمالي محتوى النفط من الزئبق بحسب الحجم قرابة ٢,٦ ميكروغراماً من الزئبق في كل كيلوغرام من النفط (ما يساوي ٢,٦ جزءاً في المليار بالوزن). ووُجدت مستويات منخفضة في النفط الكندي بلغ متوسطها ١,١ ميكروغراماً في الكيلوغرام (١,١ جزءاً في المليار) في النفط المستخرج من شرق كندا و ١,٦ ميكروغراماً في الكيلوغرام (١,٦ جزءاً في المليار) في النفط المستخرج في غرب كندا، مقارنة بما يساوي ٤,٥ ميكروغرامات في الكيلوغرام (٤,٥ أجزاء في المليار) في النفط المستورد. وتراوح تركيز الزئبق في النفط الخام من ٠,١ ميكروغرامات إلى ٥٠ ميكروغرام في الكيلوغرام (٠,١ - ٥٠ جزءاً في المليار)، ولوحظ أن المستويات أدنى من تلك المبلغ عنها في المؤلفات. ولم تلحظ في مجموعة البيانات المشمولة بهذه الدراسة روابط قوية بين تركيز الزئبق والمحتوى الكبريتي، أو بين تركيز الزئبق وكثافة النفط. وأفادت تقديرات منظمة البيئة في كندا بأن الحد الأقصى لانبعاثات الزئبق الممكنة من تجهيز النفط أو استخدامه في كندا كان يتراوح في عام ٢٠٠٢ بين ١٩٧ و ٢٥٠ كيلوغراماً في السنة دون حساب إطلاقات الزئبق التي قد تحدث في مرحلة أسبق من التجهيز أي أثناء الاستخراج أو المناولة أو النقل.

٢٠- وفي حساب مجموع إطلاقات الزئبق من الغاز الطبيعي في كندا، أفادت دراسة أسبق بإنتاج ٥,٩ آلاف مليار قدم مكعب (حوالي ٠,١٧ آلاف مليار متر مكعب) من الغاز الطبيعي في عام ١٩٩٩. وتراوحت مستويات الزئبق في غاز الأنايب من أقل من ٠,٠٢ ميكروغرامات في المتر المكعب إلى ٠,١ ميكروغرامات في المتر المكعب. وبلغت أعلى المستويات المسجلة في غاز فوهة البئر قرابة ٢,٣ ميكروغرام في المتر المكعب. وإذا استخدمت هذه القيمة على أنها مستوى الزئبق المفترض في جميع الغازات، بمعدل إنتاج يساوي ١٦٧ مليار متر مكعب في السنة، فستكون كمية الزئبق المرتبط بإنتاج الغاز الطبيعي في كندا في حدود ٢١٧ كيلوغراماً. وإذا استخدم مستوى أدنى لكنه أكثر اتساقاً مع متوسط المستويات المكشوفة فستبلغ القيمة ١٣,٦ كيلوغراماً في السنة.

٢١- وبالاتناد إلى هاتين الدراستين، يقدر أن يتراوح مجموع إطلاقات الزئبق من قطاع النفط والغاز في كندا بين ٢١٠ كيلوغرامات و ٤٧٠ كيلوغراماً في السنة.

## كرواتيا

٢٢- تفيد حكومة كرواتيا بأنها تخزن في مولف ٨٠٠ كيلوغرام من الزئبق المستمد من إطلاقات قطاع النفط والغاز. وتدار هذه الكمية كنفائات خطيرة وتصدر بتلك الصفة أيضاً.

## الاتحاد الأوروبي

٢٣- جاء في تقرير بعنوان "تدفقات الزئبق والتخزين المأمون لفائض الزئبق" أن الزئبق يجب أن يزال من الغاز الطبيعي قبل التجهيز تجنباً لإلحاق أضرار بالمعدات، بما في ذلك الامتزاج بالفلزات في المحطة، مما يؤدي إلى التآكل نتيجة للطبيعة الأضعف للمزيج. ويمكن أن يصيب الزئبق المحفزات أيضاً، فيزيل فعاليتها إضافة إلى تكوين رواسب على جدران الأنابيب الفولاذية، وهو ما قد يفضي إلى تصنيف المعدات ضمن النفايات الخطرة. وبصفة عامة يجري احتباس الزئبق المزال من الغاز الطبيعي واسترداده كوحل لزج يحتوي زئبقاً. وفي هولندا، استرد من الوحل قرابة ١٤ طنناً من الزئبق في عام ٢٠٠٢ و ١٨ طنناً في عام ٢٠٠٣. وتنتج عن التصفية أيضاً نحو ٧ أطنان من الزئبق في عام ٢٠٠٢ و ٦ أطنان في عام ٢٠٠٣. وتفيد التقديرات بأن إنتاج الغاز في الاتحاد الأوروبي يمكن أن يولد نحو ٢٦ طنناً من الزئبق سنوياً.

## ألمانيا

٢٤- تفيد حكومة ألمانيا بأن الغاز الطبيعي المتأني من الودائع البرمية في شمال ألمانيا يمكن أن يحتوي زئبقاً بمحتويات تصل إلى ٤٥٠٠ ميكروغرام في المتر المكعب. ويمكن إطلاق الزئبق أو استخراجه خلال مراحل شتى من عملية الإنتاج. وتنتج أكبر كميات الزئبق كزئبق فلزي يتأني فوراً بعد مرور خليط النفط والغاز في آلة الحفر، نتيجة لإطلاق الغاز وتبريده في الخليط. ويمكن أن يكون الزئبق موجوداً في تركرات متنوعة في الوحل أو الوحل اللزج، ويمكن إيجاده في مصفات الكربون المفعل. وكثيراً ما يزال الزئبق من الوحل والمرشحات في مرفق تفرغ. وفي عام ٢٠٠٩، جُمعت ٩ أطنان من الزئبق الفلزي من إنتاج الغاز الطبيعي في شمال ألمانيا.

## إندونيسيا

٢٥- تحتوي بعض خزانات الغاز في إندونيسيا مادة الزئبق ويمكن إنتاج نفائات تحتوي زئبقاً من عمليات حقول الغاز. ولا توجد في إندونيسيا مرافق لاستعادة الزئبق؛ فالمنتجون مسؤولون عن تصريف نفائاتهم. وتفيد التقديرات بأن حقل الغاز الواحد يولد حوالي ٦٨٠ كيلوغراماً من الزئبق الطبيعي سنوياً، منها ما يصل إلى ٣٦ كيلوغراماً من الزئبق في المحفزات المستعملة، و ٠,١٢ كيلوغرامات في الكربون المفعل و ٠,٠٥ كيلوغرامات في الوحل. ويستخدم الزئبق الطبيعي المسترد في المختبرات وفي البحوث أو يعالج كنفائات، في حين ترسل المحفزات المستعملة إلى بلدان أخرى لمعالجتها. وتخزن النفائات الحاوية للزئبق في مرافق خاصة مرخص لها تطبق مبادئ توجيهية تقنية خاصة وتخضع لبرامج رصد وتحقق من الامتثال.

## النرويج

٢٦- في عمليات الاستخراج البحري للنفط والغاز، يساوي مجموع كمية الزئبق المطلقة في البحر أقل بقليل من ٢٠ كيلوغراماً سنوياً، في حين ازدادت الانبعاثات في الهواء من قرابة ١٥ كيلوغراماً في عام

٢٠٠٣ إلى أقل بقليل من ٢٠ كيلوغراماً في عام ٢٠٠٩. والمصدران الرئيسيان للإطلاقات في الهواء وللإطلاقات في المياه هما عمليات الحفر والماء المستخلص. وينتج الماء المستخلص عن الفصل الأولي بين الماء والغاز والنفط. وفي حقول النفط الأقدم، تحتوي خزانات النفط على كميات عالية نسبياً من الماء، مما يفضي إلى زيادة حجم الماء المستخلص. أما تركيز الزئبق فمخفض جداً، إذ كان إنتاج الزئبق من الماء المستخلص يناهز ٨ كيلوغرامات سنوياً على مدى العقد الماضي. ويجري التحقق من مستويات الزئبق في الماء المستخلص بواسطة اختبارات الكشف مرتين في السنة. وتساوي إطلاقات الزئبق من عمليات الحفر حالياً أقل من ١٠ كيلوغرامات سنوياً. وقد كانت الإطلاقات أعلى فيما مضى نتيجة استخدام مادة الباريت الغنية بالزئبق في الحفر، لكن إطلاقات الفلزات الثقيلة انخفضت عقب الاستعاضة عن تلك المادة بمادة الميت والباريت ذي المحتوى المنخفض من الزئبق. وتنشأ الانبعاثات في الهواء عن إشعال الغاز واستعمال الغاز الطبيعي في الدواليب علاوة على ديزل المحركات. وفي العمليات البحرية لا يسمح بالإشعال إلا لأسباب تتعلق بالسلامة. وتحدد الانبعاثات البحرية من الغاز الطبيعي والديزل باستخدام عوامل الانبعاثات.

٢٧- ويوجد أيضاً عدد من المرافق البرية داخل قطاع النفط والغاز في النرويج. وخلال تجهيز الغاز، يزال الزئبق بالترشيح لضمان التقيد بمواصفات المنتج. وتعوض المرشحات الحاوية للزئبق عند اللزوم، ويجري تناول المرشحات المستعملة ككفايات خطيرة على نحو سليم بيئياً. ويتراوح مجموع انبعاثات الزئبق من محطات الغاز النهائية بين كيلوغرام و١,٥ كيلوغرام سنوياً. وفي محطات تكرير النفط، تكون انبعاثات الزئبق منخفضة بحيث لا يمكن قياسها فتحسب باستخدام عوامل الانبعاثات. أما الإطلاقات فقريبة من الصفر، بما أن معامل التكرير تتحكم في محتوى النفط الخام المستلم من الزئبق، كما تقيم مصادر النفط الجديدة قبل الاستخدام. وقد تبرر معامل التكرير عدم استخدام النفط بحجة ارتفاع مستويات الزئبق.

### جمهورية كوريا

٢٨- نُشرت في عام ٢٠٠٧ دراسة بشأن مستويات الكربون في جمهورية كوريا، وبحثت الدراسة كمية الكربون في الوقود. وكانت مستويات وقود المركبات تناهز ٠,٥٧١ ميكروغرامات في اللتر من البترين و٠,١٨٥ ميكروغرامات في اللتر من الديزل و١,٢٣ ميكروغراماً في اللتر من غاز البترين السائل. وتراوح الانبعاثات لكل نوع من أنواع المركبات من ٠,٠٧ إلى ٢,٥ ميكروغرام في الساعة لمركبات البترين، ومن ٠,١ إلى ١,٩ ميكروغرام في الساعة لمركبات الديزل، ومن ٠,٧ إلى ٦,١ ميكروغرامات في الساعة للمركبات المستعملة لغاز البترين السائل. وتضمنت الدراسة تحليلاً لتركيزات الزئبق في الدم البشري بحسب أماكن الإقامة. ولم تقدم أية معلومات عن الأفراد عدا مكان إقامتهم. وكانت المستويات تناهز ٤,٥٥ ميكروغرامات في اللتر لدى الأفراد المقيمين على بعد مسافة أقصاها ٥٠ متراً من الطرق المزدحمة بالمركبات، في حين بلغت التركيزات ٣,٨٤ ميكروغرامات في اللتر لدى الأفراد المقيمين على بعد مسافات تفوق ٣٠٠ متر من نقاط الازدحام. ولوحظ أنه لا يوجد حالياً في السيارات جهاز خاص لتخفيض انبعاثات الزئبق، وأن الانبعاثات يمكن أن تكون مصدر قلق على الصعيد المحلي. بما أنها أُطلقت على المستوى الأرضي حيث يمكن أن يثير التعرض المباشر مشكلة. ولم تحسب أية تقديرات لمجموع انبعاثات الزئبق من استخدام الوقود في جمهورية كوريا.



## الاتحاد الروسي

٢٩- تنفيذ معلومات أعدّها مجلس القطب الشمالي كل من شعبة الاتحاد الروسي للمراقبة البيئية والتكنولوجية والذرية والوكالة الدائمية للحماية البيئية بأن تركيزات الزئبق في النفط الخام في الاتحاد الروسي تتراوح من ٨ ميكروغرامات في الكيلوغرام إلى ٣٦٠ ميكروغراماً في الكيلوغرام. وتسجل مستويات قابلة للمقارنة في أنحاء أخرى من المنطقة، غير أن أعلى المستويات سُجّلت في أوكرانيا بما يصل إلى ١١٥٠ ميكروغراماً في الكيلوغرام. ويفترض أن متوسط تركيزات الزئبق في النفط الخام في جميع بلدان هذه المنطقة الجغرافية يساوي ٣٠٠ ميكروغرام في الكيلوغرام. غير أن هذه القيمة المفترضة يمكن أن تمثل أسوأ الحالات إذ يرجح أن تستند إلى قياسات النفط الخام الغني بالزئبق. واقترح في التقرير تحليل عينات نفطية من حقول النفط الروسية الكبرى بهدف الحصول على تقديرات أكثر دقة.

٣٠- وبالنسبة إلى حقول الغاز تتراوح المستويات بين أقل من ٠,١ و ٧٠ ميكروغراماً في المتر المكعب، في حين تتراوح المستويات في السائل المكثف بين أقل من ٦٥ و ٦٢٣ ميكروغراماً في الكيلوغرام.

٣١- وفي تقدير مجموع الزئبق المعبأ نتيجة لاستخراج النفط استخدم متوسط مستوى تركيز يعادل ١٨٠ ميكروغراماً في الكيلوغرام في الاتحاد الروسي، إلى جانب تقدير لمجموع الإنتاج السنوي بما يعادل ٣٣٦ مليون طن من النفط، مما خلص إلى تقدير يعادل ٦١ طناً من الزئبق سنوياً. وفي حين يرجح أن يزال القدر الأكبر من هذا الزئبق خلال مرحلة الفصل الأولى، فلا تعرف الكمية المزالة ومآلها الأخير. وتفيد التقديرات بأن كمية الزئبق المتبقية في النفط خلال عملية التكرير تناهز ٣٢ طناً. وتفيد التقديرات أن الوقود الناتج يحتوي قرابة ٣,٤ أطنان من الزئبق. ويقارن ذلك بتقديرات مجموع الزئبق المطلق في الغلاف الجوي من احتراق الفحم في عام ٢٠٠٢ وقد بلغت كميته نحو ١٤,٣ طناً.

٣٢- وفي الغاز الطبيعي، يحتوي السائل المكثف للغاز على حوالي ١,٤ ميكروغرام في المتر المكعب، ويحتوي السائل المكثف للغاز على ٢٧٠ ميكروغراماً في الكيلوغرام والسائل غير القار المكثف للغاز على ٤٧٠ ميكروغراماً في الكيلوغرام. ويحتوي غاز الاستهلاك مستويات منخفضة جداً من الزئبق تقارب ٠,٠٥ ميكروغرامات في المتر المكعب. وتفيد التقديرات أن كمية الغاز والسائل المكثف للغاز المنتجة سنوياً قد تحتوي ما بين ٢ و ١٠ أطنان من الزئبق. وفي أنابيب الغاز، عادة ما يتكثف الزئبق على جدران الأنابيب، ويمتزج بعد ذلك في الغالب مع مواد الأنابيب مما ينتج عنه مستويات منخفضة جداً من الزئبق في آخر الأنابيب. وقد يمتص الزئبق في الأنابيب أو ينبعث في البيئة إذا كانت الأنابيب مفتوحة أو معطوبة. ويرجح أن يبعث إشعال الغاز ٦٥ كيلوغراماً من الزئبق سنوياً، فيما قد ينتج عن استخدام الغاز الطبيعي انبعاثات منخفضة جداً من الزئبق.

## جنوب أفريقيا

٣٣- تنفيذ تقديرات حكومة جنوب أفريقيا بأن معامل تكرير النفط تجهز نحو ١٨,١ مليون طن من النفط الخام سنوياً وتبعث قرابة ١٦٠ كيلوغراماً من الزئبق. ويقارن هذا بإجمالي انبعاثات الزئبق من جميع القطاعات الذي يساوي ٢٠ طناً علماً أن محطات الطاقة المشغلة بالفحم تطلق ما يقدر بنحو ٩,٧٥

أطنان من تلك الكمية. واستناداً إلى زيادات استهلاك النفط من المقدر أن تزداد في المستقبل انبعاثات الزئبق من النفط الخام.

### تاييلند

٣٤- في دراسة عن مآل الزئبق في محطة لتجهيز الغاز الطبيعي في تاييلند، سُجّلت مستويات زئبق في الغاز الطبيعي تتراوح من ١٠ ميكروغرامات في المتر المكعب إلى ٢٥ ميكروغراماً في المتر المكعب، وعُثر على الزئبق في الغاز وفي السائل المكثف للغاز وفي الماء المستخلص وفي الوحل. وخلال التجهيز، يتسرب نحو ٦٥ في المائة من الزئبق إلى الوحل ويسترد شيء منه في شكل زئبق أولي. وعُثر على نسبة ٢٨ في المائة في السائل المكثف للغاز (تركيزات تتراوح بين ٥٠٠ و ٨٠٠ جزء في المليار)، وعلى ٤ في المائة في الماء المستخلص (٣٠ جزءاً - ٨٠٠ جزء في المليار)، وعلى ٣ في المائة في الغاز الطبيعي المعالج. وفي هذه المحطة البحرية، يعالج الوحل والماء المستخلص ثم يجري تصريفهما بضعهما في آبار عميقة.

٣٥- واختُبر الزئبق البيئي في تاييلند بتحليل مياه البحر ومياه الأنهار والرواسب إضافة إلى الأنواع المائية. ولم يكن استخراج النفط والغاز وإنتاجهما وتجهيزهما المصادر الوحيدة للزئبق الموجود في البيئة، إذ يساهم عدد من القطاعات في الوسائط البيئية. وفي حين لم تقدم معلومات محددة عن القطاعات، يعتبر الاختبار آلية مفيدة لبحث مستويات الزئبق البيئية العامة.

٣٦- وفي اختبارات أجريت على بعد ١٠٠ متر و ٥٠٠ متر و ٢٥٠٠ متر من الساحل، سُجّلت المستويات متقاربة في عام ٢٠٠١ (إلى ٩٠ نانوغراماً في اللتر) وفي عام ٢٠٠٢ (إلى ٨٠ نانوغراماً في اللتر) وفي عام ٢٠٠٣ (إلى ٨٨ نانوغراماً في اللتر). وتمثل جميع هذه المستويات المعيار البيئي وهو ١٠٠ نانوغرام في اللتر. وفي مياه الأنهار، تراوحت المستويات من ٠,٠٥ ميكروغرامات إلى ١,٥ ميكروغرام في اللتر، فكانت أدنى من المعيار المكرس وهو ٢ ميكروغرام في اللتر. وأظهرت اختبارات الرواسب في عام ١٩٩٨ مستويات تتراوح من ٠,٠٠٥ إلى ٢,١٣٥ ميلغرام في الكيلوغرام بالجاف في حين تراوحت المستويات في عام ١٩٩٩ من ٠,٠٠٣ إلى ٠,٨٢٧ ميلغرامات في الكيلوغرام بالجاف. وفي عام ١٩٩٨، احتوى عدد صغير من العينات المختبرة مادة الزئبق بمستويات أعلى من معيار ميلغرام واحد في الكيلوغرام، وهو المعيار المستخدم في أستراليا ونيوزيلندا. وفي عام ٢٠٠١، أظهرت الرواسب المختبرة مستويات تراوحت من أقل من ٠,١٠ إلى ٠,٣٥ ميلغرامات في الكيلوغرام بالجاف، وبلغ متوسط المستويات المسجلة ٠,٢٣ ميلغرامات في الكيلوغرام بالجاف، في حين تراوحت في عام ٢٠٠٢ من ٠,٢١ إلى ٤,٩٦ ميلغرامات في الكيلوغرام بالجاف، على امتداد الساحل الشرقي. وفي مناطق أخرى، كانت المستويات أدنى، إذ احتوت جميع الرواسب المختبرة مستويات من الزئبق أدنى مما تنص عليه المبادئ التوجيهية المتعلقة بالتنوع في عدد من البلدان.

٣٧- وتراوحت مستويات الزئبق في الأسماك من أقل من ٠,٠٠٣ إلى ٠,٠٦٣ ميلغرامات في الكيلوغرام بالجاف الرطب، وهي دون المستويات التي حددها وزارة الصحة العمومية في تاييلند في ٠,٥ ميلغرامات في الكيلوغرام بالجاف الرطب. وكانت مستويات الزئبق في عينات الجمبري والرخويات التي خضعت بدورها للاختبار دون المستوى المعياري. وفي الاختبارات البحرية التي أجريت في عام ١٩٩٥ وُجدت مستويات تتجاوز المستوى المعياري. إلا أنه في العامين ١٩٩٦ و ١٩٩٨ تراجعت المستويات إلى دون المستوى المعياري. وعينات النسيج التي أُخذت من البحر في عام ١٩٩٨ احتوت على مستويات

زئبق تتراوح من ٠,٠٢٣ إلى ١,٥٧ ميلغرام في الكيلوغرام بالوزن الرطب، وتجاوز مستوى الزئبق في اثنين منها المستوى المعياري. وعلى أساس هذه النتائج خلص إلى وجود خطر على صحة البشر. وفي عام ٢٠٠١، وُجدت مستويات أقل في نسيج الأسماك، إذ بلغ فيها الحد الأقصى لمستويات التركيز المكتشف نسبة ٠,٥١ ميلغرامات في الكيلوغرام بالوزن الرطب.

٣٨- وحددت تايلند أهدافاً قوية بشأن إدارة النفايات تشمل التحول إلى برنامج خال من الصرف، ونظم معاملة يستخدمها مشغلو قطاع النفط والغاز. ويوجد برنامج رصد موسع لقياس فعالية تكنولوجيات الإزالة. ويسلّم بالحاجة إلى المزيد من المعلومات المتعلقة بأنماط استهلاك الأسماك لتحديد المستوى المقبول للزئبق في أنسجة الأسماك تحديداً أكثر دقة.

٣٩- وفي الأعوام ١٩٩٠ و ١٩٩٣ و ١٩٩٦، كشفت اختبارات التلوث التي أجريت في محيط منصة نفطية وجود دلائل قليلة على حدوث تلوث مهم. وكان مستوى الزئبق في مياه البحر مشابهاً للمستويات الطبيعية، أما فيما يتعلق بالرواسب فسجلت زيادة موقعية في التركيز حول المنصة، إذ وصل إلى المستويات الطبيعية في حدود ٥٠٠ متر. ومع أنه سُجّل ارتفاع طفيف في مستويات الزئبق الموجود في الأسماك في محيط المنصات، فإنها لا ترقى إلى معيار منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة المتمثل في ٠,٥ ميكروغرامات في الغرام بالوزن الرطب. وكاستراتيجية بشأن النفايات، أعيد الوحل الملوّث بالزئبق إلى خزانات مستهلكة، فيما عولج الماء المستخلص لإزالة الزئبق وملوثات أخرى قبل عملية الصرف. وفي حين يمكن أيضاً إعادة ضخ الماء المستخلص في الآبار مع الوحل، ينبغي احتواء أوجه القلق إزاء التلوث المتبادل أو الطفو على السطح قبل استخدام هذه التقنية على نطاق أوسع.

### الولايات المتحدة الأمريكية

٤٠- أحررت وكالة الولايات المتحدة لحماية البيئة، في تقرير صادر في أيلول/سبتمبر ٢٠٠١، تقييماً لإطلاقات الزئبق (بما في ذلك الانبعاثات في الهواء والنفايات الصلبة ومياه الصرف) الناجمة عن إنتاج النفط والغاز الطبيعي وتجهيزهما وإحراقهما. ويشير التقرير إلى أن التقديرات التي تمخضت عن التقييم تقدم فكرة تقريبية، لكنها أولية، عن الكميات الممكنة. واستندت إلى تقديرات منطقية بشأن تركيز الزئبق و إلى أحدث البيانات المتعلقة بالإنتاجية أو الأنشطة. وذكر التقرير أنه من غير الممكن تناول إجمالي تركيزات الزئبق في النفط الخام من الناحية الإحصائية، ويعزى ذلك جزئياً إلى عدم التيقن من البيانات التحليلية وأيضاً إلى عدم التوثيق المحكم لمصدر العديد من البيانات المبلّغ عنها في الكتابات.

٤١- ويحدد التقرير مراحل التجهيز التي يمكن أن يطلق فيها الزئبق. وتنتج النفايات الصلبة الرئيسية خلال الحفر، ولئن كان بعضها يولّد خلال الإنتاج والصيانة. ويمكن وضع النفايات الصلبة الناتجة عن تجهيز النفط والغاز في حفرة احتياطية من أجل تخزينها، وقد تُجمّد قبل عملية الصرف. وعقب التخزين في حفرة احتياطية، يمكن أن تكسّر بعض المواد الصلبة وتطرح بشكل طفيف على التربة. ولا بد من إجراء رصد منتظم لمكونات التربة، وما إن يتم بلوغ مستوى معين من التلوث، يصبح من غير الممكن طرح المزيد من النفايات. وستقبل بعض المرافق التجارية النفايات الصلبة الناتجة عن تجهيز النفط والغاز. ويعاد استخدام أو تصنيع كمية متزايدة من نفايات الحفر، إذ تعالج لإزالة الشوائب قبل إعادة استخدامها في حفر آبار أخرى. وتستخدم نفايات الحفر أيضاً في تغطية مدفن النفايات، وبناء أرضية السكك الحديدية، وتثبيت المصارف، ورمد آبار أخرى وهجرها.

٤٢- وخلال عملية الاستخراج يفصل بين السوائل الهيدروكربونية والغاز الطبيعي والماء. وفي فوهة البئر، يمكن أن يوجد الزئبق المفكك والعالق على حد سواء، ودخوله الأتوار المنفصلة يتوقف على عوامل فيزيائية وكيميائية وحركية. وأي زئبق أيوني ينبغي أن يدخل الطور المائي، أما شكله الأولي والعضوي فينبغي أن يقسّم إلى قطع هيدروكربونية سائلة. وتوزيع الزئبق الموجود في طور عالق يتوقف على حجم الجزيئية وما إذا كانت المادة العالقة قابلة للذوبان في الماء أو في الدسم. ويمكن أن يزال الزئبق الملصق بالجزئيات الواسعة في الطور المائي أو أن يُحتجز كوحل يزال خلال عملية التنظيف. وسيحتجز الزئبق الغروي خلال عملية الفصل بسبب الهيدروكربونات السائلة. ويعتبر تقسيم الزئبق في الطور الغازي أمراً معقداً لأن فترة مكوثه القصيرة في جهاز الفصل لا تسمح ببلوغ توازن حقيقي.

٤٣- وعموماً، لا يتسرب الزئبق من سوائل، مثل النفط، خلال عملية النقل. وفي عملية إنتاج النفط، يمكن أن تحدث تفاعلات مع الأنايب الفولاذية، لاسيما مع الغاز الرطب، مما يؤدي إلى تآكل ينتج عنه تكون طبقة غنية بالزئبق على سطح الأنبوب.

٤٤- وخلال عملية التكرير، يمكن أن تساهم مراحل مختلفة في إزالة الزئبق من النفط أو الغاز. ففي مرحلة انتزاع الملح، يغسل النفط بالماء لإزالة الأملاح القابلة للذوبان، مما قد يؤدي إلى إزالة الزئبق العالق والإيوني. وفي مرحلة التقطير، تتراجع مستويات الزئبق في عمليات تفرقة النفط الخام المنجزة في حرارة مرتفعة. ولا يوجد كبريتيد الزئبق العالق في النفط الخام المرشّح. وحيثما لا يخضع النفط الخام لعملية الترشيح لا يكون كبريتيد الزئبق على العموم موجوداً لأن جزئيات كبريتيد الزئبق العالقة عادة ما تمكث في القسم الأسفل عند عملية التقطير الأولية وتلتصق بالنفط الثقيل والكوك عند عملية التقطير بالتفريغ. ومتوسط محتوى الزئبق في الكوك النفطي يبلغ حوالي ٥٠ جزءاً في المليون، ويوجد الزئبق على العموم في شكل كبريتيد الزئبق أو سيلينيد الزئبق. وعموماً، يحتوي ماء صرف معامل التكرير على نسبة ضعيفة من الزئبق تبلغ حوالي ١ جزءاً في المليون.

٤٥- وفي عملية تجهيز الغاز تزال الملوثات بالفصل بالتجميد أو بالإسالة. وقد يؤدي الفصل بالتجميد إلى تكثف الزئبق. وإزالة الزئبق من الغاز ضروري في عمليات السلامة، لأن وجود أي زئبق سائل مكثف في الغاز قد يهاجم المبادلات الحرارية المصنوعة من الألومنيوم.

٤٦- وتتجسد الأسباب الرئيسية لاحتمال حدوث تلوث بيئي بالزئبق في قطاعي إنتاج النفط والغاز وتجهيزهما في الإطلاقات في مياه الصرف أو تدفقات النفايات الصلبة أو الانبعاثات الهوائية. ويمكن أن تصرف المياه المستخلصة في البيئة أو يعاد ضخها. ومياه الصرف الناجمة عن إنتاج النفط والغاز وتجهيزهما في الولايات المتحدة تنظم من خلال برامج تراخيص لحماية المياه الجوفية والمياه السطحية.

٤٧- وفي عام ٢٠٠٤ قُدّرت كمية الزئبق المطلقة في خليج المكسيك جراء عملية الاستكشاف والحفر في البحر بما يعادل ٠,٨ أطنان في السنة. واستندت هذه التقديرات إلى أقصى حد لتركز ١ جزءاً في المليون من الزئبق في الباريت المستخدم في سائل الحفر، إلى جانب بيانات بشأن الباريت المصروف لكل قدم من بئر محفور. وقدم تقرير وكالة حماية البيئة لعام ٢٠٠١ تقديرات تقريبية بشأن الزئبق الموجود في مياه الصرف الناجمة عن إنتاج النفط والغاز وتكريرهما في الولايات المتحدة، عن طريق استيقاء التقديرات المتعلقة بالتركز من مجموع معلومات منشورة عن مستويات الزئبق في مياه الصرف وتطبيقها على معدلات الإنتاج المقدرة للفترة المحيطة بعام ١٩٩٩. وبوجود ما يقدر بحوالي ١ جزء في المليون من الزئبق

في كل ٠,٥ تريليونات لتر من الماء، سيدخل قرابة ٢٥٠ كيلوغراماً من الزئبق إلى البيئة المائية سنوياً بفعل إنتاج النفط والغاز في الولايات المتحدة. ويصعب أكثر تقدير محتوى الزئبق في مياه صرف معامل التكرير. إلا أنه باستخدام تقدير لا يتجاوز ١ جزءاً في المليار من الزئبق، مع إنتاج حوالي ١,٥ مليار برميل في السنة، يُخلص إلى وجود حوالي ٢٥٠ كيلوغراماً من الزئبق في مياه صرف معامل التكرير في السنة.

٤٨- ويمكن أن ينبعث الزئبق في الهواء من الاحتراق النهائي للوقود والانبعاثات الهاربة واشتعال الغاز. ويشعل الغاز عندما ينتج باشتراك مع النفط، وحيثما يكون خيار إشعال الغاز أقل كلفة من تجميعه ونقله. وتفيد تقديرات تقرير وكالة حماية البيئة لعام ٢٠٠١ أن إشعال الغاز من فوهات الآبار في الولايات المتحدة يؤدي إلى إطلاقات زئبقية تبلغ حوالي ٧ كيلوغرامات في السنة. ولا يشمل هذا التقدير أي زئبق ناتج عن عمليات الإشعال في معامل التكرير. وتفيد التقديرات أن الغازات الهاربة المنبعثة من فوهات الآبار تساهم في حوالي ١٠ كيلوغرامات من مجموع انبعاثات الزئبق في السنة.

٤٩- وخلال إنتاج النفط ونقله وتجهيزه يحمل ألاً تتجاوز انبعاثات الزئبق أكثر من ١٨٥ كيلوغراماً، بافتراض أن متوسط التركيز في النفط يبلغ ١٠ أجزاء في المليار. وفي حين يسلم بوجود الزئبق في تدفقات النفايات الصلبة الناتجة عن عملية التكرير، يصعب تقدير كميته.

٥٠- ولاحظ استقصاء دراسات تضمنه تقرير وكالة حماية البيئة لعام ٢٠٠١ وجود تباين كبير في مستويات الزئبق في أشكال النفط الخام. وخلصت دراسة أخرى بشأن تحليل النفط الخام المجهز في الولايات المتحدة في عام ٢٠٠٤، انطلاقاً من ١٧٠ مصدرًا، إلى متوسط لتركز الزئبق يبلغ ٧,٣ ميكروغرامات في الكيلوغرام، ويتراوح من دون حد الكشف (٠,٥ ميكروغرامات في الكيلوغرام) إلى ٦٠٠ ميكروغرام في الكيلوغرام. وأفادت التقديرات أن مجموع الزئبق الموجود في النفط المجهز سنوياً داخل الولايات المتحدة كان أقل من ٥ في المائة من الزئبق الموجود في الفحم خلال الفترة ذاتها. وفي عينات من النفط المستورد، احتوى النفط من آسيا على أعلى متوسط بنسبة تعادل ٢٢٠ ميكروغراماً في الكيلوغرام. وسُجّل أضعف متوسط لمستويات الزئبق، بما يعادل ٠,٨ ميكروغرامات في الكيلوغرام، في النفط المستورد من الشرق الأوسط، فيما تراوح متوسط مستويات الزئبق في النفط المستورد من مناطق أخرى (أفريقيا وأوروبا وأمريكا الجنوبية وأمريكا الشمالية) بين ١,٣ ميكروغراماً و ٨,٧ ميكروغرامات في الكيلوغرام.

٥١- وكشفت دراسة أنجزتها وكالة حماية البيئة في عام ٢٠٠٢ أن مستويات الزئبق في المنتجات المكررة متباينة، إذ تبلغ مستوياته في السوائل المقطرة الخفيفة وزيت الوقود حوالي ٠,٠٠١ أجزاء في المليون، وفي البترين والديزل أقل من ٠,٠٠٥ أجزاء في المليون، وفي الكوك النفطية حوالي ٠,٠٥٠ أجزاء في المليون. وأشار نموذج بشأن توازن الكتلة يُستخدم في إنتاج النفط في الولايات المتحدة إلى أنه في حال بلغ مستوى الزئبق حوالي ٠,٠١٠ أجزاء في المليون، فإنه سيبلغ قرابة ٨٥٠٠ كيلوغرام في مجموع النفط الخام وحوالي ٧٠٠٠ كيلوغرام في منتجات معامل التكرير. وباعتبار أن ١٥ في المائة تقريباً من منتجات معامل التكرير (الأسفلت وزيت التشحيم) لم تكن موجهة للاحتراق، فإن انبعاث ٦٠٠٠ كيلوغرام كان سببه احتراق منتجات معامل التكرير في عام ١٩٩٩. وعادة ما يكون مستوى الزئبق في الغاز الطبيعي الموجه للتوزيع منخفضاً. وحساب القيم كان عند مستوى أقل من حدي كشف: ٠,٠٢

ميكروغرامات في الكيلوغرام ٠,٢ ميكروغرامات في الكيلوغرام. واستخدام هذين الحدين يعطي من حوالي ١٠ كيلوغرامات إلى ١٠٠ كيلوغرام من الانبعاثات، بالاستناد إلى احتراق الغاز الطبيعي في عام ١٩٩٩. ويرجح أن يطلق احتراق زيت الوقود حوالي ١١ طنًا من الزئبق في السنة، إذ يبلغ الزئبق في البترين حوالي ٠,٤٦ أطنان، وفي قطارة الزيت حوالي ٠,٢١ أطنان، وفي الزيت المستعصي حوالي ٠,١٦ أطنان، وفي وقود أو كيروسين الطائرات حوالي ٠,١٠ أطنان. وليست واضحة النسبة التي يمكن التقاطها من هذا الزئبق في غاز المداخن.

٥٢- وتفيد تقديرات دراسة أنجزت لاحقاً في الولايات المتحدة بشأن استخدامات الزئبق وإطلاقاته أنه استخدم حوالي ٧ مليارات غالون من الزيت المستعصي و٦,١ مليارات غالون من قطارة الزيت في الولايات المتحدة، وتوزع الاستخدام بين استخدام المرافق وخارج المرافق والمنازل. وأفادت التقديرات أن محتوى الزئبق في النفط بلغ ٠,٠٠٤ أجزاء في المليون في الزيت المستعصي و٠,٠٠١ في قطارة الزيت. وأفادت التقديرات أن إطلاقات الزئبق في الهواء نتيجة الاحتراق قاربت ٠,٤ أطنان في السنة فيما يتعلق باستخدام المرافق، و٥ إلى ٧,٧ أطنان في السنة فيما يتعلق باستخدام خارج المرافق، و٢,٨ طنًا إلى ٣,٢ أطنان في السنة فيما يتعلق باستخدام المتزلي. ويسجل أكبر قدر من الإطلاقات في النفايات الصلبة في قطاع المرافق حيث تكون عمليات مراقبة تلوث الهواء أكثر شيوعاً. وأفادت التقديرات أنه أُطلق أقل من ٠,٥٥ أطنان في السنة في قطاع المرافق وأقل من ٠,١٣ أطنان في السنة في استخدامات خارج المرافق، في حين أن نسبة الإطلاقات المتزلية ضئيلة جداً. وأتيحت بيانات محدودة عن انبعاثات الزئبق وإطلاقاته في تكرير النفط في الولايات المتحدة.

٥٣- ويمثل السجل الوطني لوكالة حماية البيئة المتعلق بالانبعاثات المصدر الرئيسي لبيانات الانبعاثات في الهواء بالنسبة إلى الولايات المتحدة. ويتضمن بيانات الانبعاثات المقدمة من الوكالات البيئية الحكومية على صعيد الولاية والقبيلة وعلى الصعيد المحلي. وتكمل وكالة حماية البيئة هذه البيانات ببيانات تجمّعها خلال وضع لوائحها التنظيمية وتنفيذها وبيانات من سجل إطلاق السمّيات ومن وكالات اتحادية أخرى. والسجل الوطني للانبعاثات يخضع لاستعراض دائم بغية تحسين نوعية البيانات. ومعظم التقديرات الوطنية الحالية المتعلقة بانبعاثات الزئبق الجوية تعود إلى عام ٢٠٠٥، واستُخدمت في إعداد التقييم الوطني لعام ٢٠٠٥ المتعلق بالسمّيات. وتشمل تقديرات هذا السجل بشأن انبعاثات الزئبق أقل من ٠,١ أطنان في السنة نتيجة استخدام التربة كوقود لوحات توليد الطاقة الكهربائية وحوالي طنين في السنة نتيجة استخدام التربة كوقود للمراجل وأجهزة التدفئة في الأوساط الصناعية والتجارية والمؤسسية. ووكالة حماية البيئة ستجمع على امتداد عدة أشهر قادمة معلومات جديدة من القطاع تتعلق بانبعاثات الملوثات، بما فيها الزئبق، في الغلاف الجوي انطلاقاً من قطاع تكرير النفط.

#### معلومات أخرى عن مستويات الزئبق في النفط والغاز

٥٤- سُجّلت في بحر الشمال في عام ١٩٩٥ مستويات من الزئبق في الغاز تراوحت بين ٥٠ و١٥٠ ميكروغراماً في المتر المكعب بالقرب من خطوط الوسط الألمانية الهولندية، في حين سُجّلت مستويات أدنى بكثير بلغت ١٠ ميكروغرامات في الكيلوغرام في النفط و٥ ميكروغرامات في المتر المكعب في حقول بحر الشمال الوسطى داخل المياه التابعة للمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية. وفي عينات النفط والسائل المكثف للغاز والمياه المأخوذة من حقول في المياه الشمالية لبحر الشمال والبحر

الأيرلندي التابعة للمملكة المتحدة، كانت المستويات أيضاً دون ميكروغرام واحد في الكيلوغرام من النفط وميكروغرام واحد في المتر المكعب من الغاز. ورغم ارتفاع المستويات في جنوب بحر الشمال، فقد كانت مستويات الزئبق في المياه المحيطة بمرافق الإنتاج في حدود المستويات المعقولة المسجلة في المحيطات وبلغت ٠,٠٠٥ ميكروغرامات في اللتر من الماء.

٥٥- وفي محطة لتجهيز الغاز الطبيعي في شرق آسيا، أفادت التقديرات باستخراج ٢٢٠ كيلوغراماً من الزئبق سنوياً بالاستناد إلى قيم الإنتاج، علماً أن الغاز الخام يحتوي من الزئبق ٧٠ ميكروغراماً في المتر المكعب. ويزال من الزئبق لدى إزالة الغاز الحامض واستعادة الكبريت ما يناهز ٢٢ كيلوغراماً في السنة. وتزال خلال عمليات التجفيف ٣ كيلوغرامات إضافية في السنة، في حين يزال من سائل المكثف للغاز ٤٥ كيلوغراماً في السنة. وقد يحتوي الغاز المباع كمية تصل إلى ١٥٠ كيلوغراماً في السنة.

٥٦- وأفاد أحد التقارير بوجود مستويات مرتفعة من الزئبق في الغاز الطبيعي شمال ألمانيا حيث بلغت ٥٠٠٠ ميكروغرام في المتر المكعب، في حين تسجل مستويات أدنى بكثير في أفريقيا والولايات المتحدة. وأفاد التقرير ذاته بأن بعض عينات النفط الخام احتوت مستويات بالغة الارتفاع (٣٠ جزءاً في المليون)، في حين كانت معظم القيم دون ٠,٠١٠ أجزاء في المليون. وفي منتجات معامل التكرير كانت المستويات دون ١٠ أجزاء في المليار في غاز البترين السائل، وتراوح بين ٠,٢٢ و ٣,٢ أجزاء في المليار في البترين، وبين ٠,٤ و ٣ أجزاء في المليار في الديزل، وبين ٣ أجزاء و ٦٠ جزءاً في المليار في النافثا، وبلغت ٢٥٠ جزءاً في المليار في الكوك النفطية. ويبين هذا التقرير أن مستويات الزئبق في النفط والغاز منخفضة.

٥٧- وأفادت دراسة أخرى بأن مستويات الزئبق في خزانات الهيدروكربون تتزايد نتيجة لزيادة استخدام الخزانات الأعمق والأكثر حرارة ولزيادة معالجة الغاز في درجة حرارة أدنى. وسُلم بأن مستويات الزئبق تثير مشكلة، وشُدّد بقدر أكبر على قضايا الصحة والسلامة والبيئة. ولوحظ أن الزئبق موجود في بيئات جيولوجية متنوعة، لاسيما حيثما تمعدن في درجة حرارة منخفضة على بعد كيلومتر من السطح. وعلى وجه التحديد، يرجح أن تحتوي الصخور ذات منشأ بركاني وتحويلي وحرماثي أو كامل مستويات أعلى من الزئبق. وبات من الممكن اليوم بفضل زيادة معرفة الهياكل الجيولوجية المقترنة عموماً بارتفاع مستويات الزئبق التنبؤ بمستويات الزئبق بدقة أكبر مما مضى بالاستناد إلى القرب من التكوينات البركانية ومحتوى ثاني أكسيد الكربون في الخزانات والاتجاهات الإقليمية واعتبارات أخرى. ويمكن أن يساعد ذلك على التخطيط لاختبارات الآبار وعلى إقرار الضوابط اللازمة أثناء المعالجة.

## ثانياً - تدابير التصدي للزئبق في قطاع النفط والغاز، بما في ذلك تكنولوجيات المراقبة والضوابط الوطنية والإقليمية

٥٨- استحدثت عمليات إزالة للزئبق، وهي عمليات فعالة لمعالجة الغاز الرطب والغاز الجاف، وتنطوي على خطر تكثف شعري (أو إثقال معدات الامتصاص بالسائل المكثف) ضعيف. وقد تُفضّل إزالة الزئبق بالقرب من نقطة الاستخراج، مثل الإزالة من غاز التغذية سعياً إلى التخفيض إلى أدنى حد من احتمال الإطلاقات العارضة. غير أن النفط الخام يجب أن يكون في تلك الحالات نقياً نسبياً لتجنب خطر إعطاب معدات الإزالة بمادة صلبة. ومعدات الامتصاص ذات القاعدة الثابتة عبارة عن نظم قائمة

بذاتها ويمكن من ثم أن تقلل الحاجة إلى الانتباه من جانب مشغلي المحطة. وإعادة تصنيع معدات الامتصاص المستعملة يمكن تجنب إطلاقات الزئبق في البيئة. واستخدام نظم مخصصة لإزالة الزئبق شائع بقدر أكبر في مرافق تجهيز الغاز وفي مرافق إنتاج المواد الأولية للمواد الكيميائية، في حين يضعف الإقبال على تركيبها في مرافق إنتاج الوقود. وتشمل النظم المتاحة قواعد ماصة لإزالة الزئبق، التي تتسم بتغطية الطبقة التحتية بمكونات تفاعلية وباحتباس مكون الزئبق الثابت في القاعدة الماصة. ويمكن أن يكون الكبريت فعالاً لمعالجة الغاز، لكنه قد يتعين استخدام نظم كبريتيدية لمعالجة الغاز الرطب أو السوائل. وقد يكون استخدام الكربون المشبع باليوديد، والكبريتيد الفولاذي الموضوع على الكربون أو أكسيد الألومنيوم، أو الفضة، أو الكبريتيد الفولاذي والمهدرج، أساليب مفيدة لمعالجة السوائل الحاوية للزئبق، بما يشمل إزالة الزئبق العضوي على نحو فعال.

٥٩- ويمكن أيضاً إزالة الزئبق من تدفقات الغاز الطبيعي باستخدام وحدات امتصاص (مثل وحدات HgSIV)، وهي منتجات منخلية جزئية تحتوي فضة على الجهة الخارجية للحيبة أو الخرزة المنخلية الجزئية. ويمكن استخدامها إما كوحدة قائمة بذاتها أو مقترنة بوحدة التجفيف القائمة للحصول على غاز جاف خال من الزئبق. وفي بعض الوحدات المركبة، يمكن تخفيض مستويات الزئبق من قيم تتراوح بين ٢٥ و ٥٠ ميكروغراماً في المتر المكعب في غاز التغذية إلى مستويات دون حد الكشف (٠,٠١ ميكروغرامات في المتر المكعب) في الغاز الناتج.

٦٠- وفرضت بعض البلدان المنتجة ضوابط تنظيمية على قطاع النفط والغاز بهدف التصدي لانبعاثات الزئبق وإطلاقاته. وتقوم حكومات كثيرة بتقييد وتنظيم صرف الزئبق، إذ تلزم الشركات بحساب الزئبق في جميع تدفقات النفايات الناتجة وفي المنتجات المباعة في الأسواق التجارية. ويقيد الصرف البحري للماء المستخلص، وقد يستدعي معالجة المياه بأساليب مثل التصفية والمعالجة الكيميائية. ويشترط استخدام تكنولوجيات المراقبة لإزالة الزئبق من النفط والغاز في قطاعات كثيرة. بما فيها الاستخراج والتجهيز والاستخدام، بهدف التصدي إلى الشواغل المتصلة بالتآكل وتسميم المحفرات وبالصحة والسلامة.

٦١- وفي النرويج، لا بد من الحصول على موافقة خاصة لإشعال الغاز أو حرقه في مواقع الإنتاج، عدا الغاز اللازم للسلامة التشغيلية. وأفادت كندا في عام ٢٠٠٣ بأن اعتماد برامج الرصد والتنظيم أدى إلى تخفيض الانبعاثات بنسبة ٧٠ في المائة. وفي بعض البلدان، أنشئت مرافق للحد من إشعال الغاز، مما أدى إلى تخفيضات في انبعاثات الزئبق، وشملت تلك البرامج تدابير تسييل الغاز الطبيعي لأغراض التصدير أو استخدام الغاز في الموقع. وفي نيجيريا تستخدم بعض المرافق الغاز الذي كان سيحترق أو يطلق لتشغيل تجهيزات المنصة وإنتاج الإسمنت والأسمدة وإنتاج غاز يمكن استخدامه كوقود للسيارات. وقيل إن هذه الأنشطة يمكن أن تفضي إلى تخفيض عام في انبعاثات الزئبق حتى في غياب ضوابط إضافية للانبعاثات، بما أنها كانت تستخدم مصادر وقود أخرى قد تحتوي زئبقاً. وفي بعض الحالات تعيد الشركات ضخ الغاز الطبيعي في الآبار بدلاً من إطلاقه. ورغم أن هذا الإجراء مقترن بتكاليف إضافية، فإنه يمكن أن يسر إنتاج النفط بزيادة الضغط في الآبار.



٦٢- وتوجد في كل من إندونيسيا وتايلند ضوابط تنظيمية كثيرة للتقليل إلى أدنى حد من إطلاقات الزئبق في البيئة. وهي تشمل آليات التحقق والامتثال التي تكفل عدم تجاوز مستويات الزئبق في البيئة المعايير المحددة.

٦٣- وتوجد في الولايات المتحدة ضوابط مفروضة على ما يسمح به من استعمالات للنفايات الصلبة والسائلة لقطاع النفط والغاز، وتقوم هذه الضوابط بالأساس على مستوى التسمم بالزئبق وبمواد أخرى تثير القلق ويمكن أن تؤثر على البيئة.

٦٤- وتوصي دراسة قدمها في عام ٢٠٠٨ مستشارون مستقلون في أحد المنتديات القطاعية بأن إدارة الزئبق في مرافق تجهيز النفط والغاز ينبغي أن تقوم على تقييمات خطر مفصلة. وتفيد الدراسة بأن الخطر يعتبر ضعيفاً إذا ما كانت مستويات الزئبق دون خمسة أجزاء في المليار في حالة السوائل (خمس ميكروغرامات في المتر المكعب في حالة الغازات)، وتوصي بالتركيز على رصد إجمالي الزئبق لضمان عدم حدوث زيادات، وبالاهتمام على وجه الخصوص بالنقاط الساخنة المعروفة في العملية. وعندما تتراوح مستويات الزئبق بين خمسة أجزاء و ١٠٠ جزء في المليار في السوائل، قد يكون من اللازم تحديد نوع الزئبق الموجود فيها. وإذا تبين أن ما يزيد عن ٧٥ من ذلك الزئبق زئبق أولي ينبغي تطبيق تدابير حماية العمال لتفادي الاستنشاق والامتصاص الجلدي كما ينبغي رصد المستويات بمزيد من التواتر والتفصيل. وبالنسبة إلى المصادر شديدة الخطورة التي تفوق فيها تراكيز الزئبق ١٠٠ جزء في المليار، يتعين تحديد النوع بالتفصيل والقيام برصد متواتر وفرض ضوابط صارمة. وتعتبر حماية البيئة أصعب في هذه الحالات.

## معلومات مستخدمة في إعداد هذا التقرير

- ACAP, 2005 Assessment of mercury releases from the Russian Federation. Prepared for the Arctic Council by the Russian Federal service for Environmental, Technological and Atomic Supervision and the Danish Environmental Protection Agency, 2005.
- Advanced mercury removal technologies. Hydrocarbon Processing. Houston, December 2010.
- Boatman, M.C. (2004) Estimate of annual metric tons of mercury discharged with barite. Online at: <http://www.gomr.mms.gov/homepg/regulate/environ/mercury.html>.
- Carnell, P.J.H., Openshaw, P.J. Mercury distribution in gas processing plants. Johnson Matthey Catalysts, Billingham, Cleveland, United Kingdom.
- Carnell, P.J.H., Foster, A. and Gregory, J. (2005) Mercury matters. Hydrocarbon Engineering, December 2005.
- Catchpole, S. (2009). Mercury removal in hydrocarbon streams. PTQ Catalyste, 39 – 45.
- Chambers, A. and Supeene, G. Potential mercury emissions from natural gas production in Canada, for Mercury Programmes, National Office of Pollution Prevention, Environment Canada, by. October 25, 2002.
- Chongprasith, P. et al. Mercury situation in Thailand. Ministry of Natural Resources and Environment.
- Corvini, G., Stiltner, J. and Clark, K., Mercury removal from natural gas and liquid streams. UOP LLC, Houston, Texas.
- Crippet and Chaos (1997) Mercury levels in natural gas and current measurement techniques. – Gas quality and environmental measurement symposium, Orlando 1992.
- Croatia: Information on releases of mercury from the oil and gas sector (follow up from INC2).
- CSIR, Presentation on South Africa mercury emissions from point sources in South Africa.
- Enhance mercury removal from naphtha. Hydrocarbon Processing. Houston, December 2006.
- Environment Canada (2007) Mercury in crude oil refined in Canada. Prepared by Hollebhone, BP and Yang CX, October 2007.
- European Commission (2006) Mercury flows and safe storage of surplus mercury. Prepared by Peter Maxson, Director, Concorde East/West Sprl.
- Gangstad, A. and Berg, S. (2006) Mercury in crude oil and natural gas – a concern for the oil and gas industry.
- Germany (2011) German information on releases of mercury from the oil and gas industry (follow-up on INC2, 24–29(*sic*) January 2011, Chiba; Japan).
- Gildert, G., Karavacioglu, H. A. and Carnell P.J.H., 2010 mercury removal from liquid hydrocarbons in ethylene plants. AIChE Paper number 135c, 2010.
- Graham, J. (2010) Select trace elemental composition of fuel oil used in the Northeastern United States. EM, May 2010 pp 16-22.
- Jong Hyun Won, Jae Young Park, Tai Gyu Lee (2007) Mercury emissions from automobiles using gasoline, diesel and LPG. (2007). Atmospheric Environment 41 (2007) 7547-7552.
- Marck, W.S. et al (2004) Mercury in crude oil process in the United States. Mercury Technology Services.
- Mercury in hydrocarbon reservoirs. BRMIGAS – NORAD – PETRAD – INTSOR – CCOP. Seminar on stranded gas, including low permeability reservoirs and mercury issues.
- Mercury removal from liquid hydrocarbons. Hydrocarbon Asia, Refining Gas Processing and Petrochemical Business Magazine (July/August 2006).

Natural gas flaring and venting: opportunities to improve data and reduce eEmissions. Report to the Honorable Jeff Bingaman, Ranking Minority Member, Committee on Energy and Natural Resources, United States Senate. July 2004. GAO-04-809.

Nelson, P.F. et al, December 2009 Mercury sources, transportation and fate in Australia. Final report to the Department of Environment, Water, Heritage and the Arts RFT 100/0607.

North Sea operators plan measures to capture mercury in production. 1999 Oil and Gas Journal.

Norwegian Climate and Pollution Agency, 25 March 2011. Information from Norway on releases of mercury from the oil and gas sector.

Pongsiri N (1999) Initiatives on mercury. SPE Prod. & Facilities 14(1) 17 – 20.

Sani, Rasio Ridho Presentation on management of mercury-containing wastes from oil and gas operations in Indonesia.

United Nations Environment Programme (UNEP). (2002): *Global Mercury Assessment*. UNEP Chemicals Mercury Programme.

UNEP (2008) Global atmospheric mercury assessment: sources, emissions and transport, December 2008.

UNEP(2006) Summary of supply, trade and demand information on mercury.

UNEP (2005) Toolkit for identification and quantification of mercury releases pilot draft, November 2005.

UNEP (2006) Guide for reducing major uses and releases of mercury, June 2006.

Report on current supply and demand for mercury, including projections considering the phase-out of primary mercury mining (UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.2/6)

United States Energy Information Administration (2010) International Energy Outlook, Chapter 2

United States Environmental Protection Agency (2000) Office of Compliance Sector notebook project: profile of the oil and gas extraction industry. October 2000 EPA/310-%-99-006.

United States Environmental Protection Agency, Mercury in petroleum and natural gas: estimation of emissions from production, processing and combustion. Prepared for the Office of Air Quality Planning and Standards by the National Risk Management Research Laboratory, Research Triangle Park, NC 27711, September 2001 EPA/600/R-01/066.

United States Environmental Protection Agency (2002) Use and release of mercury in the United States, December 2002. EPA/600/R-02/104.

United States Environmental Protection Agency (2005) National air toxics assessment inventory. <http://www.epa.gov/ttn/atw/nata2005/tables.htm>.

United States National Science and Technology Council, Committee on the Environment and Natural Resources. (2004) “Methylmercury in the Gulf of Mexico: state of knowledge and research needs” June 2004.

Wilhelm, S. Mark (2001). Estimate of mercury emissions to the atmosphere from petroleum. Environmental Science and Technology, Vol. 35 No. 24.

Wilhelm, S.M., Liang, L., Cussen, D. and Kirchgessner, D. (2007) Mercury in crude oil processed in the United States. Environmental Science and Technology, American Chemicals Society, 41(13), 4509.

Wilhem, S.M. et al (2008) Mercury in Southeast Asia produced fluids – holistic approach to managing offshore impacts. International Petroleum Technology Conference, Kuala Lumpur, 3–5 December 2008.

---