IAEA BULLETIN

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرّية

نيسان/ أبريل ٢٠١٦ • www.iaea.org/bulletin

الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية

يصدرها

مكتب الإعلام العام والاتصالات

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

العنوان: P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

الهاتف: ٢١٢٧٠-٢٦٠٠ (١-٤٣)

الفاكس: ٢٩٦١٠-٢٦٠٠ (١-٤٣)

البريد الإلكتروني: iaeabulletin@iaea.org

المحرِّر: ميكلوس غاسبر

مديرة التحرير: آبها ديكسيت

المحررون المساهمون: نيكول جاويرث، لورا غيل مارتينيز

المستشارون التقنيون: فلادان لجوبينوف، فلاديمير ميشال، هورست مونكين-فيرناندیز، باتريك أوسوليفان، غيرهارد برويهل، جون روات

التصميم والإنتاج: ريتو كين

مجلة الوكالة متاحة على العنوان التالي:

www.iaea.org/bulletin

يمكن استخدام مقتطفات من مواد الوكالة التي تتضمنها مجلة الوكالة في مواضع أخرى بِحُرِّية، شريطة الإشارة إلى المصدر. وإذا كان مبيّنا أنَّ الكاتب من غير موظفي الوكالة، فيجب الحصول منه أو من المنظمة المصدِرة على إذن بإعادة النشر، ما لم يكن ذلك لأغراض العرض.

ووجهات النظر المُعرَب عنها في أي مقالة موقّعة واردة في مجلة الوكالة لا تُمثِّل بالضرورة وجهة نظر الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ولا تتحمَّل الوكالة أي مسؤولية عنها.

الغلاف:

نتائج ناجحة للاستصلاح البيئي

في موقع اليورانيوم بيلزان، منطقة ليموزان، فرنسا.

(الصورة من: AREVA/France)

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

تكمن مهمة الوكالة الدولية للطاقة الذرية في منع انتشار الأسلحة النووية ومساعدة كل البلدان، لاسيما في العالم النامي، على الاستفادة من استخدام العلوم والتكنولوجيا النووية استخدامًا سلميًا ومأمونًا وآمنًا.

وقد تأسَّست الوكالة بصفتها منظمة مستقلة في إطار الأمم المتحدة في عام ١٩٥٧، وهي المنظمة الوحيدة ضمن منظومة الأمم المتحدة التي تملك الخبرة في مجال التكنولوجيات النووية. وتساعد مختبرات الوكالة المتخصصة الفريدة من نوعها على نقل المعارف والخبرات إلى الدول الأعضاء في الوكالة في مجالات مثل الصحة البشرية والأغذية والمياه والصناعة والبيئة.

وتقوم الوكالة كذلك بدور المنصّة العالمية لتعزيز الأمن النووي. وقد أسست الوكالة سلسلة الأمن النووي الخاصة بالمنشورات الإرشادية المتوافق عليها دولياً بشأن الأمن النووي. كما تركّز أنشطة الوكالة على تقديم المساعدة للتقليل إلى الحد الأدنى من مخاطر وقوع المواد النووية وغيرها من المواد المشعة في أيدي الإرهابيين والمجرمين، أو خطر تعرض المرافق النووية لأعمال كيدية.

وتوفِّر معايير الأمان الخاصة بالوكالة نظاماً لمبادئ الأمان الأساسية، وتجسِّد توافقاً دولياً في الآراء حول ما يشكِّل مستوى عالياً من الأمان لحماية الناس والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤيِّنة. وقد وُضِعت معايير الأمان الخاصة بالوكالة لتطبيقها في جميع أنواع المرافق والأنشطة النووية التي تُستَخدَم للأغراض السلمية، بما في ذلك الإخراج من الخدمة.

وتتحقَّق الوكالة أيضًا، من خلال نظامها التفتيشي، من امتثال الدول الأعضاء للالتزامات التي قطعتها على نفسها بموجب معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية وغيرها من اتفاقات عدم الانتشار، والمتمثلة في عدم استخدام المواد والمرافق النووية إلا للأغراض السلمية.

ولعمل الوكالة جوانب متعددة، وتشارك فيه طائفة واسعة ومتنوعة من الشركاء على الصعيد الوطني والإقليمي والدولي. وتُحدَّد برامج الوكالة وميزانياتها من خلال مقررات جهازي تقرير سياسات الوكالة – أي مجلس المحافظين المؤلف من ٣٥ عضواً والمؤتمر العام الذي يضم جميع الدول الأعضاء.

ويوجد المقر الرئيسي للوكالة في مركز فيينا الدولي. كما توجد مكاتب ميدانية ومكاتب اتصال في جنيف ونيويورك وطوكيو وتورونتو. وتدير الوكالة مختبرات علمية في كلٍّ من موناكو وزايبرسدورف وفيينا. وعلاوةً على ذلك، تدعم الوكالة مركز عبد السلام الدولي للفيزياء النظرية في تريبستي بإيطاليا وتوفر له التمويل اللازم.

الإخراج من الخدمة والاستصلاح: تعزيز أمان الجمهور والبيئة

بقلم يوكيا أمانو

ثمة استخدامات سلمية مفيدة عديدة للعلوم والتكنولوجيا النووية، بما في ذلك توليد الطاقة وإنتاج النظائر المشعة لاستخدامها في معالجة السرطان. ويجب التخلص من كل المواد النووية بعناية عندما تصل، هي والمرافق التي تحويها، إلى نهاية عمرها المفيد.

وبالنسبة للبلدان التي تشرع في برامج جديدة للقوى النووية، توضع الآن خطط أولية لإخراج المفاعلات من الخدمة في نهاية المطاف والتخلص المأمون من مواد مثل الوقود النووي المستهلك قبل وضع حجر الأساس. كما تُعَدّ خطط مسبقة لكيفية تمويل ذلك. ومع ذلك، لم يكن هذا هو الحال دائماً: فعندما تم بناء العديد من مفاعلات القوى النووية العاملة في العالم اليوم، وتبلغ أكثر من ٤٠٠ مفاعل، لم توجد هذه المتطلّبات. وتقوم بلدان عديدة الآن بتنفيذ أو ابتكار خطط لإخراج هذه المرافق من الخدمة. وتساعدها الوكالة على القيام بذلك، باستخدام درايتها الدولية ونحو ستة عقود من الخبرة.

ويسلط هذا العدد من مجلة الوكالة الضوء على الممارسات الجيدة المنفّذة في جميع أنحاء العالم. ففي إسبانيا، يتقدم العمل في إخراج أول محطة للقوى النووية في البلد في الوقت المحدد ووفق الميزانية (صفحة ٧)، بينما في منطقة ليموزان بفرنسا، أدى الاستصلاح البيئي إلى تحويل مواقع تعدين يورانيوم سابقة إلى مناطق ترفيهية للجمهور (صفحة ١٤). وفي آسيا الوسطى، تساعد الوكالة الحكومات على التنظيف المأمون لنحو بليون طن من النفايات الملوثة المتخلِّفة عن تعدين اليورانيوم (صفحة ١٢).

ويتم أيضاً فحص تكنولوجيات واتجاهات مبتكرة في الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي (صفحة ٢٢)، وتُقَدَّم للقراء لمحة عن حياة أحد مديري الإخراج من الخدمة (صفحة ١٠). ونفسر التحديات التي تواجه إخراج مفاعلات البحوث من الخدمة، وهي- عكس محطات القوى النووية - تقع غالباً في مناطق حضرية (صفحة ١٦).

الدراية

تقاسم المعرفة أحد العناصر الأساسية في التخطيط للإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي. ويمكن لمالكي المرافق والمواقع الاستفادة من تجربة النظراء في البلدان الأخرى لوضع خطط أفضل وأشمل للمستقبل. وتمثل الوكالة منصة لهذا التعاون. ولدينا أيضاً دور هام نؤديه من خلال تقديم معايير للأمان وإرشادات للأمن النووي بشأن الإخراج من الخدمة والتصرف في النفايات النووية.

ويجب أن تستعد البلدان ومشغلو المرافق دائماً لاحتمال التلوث الإشعاعي نتيجة وقوع حادث نووي أو إشعاعي أو حدث صناعي مؤسف. والتخطيط السليم يتيح الاستجابة بسرعة وفعالية عند وقوع حادثة والحد من الآثار الضارة للتلوث على الناس والبيئة. وطوال السنوات الخمس الماضية، قدمت الوكالة دعماً كبيراً لليابان في هذا المجال (صفحة ٨).

وآمل أن تعزز هذه الطبعة من مجلة الوكالة الوعي بهذه القضايا، وأن تَثبُت فائدتها للمشاركين في مؤتمر الوكالة الدولي حول تحسين التنفيذ العالمي لبرامج الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي المعقود في مدريد خلال الفترة من ٢٣ إلى ٢٧ أيار/مايو.

”تقوم بلدان عديدة بتنفيذ أو ابتكار خطط لإخراج المرافق من الخدمة. وتساعدها الوكالة على القيام بذلك، باستخدام درايتها الدولية ونحو ستة عقود من الخبرة.“

— يوكيا أمانو،
المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية

(الصور من: ك. برادي، ب. باليفسيك/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

تصدير

١ الإخراج من الخدمة والاستصلاح:
تعزيز أمان الجمهور والبيئة

الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي

٤ الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي:
نظرة عامة

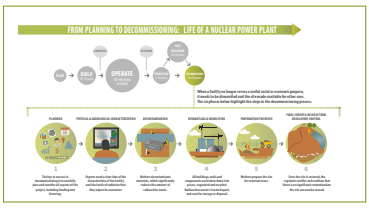
٦ ربط النهايات المفتوحة:
نجاح مشروع الإخراج من الخدمة في إسبانيا

٨ خلف الكواليس:
أسئلة وأجوبة مع أحد موظفي الإخراج من الخدمة

١٠ تنظيف تركة سامة:
الاستصلاح البيئي لمواقع إنتاج يورانيوم سابقة في آسيا الوسطى

١٢ من منجم لليورانيوم إلى بحيرة لصيد الأسماك:
الاستصلاح البيئي في منطقة ليموزان الفرنسية

١٤ بعثات الوكالة الدولية للطاقة الذرية تستعرض أنشطة الإخراج من الخدمة في محطة فوكوشيما دايتشي للقوى النووية



١٦ من التخطيط إلى الإخراج من الخدمة:
الفترة العمرية لمحطة قوى نووية

١٨ إخراج مفاعلات البحوث من الخدمة:
ليس بالأمر الهيِّن

٢٠ تعميق الفهم، وتعزيز الأمان:
خدمات دعم الوكالة في مجال الإخراج من الخدمة
والاستصلاح البيئي

٢٢ تكنولوجيات جديدة في مجال الإخراج من
الخدمة والاستصلاح

رؤية عالمية

٢٤ إخراج المرافق النووية من الخدمة: تجربة ألمانيا
— بقلم بوريس بريندياخ

٢٦ الاتجاهات الراهنة في الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي للمرافق النووية
— بقلم خوان خوسيه سبايا غوميز

أخبار الوكالة

٢٨ البلدان المستجدة تواجه تحديات مشتركة في إرساء البنية الأساسية النووية

٢٩ متطلبات الأمان والترخيص للمفاعلات النمطية الصغيرة:
الوكالة تستضيف أول حلقة عمل مخصصة للرقابيين

٣٠ الوكالة بلغت مرحلة فارقة في التخلص من المصادر المشعة

الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي: نظرة عامة

بقلم إيرينا تشاتزيس

موظفو الإخراج من الخدمة يقطعون إحدى المعدات المعدنية الكبيرة في مرفق نووي. (الصورة من: شركة Sellafield المحدودة/المملكة المتحدة)

ثمة غاية مشتركة للإخراج من الخدمة في المجال النووي وللاستصلاح البيئي وهي: الحد من تعرض الناس والبيئة للإشعاع في المواقع التي تتطلب مستويات النشاط الإشعاعي بها قيوداً على استخدامها.

والإخراج من الخدمة نشاط مخطط له في نهاية عمر المرافق التي لديها ترخيص رقابي للقيام بأنشطة نووية أو تتصل بالمجال النووي. وهو يتعلق بجميع الأنشطة اللازمة لإعفائها من التحكم الرقابي وبالتالي إطلاق الموقع لاستخدامات أخرى (أنظر الإطار).

والاستصلاح البيئي، من الناحية الأخرى، يتعلق بالحد من التعرض الإشعاعي القائم بسبب تلوث الأرض والتربة والمياه الجوفية نتيجة أنشطة سابقة تشمل استخدام المواد المشعة لأغراض مدنية أو عسكرية (أنظر الإطار، الصفحة التالية).

الرقابة لضمان الأمان

الغاية في كلٍّ من الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي هي خفض مستويات النشاط الإشعاعي المتبقي بما يكفي ليمكن استخدام المواقع لأي غرض، دون قيد. ولكن هذا قد لا يكون عملياً في بعض الحالات ويجوز وضع قيود على استخدام الأراضي في المستقبل. فبعد الإخراج من الخدمة، على سبيل المثال، يمكن إعادة استخدام بعض المواقع لأنشطة صناعية غير نووية، ولكن ليس للسكن. وقد يتم إطلاق بعض مواقع تعدين اليورانيوم السابقة لإعادة استخدامها كمحميات طبيعية أو لأنشطة ترفيهية أخرى.

والإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي كلاهما مشاريع صناعية رئيسية تستلزم ضمان أمان القوى العاملة والجمهور المحلي والبيئة من المخاطر الإشعاعية والتقليدية على السواء. وبالتالي، فإن وجود إطار قانوني ورقابي ملائم، وكذلك التدريب المناسب للموظفين على التنفيذ وعلى الإشراف الرقابي معاً هما من بين الشروط المسبقة الضرورية لضمان الأمان.

الإخراج من الخدمة

الإخراج من الخدمة جزء طبيعي من دورة حياة كل المرافق الصناعية تقريباً. وعندما لا يعود للمرفق أي غرض اجتماعي أو اقتصادي مفيد، لابدّ من تفكيكه وإتاحة موقعه لاستخدامات أخرى.

وينبغي النظر في متطلبات الإخراج من الخدمة أثناء تصميم وتخطيط المرافق. ويتعين أن تكون خطة الإخراج من الخدمة وتقديرات التكاليف المرتبطة بها معدّة مسبقاً، لضمان إتاحة الموارد المالية الكافية.

وتتطور خطة الإخراج من الخدمة وتقديرات التكلفة معاً خلال الفترة العمرية للمحطة، وتصبحان تدريجياً أكثر تفصيلاً قرب نهاية عمر المحطة.

بيد أن هذه الخطط غير موجودة لعدة مرافق شُيِّدت في الأيام الأولى للصناعة النووية. وفي حالة هذه المحطات الأقدم، قد يكون هناك أيضاً نقص للسجلات الشاملة لتكوين المحطة والحسابات المفصلة للتاريخ التشغيلي. وتضيف هذه الحالات تعقيداً إضافياً لعملية الإخراج من الخدمة.

التصرّف في النفايات المشعّة

إن وجود نظام منسق جيداً للتصرف في النفايات الناشئة عن الإخراج من الخدمة أو الاستصلاح البيئي هو أحد المتطلبات المهمة الأخرى. ويَنتُج عن الإخراج من الخدمة عموماً إنتاج كميات كبيرة من مواد ذات مستويات منخفضة من النشاط الإشعاعي. واعتماداً على المواد وعلى اللوائح الوطنية، يمكن التخلص من جزء كبير من النفايات في مرافق للتخلص قرب سطح الأرض متوافقة مع معايير الأمان الدولية للتخلص الدائم. وتوجد مثل هذه المرافق بالفعل في العديد من البلدان؛ وبالنسبة لبلدان أخرى يتعين حفظ النفايات في التخزين المؤقت حتى يتم تحديد حل بعيد المدى.

ويمكن تقليل كمية النفايات المشعة المعنية بشكل كبير من خلال إزالة التلوث من نظم المحطات قبل تفكيكها. ولدى بعض البلدان أيضاً مرافق لإعادة تدوير الخردة المعدنية، على سبيل المثال عن طريق الذوبان. ويتعين عموماً وضع النفايات ذات المستويات الأعلى من النشاط الإشعاعي أو المكونات الطويلة العمر في مستودعات تقع في أعماق الأرض.

ولأغراض الاستصلاح البيئي، يمكن أن تكون كميات النفايات المعنية أكبر من ذلك بكثير، على سبيل المثال إذا كان يلزم إزالة التربة والتخلص منها لاحقاً كنفايات. وتوجد أيضاً في هذه الحالة فرص لتخفيض الحجم، على سبيل المثال عن طريق فصل مكونات التربة ذات مستويات التلوث الأعلى عن المكونات ذات المستويات الأقل.

التمويل

التمويل الكافي عامل رئيسي في مشاريع الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي، التي تكون عموماً مكلفة جداً. وهناك نسبة كبيرة من المواقع التي تتطلب الإخراج من الخدمة أو الاستصلاح مملوكة للدولة وتُدفع تكاليف التنفيذ من الميزانيات الوطنية. وتعتمد كمية الأموال المخصصة لأنشطة التنظيف البيئي غالباً على أولويات الحكومة.

وبالنسبة لمحطات القوى التجارية، يكون تمويل الإخراج من الخدمة عموماً مسؤولية مالك المحطة. ويُستثمَر التمويل عادةً في صندوق خاص معيَّن لتغطية تكاليف الإخراج من الخدمة أو، في حالة بعض المرافق الكبيرة، يتم توفيرها مباشرةً من الإيرادات التشغيلية والتدفقات النقدية للشركة.

الحالة الراهنة

رغم التقدم الضخم الذي تحقق في بعض البلدان، فإن بلداناً عديدة تواجه صعوبات كبيرة في تنفيذ برامجها للإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي.

ووجود خطط موضوعة لإدارة دورة الحياة الكاملة للمرافق النووية هو في الوقت الحاضر أحد المتطلبات العالمية لبدء المشاريع الجديدة.

تطبيق مخطط مجمَّع لتغطية وتصريف مخلفات معالجة اليورانيوم.

(الصورة من: شركة Wismut GmbH/ألمانيا)

الاستصلاح البيئي

يهدف الاستصلاح البيئي إلى الحد من التعرض للإشعاع الناتج من التربة الملوثة، أو مرافق تخزين النفايات أو البنية الأساسية الملوثة الأخرى، أو المياه الجوفية أو المياه السطحية. والغرض منه هو حماية الناس والبيئة من الآثار الضارة المحتملة بسبب التعرض للإشعاع المؤين. وقد يَنتُج ذلك عن أنشطة مثل التعدين ومعالجة اليورانيوم أو تسرب المواد المشعة إلى البيئة بعد وقوع حادث نووي أو إشعاعي.

وقد يكون توليد المواد المشعة أيضاً نتيجة صناعات غير نووية، مثل إنتاج النفط والغاز، حيث يمكن أن تزيد أنشطة الاستكشاف والتعدين احتمال التعرض الناتج من المواد المشعة الموجودة في البيئة الطبيعية.

وهناك أربعة عناصر رئيسية يلزم النظر إليها في الاستصلاح البيئي وهي:

١. مستويات تعرض الناس للإشعاع نتيجة التلوث.

٢. الحد من الجرعات والمخاطر الإشعاعية، والاستفادة المثلى من الموارد المالية والتقنية واليد العاملة المتوفرة.

٣. قد لا يكون ضرورياً إعادة الموقع لظروف ما قبل الحدث الذي سَبَّبَ التلوث، ولا يمكن غالباً تحقيق ذلك بسهولة على أي حال.

٤. في حالات كثيرة، يكون المحرك الرئيسي للاستصلاح هو التصور العام لمخاطر وفوائد إجراء نشاط التنظيف. وفي هذه الحالات، يكون الرفاه العام للمجتمع المحلي عاملاً مهماً في تحديد الحالة النهائية المخططة للموقع.

ربط النهايات المفتوحة: نجاح مشروع الإخراج من الخدمة في إسبانيا

بقلم لورا غيل

على الصعيد العالمي، خضع فقط ١٧ من ١٥٧ مفاعلاً للقوى النووية أُغلِقت نهائياً لإخراج كامل من الخدمة – وهي عملية كثيفة الاستخدام للموارد تستغرق غالباً عقوداً لإكمالها. وفي حين أن العملية معقدة، فثمة حالة في غوادالاجارا، غرب إسبانيا، توضح كيف أن التخطيط الدقيق، والسياسة والبيئة الرقابية الصحيحة، والالتزام الحكومي وإشراك أصحاب المصلحة يمكن أن يسهِّل الطريق نحو نجاح الإخراج من الخدمة.

فإخراج محطة خوسيه كابريرا من الخدمة في الموعد المحدد منذ البداية، وهي أول محطة للقوى النووية في إسبانيا ويبلغ حجم مخرجاتها الكهربائية ١٥٠ ميغاواط، مكتمل بنسبة ٧٠٪ تقريباً ويتماشى مع الميزانية الأصلية البالغة نحو ١٥٠ مليون يورو بأسعار عام ٢٠١٦. وتهدف المؤسسة الوطنية للنفايات المشعة في إسبانيا (Enresa)، وهي الوكالة الحكومية المسؤولة عن المشروع، إلى استكمال الإخراج من الخدمة بحلول عام ٢٠١٨.

وتفكيك محطة خوسيه كابريرا لا يشبه مشاريع الإخراج من الخدمة التجارية الأخرى، التي تكون عادةً مسؤولية مشغلي المحطات–الذين ينفذونها. "إن الحالة الإسبانية فريدة تقريباً، أولاً وقبل كل شيء، لأن الإخراج من الخدمة مسؤولية وكالة حكومية متخصصة"، كما قال خوان لويس سانتياغو ألباران، مدير العمليات في مؤسسة Enresa.

"نصيحتنا؟ التخطيط مقدماً، وإعداد جميع وثائق الترخيص ذات الصلة في الوقت المناسب، ورصد التقدم في جميع العمليات بشكل وثيق ومستمر"

— خوان لويس سانتياغو ألباران، مدير العمليات، مؤسسة *Enresa*

وفي إسبانيا، بمجرد إغلاق محطة ومنح تصريح بالإخراج من الخدمة، يُنقَل التحكم من المالكين والمشغلين إلى مؤسسة Enresa، وهي المسؤولة عن الإخراج من الخدمة والتصرف البعيد المدى في النفايات المشعة على السواء.

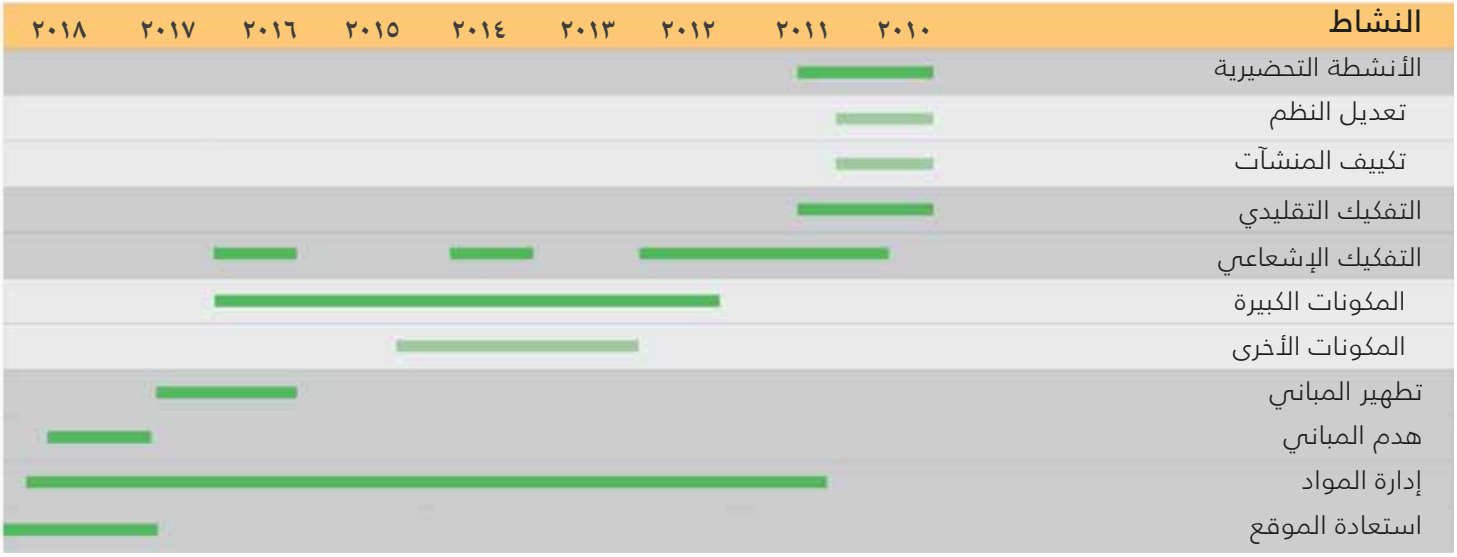
ولأكثر من ٢٠ عاماً، كانت مؤسسة Enresa مركز الخبرة في الإخراج من الخدمة في إسبانيا، ومسؤولة عن إخراج جميع المنشآت الرئيسية التي تشمل استخدام النشاط الإشعاعي من الخدمة، بما في ذلك مصانع اليورانيوم في جاين وباداجوز ومحطة قوى نووية في تاراغونا. وإخراج محطة خوسيه كابريرا من الخدمة هو أول مشروع تفكيك في إسبانيا يبدأ فوراً بعد الإغلاق.

التخطيط وإعادة التخطيط والابتكار

إن مفتاح النجاح في الإخراج من الخدمة هو التخطيط الدقيق، بما في ذلك النظر في جميع جوانب المشروع من البداية إلى النهاية، كما قال سانتياغو ألباران. وتشمل هذه الجوانب التراخيص والموافقات الحكومية، وعمليات التفكيك وإزالة التلوث، والتصرف في النفايات، وفي نهاية المطاف إعادة الموقع لمالكه.

ومع تقدير مدة زمنية للإخراج من الخدمة تبلغ سبع سنوات، بدأت مؤسسة Enresa جمع الوثائق الرقابية والتراخيص قبل ثلاثة أعوام من إغلاق المحطة في عام ٢٠٠٦. وبحلول

الجدول الزمني لإخراج محطة خوسيه كابريرا للقوى النووية من الخدمة



(المصدر: مؤسسة Enresa)

عام ٢٠١٠، كانت لديها وثائق الموافقة اللازمة، وحصلت على المسؤولية الكاملة عن عملية الإخراج من الخدمة وأمكنها بدء المشروع.

"نصيحتنا؟ التخطيط مقدماً، وإعداد جميع وثائق الترخيص ذات الصلة في الوقت المناسب، ورصد التقدم في جميع العمليات بشكل وثيق ومستمر،" كما قال سانتياغو ألباران.

وتتطلب مشاريع الإخراج من الخدمة قدراً كبيراً من الابتكار لتحسين العملية، بما يحقق أقصى استفادة من كل الأدوات المتاحة ويخفف المخاطر المحتملة. وقد أعادت مؤسسة Enresa تحديد أغراض قاعة التُربينات – التي توجد بها جدران سميكة واقية – إلى مرفق للتصرف في النفايات، وفي هذا المكان استطاعت معالجة النفايات المشعة والتصرف فيها وتخزينها.

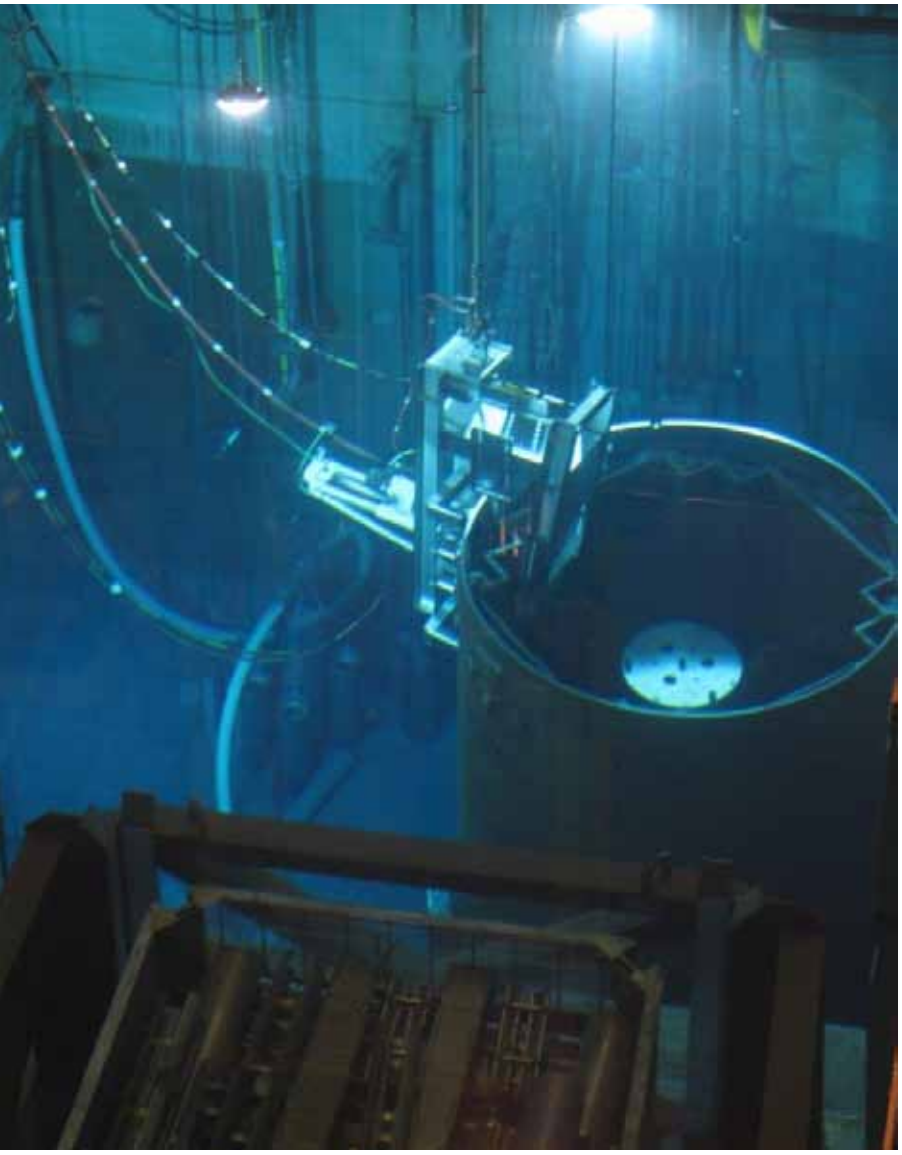
وهذه الإمكانية للاستكشاف، وجعل الأمور أفضل والابتكار تضيف طبقة من الإبداع إلى عمل موظف الإخراج من الخدمة، كما قال سانتياغو ألباران. "ينبغي أن تكون على استعداد لغير المتوقع ويتعين النظر دائماً في مجموعة من الحلول."

حماية الناس

تتمثل إحدى أولويات الإخراج من الخدمة في تقليل تعرض العمال للإشعاع. وتحقيقاً لهذه الغاية، استكشفت مؤسسة Enresa طرقاً لحماية موظفيها ووجدت أنها إذا أزالت مكونات المحطة الرئيسية كقطع كبيرة وليست صغيرة ونقلتها في حاويات كبيرة، يمكنها تقصير زمن مناولة العمال للمواد، وبالتالي تخفيض التعرض.

"كانت تجزئة وتعبئة النفايات في حاويات كبيرة تحدياً لأننا احتجنا أدوات جديدة،" كما قال سانتياغو ألباران. "ولكن ذلك كان يستحق. فقد خفَّضنا التكاليف والجرعات الإشعاعية لدى العمال."

وبالمثل، فإن تجزئة وعاء المفاعل ومكوناته تحت الماء أتاحت سبيلاً آخر للحماية. فالمياه تُعتبَر حاجزاً طبيعياً فعالاً ضد أنواع الإشعاع المختلفة. وباستخدامها كعازل، يمكن للمتخصصين الوقوف عند الجزء العلوي من حوض الوقود المستهلَك واستخدام أدوات ميكانيكية تُشَغَّل عن بعد لتجزئة جميع الأجزاء الداخلية للمفاعل تحت الماء. وأوضح أن "الرقائق المعدنية الناشئة من عمليات القَطع تظل في الماء، الذي يُعتبَر كدرع". "وقَطع المكونات الملوثة الكبيرة تحت الماء جعل العملية كلها أكثر أماناً لعمالنا وللبيئة."



تجزئة وعاء مفاعل تحت الماء في محطة خوسيه كاربيرا للقوى النووية.
(الصورة من: مؤسسة Enresa).

العمل حتى النهاية

بعد أن تُفكَّك مؤسسة Enresa جميع المكونات، تقوم بهدم المباني، وتطهير الموقع والتأكد من إزالة جميع النفايات. ثم تقوم، في الخطوة الأخيرة للإخراج من الخدمة، باستعادة الموقع. "بعد استعادتنا للموقع، سيكون على الجهة الرقابية التحقق من عدم بقاء تلوث كبير، قبل أن نُرجِعَه إلى المالكين، الذين قد يعيدون بعد ذلك استخدام الموقع لأغراض أخرى،" كما قال سانتياغو ألباران.

وتكتمل عملية الإخراج من الخدمة بشهادة الجهة الرقابية أن الموقع لم يعد يُمثِّل خطراً على أمان الجمهور أو البيئة وأنه يجوز بالتالي إلغاء الترخيص النووي. "تتعلق المسألة بترك الموقع نظيفاً للأجيال القادمة،" كما قال باتريك سوليفان، وهو متخصص في الإخراج من الخدمة بالوكالة."المسألة هي إعادته للمجتمع من أجل استخدامات جديدة ."

خلف الكواليس: أسئلة وأجوبة مع أحد موظفي الإخراج من الخدمة

لا يوجد يومان متماثلان في وظيفة مدير الإخراج من الخدمة. فالمرافق النووية تأتي بجميع الأشكال والأحجام، ولأن لكل مرفق تصميمه الفريد، يكون على موظفي الإخراج من الخدمة وضع خطط مفصلة للغاية ومصممة خصيصاً، والقيام غالباً بوضع حلول جديدة ومبتكرة لتفكيك المرفق بأمان قطعةً بقطعة.

ولتكوين فكرة عما تشمله وظيفة مدير الإخراج من الخدمة، جلست المحررة المساهِمة بالوكالة نيكول جاويرث مع ستيفن سلاتر، رئيس برنامج مشاريع استصلاح المواقع والإخراج من الخدمة بموقع سيللافيلد في المملكة المتحدة، وهو موطن لعدة مرافق عاملة ومغلقة للقوى النووية وإعادة المعالجة، ومخازن للنفايات النووية، ومختبرات للبحث والتطوير في المجال النووي. وهو مسؤول عن الإدارة المأمونة والإخراج من الخدمة لما يزيد على ١٥٠ مرفقاً نووياً وأكثر من ٥٠٠ موظف في جميع أنحاء سيللافيلد.

كيف يختلف عمل موظف الإخراج من الخدمة عن عمل المشغِّل؟

أنا مسؤول عن الصيانة المأمونة للمرافق حتى نبدأ أنشطة الإخراج من الخدمة، وعند هذه النقطة أكون مسؤولاً عن الإدارة المأمونة لمشروع الإخراج من الخدمة وإزالة المواد المشعة. والغاية الرئيسية لوظيفتي هي الإزالة المأمونة لأي مواد مشعة متبقية بعد مرحلة التنظيف اللاحق للتشغيل وجعل المواد المتبقية مأمونة للتخلص البعيد المدى.

وبعض أعمال الإخراج من الخدمة التي أؤديها غريبة تماماً على المشغِّل. فدوري هو معاينة المخزون، ودمج المخزون، ووضعه في شكل مأمون خامل. وبالنسبة للمشغِّل، قد يبدو ذلك غريباً جداً. فالوظيفة الرئيسية للمشغِّل هي حفظ المواد المشعة محتواه في جميع الأوقات خلال كامل العملية وطوال عمر التشغيل النووي.

والفرق الرئيسي بين الإخراج من الخدمة والتشغيل هو أن الإخراج من الخدمة قائم على المشاريع وله نقطة بداية ونهاية محددة. والتشغيل موجَّه للعمليات حيث يتم الانتقال من عملية إلى عملية أخرى.

ما هو التحدي الأكبر أو الأهم في وظيفتك؟

بسبب عمر المرافق، فإنها لا تكون غالباً كالمتوقع من حيث الرسومات، والقضايا الموروثة المرتبطة بالعيوب ذات الصلة بالعمر تشكِّل غالباً أحد التحديات. ونحن نود أن يكون المرفق بالضبط كما هو في الرسم، ولكن هذه المرافق عمر بعضها حوالي ٥٠ عاماً. وتم تعديلها مرات ومرات عديدة خلال تلك

”بعض أعمال الإخراج من الخدمة التي أؤديها غريبة تماماً على المشغِّل.“

— ستيفن سلاتر،
رئيس برنامج مشاريع استصلاح المواقع والإخراج من الخدمة،
شركة سيللافيلد المحدودة، المملكة المتحدة

السنوات الخمسين للاستخدام. ومحطاتنا ليست كما كنا نتوقع بناءً على الرسومات والسجلات. ولذلك ففي كل مرة نذهب إلى بعض هذه المرافق، تكون رحلة استكشافية.

كيف تغيرت عملية الإخراج من الخدمة طوال السنين؟

لقد انتقلنا من الإخراج من الخدمة عن بعد بشكل كامل إلى مزيد من الإخراج من الخدمة كعلاقة بين الإنسان والآلة. وفي وقت ما، تحمَّسنا حقاً للقيام بالإخراج من الخدمة عن بعد بشكل كامل، ولكن العمل عن بعد بشكل كامل يضيف مستوى وتعقيداً وتكلفة بما قد يجعله غالباً متعذراً. وفي بعض الحالات، يتعين رغم ذلك القيام بالإخراج من الخدمة عن بعد بشكل كامل، ولكن حيثما توجد فرص، نقوم الآن بما يسمى 'الإخراج من الخدمة بصورة شبه بعيدة'، حيث يدخل الشخص المنطقة، ويركِّب الأداة ويشغِّلها من محطة بعيدة. ويعني ذلك ألا يكون الشخص في منطقة الخطر، ولكنهم موجودون ومتاحون للمراقبة وإجراء تعديلات حسب الضرورة. وكان ذلك تغييراً حقيقياً لنا في السنوات العشر الماضية.

والشيء الآخر الذي قمنا به هو الابتعاد عن الإخراج من الخدمة في منطقة واسعة إلى الإخراج من الخدمة بصورة أكثر تكتيكية. فبعض هذه الخلايا والمناطق كبير مثل ملاعب كرة القدم. وفي الأزمنة الماضية، كنا نذهب فعلياً داخل المرافق ونقوم بالإخراج من الخدمة على نطاق واسع، ولكن عند عمل ذلك واجهنا انتشار التلوث في جميع أنحاء المنطقة المعرَّضة. والآن نختار الإخراج من الخدمة بصورة أكثر تكتيكية حيث نتناول منطقة واحدة كل مرة ونضع هيكل احتواء محلي حولها، ثم ننتقل إلى القسم التالي. وهذا يمنع التلوث في جميع أنحاء كامل الهيكل. إنها حقاً طريقة جراحية أكثر للإخراج من الخدمة.

ما هي أنواع الابتكارات التي قمتم بها؟ وكيف يمكن أن يصلح ذلك في مستقبل هذا المجال؟

نحن نفعل أشياءً مبتكرة في كل وقت. ومؤخراً، قمنا بتطوير شئ يسمى 'ثعبان الليزر'. وثعبان الليزر هو ذراع روبوتية مرنة تدفعها حبال من الأسلاك، ويمكن تحريكها بسهولة عبر المساحات الضيقة والبيئات الفوضوية. والفائدة الحقيقية لهذا الطقم هي أن مجموعة أدواته تمكِّن 'الذراع' من تأدية جميع أنواع الأنشطة، من التفتيش إلى التنظيف إلى التقطيع بالليزر. وهكذا فإنه بمجرد إرسال الثعبان عبر اختراق لخلايا موجودة، تسمح تقنية التقطيع بالليزر بانهيار أسهل لأجزاء يصعب الوصول إليها وتكون مشعة غالباً. ويمنع ذلك أي اتصال مباشر بواسطة المشغِّل، بما يقلل بدوره من تعرض الشخص.

ونحن نعمل أيضاً مع هيئة REACT الهندسية، وهي مؤسسة شريكة في سلسلتنا للتوريد، وقمنا معها بتطوير نُهُج لتحديد الخصائص عن بعد. وعلى سبيل المثال، أخذنا جهاز مسح ضوئي، وربطنا به طائرة بلا طيار ونقلناه جواً إلى خلية مشعة. وبهذه الطريقة، يمكننا بعد ذلك أخذ صور ثلاثية الأبعاد لداخل الخلية. ثم نضع الخريطة الإشعاعية إلى أعلى، لنتمكن من الحصول على صورة بصرية واضحة لما هو داخل الخلية قبل اضطلاع أي شخص بالعمل. إنه جزء من كيفية تقليل تعرض عمالنا للإشعاع.

وتُستخدَم الطائرات بلا طيار أكثر فأكثر لأغراض تحديد الخصائص. وفي المستقبل، ونحن نبدأ العمل على بعض من محطاتنا الأكثر تحدياً ونصل إلى المناطق التي لا يمكن ببساطة تعريض الأفراد فيها، ستؤدي تقنيات الإخراج من الخدمة عن بعد والطائرات بلا طيار دوراً أكبر من ذلك بكثير. وأتوقع أن تكنولوجيات كهذه وابتكارات جديدة أخرى سوف تستمر في التطور وتساعدنا في العثور على طرق جديدة للقيام بالإخراج من الخدمة والتكيف مع التحديات الجديدة.

أين تتناسب الوكالة مع عملك ومع الإخراج من الخدمة؟

سيللافيلد هو واحد من أكثر المواقع خطورةً في أوروبا الغربية من حيث مخزونه. ونحن نعمل مع عدة نظراء خبراء عبر المجتمع النووي، ونتقاسم الخبرات والتقنيات لتعزيز عملنا المتعلق بالإخراج من الخدمة. وتظل الوكالة مصدراً للدعم والتعاون لنا وللآخرين في المجال.

في بعض الحالات، يمكن أن يكون موظف الإخراج من الخدمة الذي يعمل يدوياً أكثر سرعةً وفعاليةً من الخيارات الأخرى.

(الصورة من: شركة Sellafield المحدودة، المملكة المتحدة)

تنظيف تركة سامة: الاستصلاح البيئي لمواقع إنتاج يورانيوم سابقة في آسيا الوسطى

بقلم أندرو غرين

هناك نحو ٦٠ موقعاً لإنتاج اليورانيوم تم التخلي عنها تتخلل المناطق الطبيعية وتمثل خطراً على البيئة والسكان في جميع أنحاء الأقاليم الريفية من كازاخستان وقرغيزستان وطاجيكستان وأوزبكستان. ويمثل كل موقع تحدياً للحكومات المحلية والوطنية التي تنقصها الخبرة والموارد التقنية للاستصلاح.

●: **مواقع إنتاج يورانيوم سابقة في قيرغيزستان.**
❶: مايلو-سو ❷: مين-كوش
(المصدر: وزارة حالات الطوارئ/ قيرغيزستان)

وكانت المواقع تُستخدَم لإنتاج اليورانيوم حتى التسعينات. وتم بناؤها قبل إنشاء البنية الأساسية الرقابية المناسبة لضمان الإخراج من الخدمة في نهاية المطاف، لذلك فإن البقايا المتخلفة مع الملوثات الكيميائية الطويلة العمر والمشعة والعالية السمية لا تزال تشكل مخاطر كبيرة على صحة الجمهور والبيئة.

وحسب بعض التقديرات، فإن كمية بقايا إنتاج اليورانيوم في آسيا الوسطى — مثل صخور النفايات والمخلفات — تقترب من بليون طن، كما قال جون روات، رئيس وحدة الإخراج من التشغيل واستصلاح المواقع بإدارة الأمان والأمن النوويين في الوكالة. ويتم تخزين العديد من هذه المواد بطريقة غير مأمونة في مواقع منتشرة بجميع أنحاء المنطقة. وبسبب نقص التمويل، تركَّز معظم العمل طوال العقد الماضي على تدابير قصيرة المدى لحماية الجمهور والبيئة، كما قال روات.

التحديات في قيرغيزستان

وفقاً لوزارة حالات الطوارئ في جمهورية قيرغيزستان، فإن قيرغيزستان لديها ٣٥ خزاناً للمخلفات و٢٥ موقعاً بها أكوام من صخور النفايات. والعديد منها يحتوي على بقايا سامة. وإمكانية عدم الاستقرار الزلزالي، مثل الانهيارات الأرضية التي تؤدي إلى تشتت هذه البقايا، تشكل أكبر خطر على البيئة المحيطة، كما قال أسيل سايتكازييفا، نائب المدير في الوزارة.

ومع مراعاة ذلك، تعتبر الحكومة موقع مايلو-سو (العلامة (١) على الخريطة) وموقع إنتاج اليورانيوم الموروث مين-كوش (العلامة (٢) على الخريطة)، كأولى الأولويات للاستصلاح.

وفي موقع مين-كوش، الذي يقع في وسط البلد، تلقَّت السلطات القيرغيزية مساعدة في التخطيط للاستصلاح البيئي وتنفيذ المشاريع من فريق التنسيق المعني بمواقع اليورانيوم القديمة في الوكالة. ومن خلال مشاريع الوكالة التعاونية التقنية، تعلَّم المختصون من وزارة الصحة في البلد والأكاديمية الوطنية للعلوم والوكالة الحكومية لحماية البيئة والغابات أيضاً كيفية استخدام قياس طيف أشعة غاما وألفا لتقييم ورصد مستويات الإشعاع.

ورغم بدء تطوير خطط الإصلاح، فإن كامل موقع مين-كوش لا يزال في حالة سيئة بسبب نقص الأموال، وحتى الآن لم تنفَّذ أنشطة الاستصلاح. بيد أنه، من خلال البدء في نقل المخلفات إلى مواقع أكثر أماناً والعمل على استعادتها، تم القيام بالعمل الأساسي للاستصلاح في المستقبل. وبعد تأمين التمويل، سوف يُجرى نقل مادي للنفايات ويعاد استزراع الموقع، كما قال سايتكازييفا.

التقدم المحرز والدروس المستفادة في مايلو-سو

تمثل الانهيارات الارضية والفيضانات واحتمال فشل حواجز الاحتواء أيضاً مصدر قلق في موقع مايلو-سو، الذي يضم كمية كبيرة من الملوثات المشعة المتبقية. بيد أنه يجري إحراز تقدم. وبمساعدة من الوكالة وبناءً على طلب من حكومة قيرغيزستان،

يقع موقع إنتاج اليورانيوم الموروث مين-كوش في منطقة معرضة للانهيارات الأرضية.

(الصورة من: الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

تقدم رابطة الدول المستقلة والمفوضية الأوروبية مساعدات دولية لاستصلاح مواقع إنتاج اليورانيوم الموروثة.

وقد تم جزئياً استصلاح واستزراع ما مجموعه ٣٦ كومة من النفايات ومخلفات المعالجة، وجرى تحسين عدة مواقع معرضة للانهيارات الأرضية قرب المخلفات وأعيدت هندستها للحد من احتمالات تأثير الزلازل. ويبقى العديد من هذه المشاريع غير مكتمل، وكثير من المناجم التي تحتاج إلى استصلاح في حالة سيئة بسبب نقص التمويل. وكما هو الحال في موقع مين-كوش، يلزم وضع برامج منتظمة للرصد والمراقبة، وهناك حاجة إلى اتخاذ تدابير أفضل للاتصال بالجمهور وللرقابة المؤسسية، كما قال روات.

ماذا يمكن للبلدان المجاورة أن تتعلم من تجربة قيرغيزستان

قد تكون تجربة قيرغيزستان مع جهود الاستصلاح المدعومة دولياً مفيدة للبلدان المجاورة التي تعمل على مشاريع مماثلة، كما قال سايتكازييفا.

وعلى سبيل المثال، شاركت طاجيكستان وأوزبكستان في برنامج التعاون التقني للوكالة لشراء معدات مختبرات، والترتيب لتدريب الموظفين والمساعدة في تمارين تحديد خصائص المواقع، بما يشبه كثيراً ما قامت به قيرغيزستان. وقال سايتكازييفا إن تجربة قيرغيزستان الإيجابية مع الوكالة يمكن اعتبارها خريطة طريق مفيدة لجهود الاستصلاح الدولية في المستقبل، خصوصاً عند البحث عن طرق لتنفيذ البرامج داخل الأطر الرقابية الوطنية القائمة.

وتتقاسم الدول الأعضاء في آسيا الوسطى غالباً تحديات مشتركة فيما يتعلق بالاستصلاح. وعلى سبيل المثال، فإن وادي فرغانة هو مستجمع ماء يمتد عبر قيرغيزستان وطاجيكستان وأوزبكستان، وهو منطقة زراعية قيِّمة لجميع البلدان الثلاثة. لكن مواقع إنتاج اليورانيوم السابقة تؤثر على الوادي، مما يهدد بتلويثه بالمواد السامة.

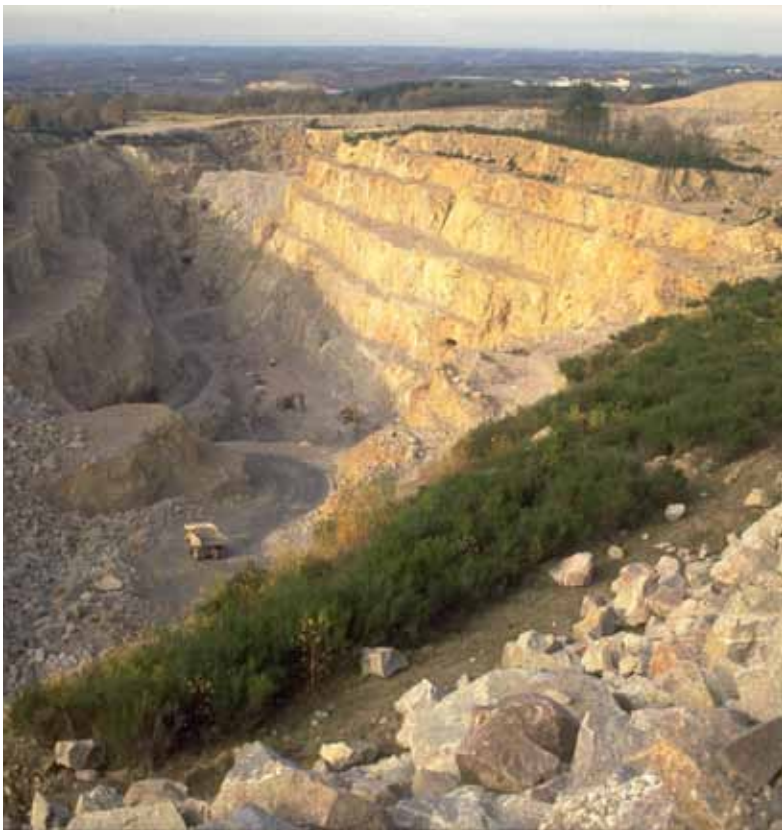
"إن وادي فرغانة مثال جيد لأهمية اتخاذ نهج إقليمي نحو استصلاح مواقع إنتاج اليورانيوم الموروثة في آسيا الوسطى، لاستكمال البرامج الخاصة بكل بلد،" كما قال روات. "وقيرغيزستان وطاجيكستان وأوزبكستان تستفيد جميعاً من الموارد المائية للوادي."

"بعد تأمين التمويل، سوف يُجرى نقل مادي للنفايات ويعاد استزراع الموقع."

— أسيل سايتكازييفا، نائب المدير، وزارة حالات الطوارئ في جمهورية قيرغيزستان

من منجم لليورانيوم إلى بحيرة لصيد الأسماك: الاستصلاح البيئي في منطقة ليموزان الفرنسية

بقلم آبها ديكسيت



قبل وبعد: الاستصلاح البيئي في منطقة ليموزان الفرنسية.
(الصورة من: AREVA/France)

البحيرات الاصطناعية ومناطق صيد الأسماك ومزارع الطاقة الشمسية مشاهد طبيعية بمنطقة ليموزان الفرنسية، حيث وصلت عمليات اليورانيوم تدريجياً إلى نهايتها. وهذا التحول لم يكن ممكناً دون مشاركة من أصحاب المصلحة وعمليات شفافة وأنشطة منسقة جيداً، كما قال إيف مارينياك، منسق مجموعة الخبراء التعددية الفرنسية، المشارِكة في أنشطة الاستصلاح بالمنطقة. وكان للسكان المحليين دور استشاري هام خلال برنامج الاستصلاح البيئي، وهم الآن يستخدمون مواقع التعدين السابقة للاستجمام.

"إن وجود نهج استشاري لإدارة الاستصلاح أساسي للحصول على دعم الناس عندما كان علينا التعامل مع إغلاق مواقع تعدين اليورانيوم في ليموزان،" كما قال مارينياك. وأضاف أن الشئ الفريد هو أن المنظمات غير الحكومية كانت القوة الدافعة وراء توسيع نطاق الاستصلاح البيئي.

فمن العوامل المهمة لنجاح أي مشروع للاستصلاح مشاركة الجمهور في عملية صنع القرار. والمجتمعات المحلية لديها أقصى اهتمام بنجاح الاستصلاح البيئي، وهي بحاجة للحصول على أجوبة مُرضية للأسئلة حول لماذا ومتى وكيف سيؤثر ذلك عليها. "ومشاركتها حيوية وضرورية لضمان اتخاذ قرارات سليمة تقنياً ومقبولة اجتماعياً،" كما قال مارينياك.

مشاركة الجمهور

في البداية، لم تقم المنظمة المسؤولة عن أعمال الاستصلاح، AREVA، بإعلان خططها على نطاق واسع، كما أوضح مارينياك. بيد أنه، مع إجراء المنظمات غير الحكومية والخبراء تقييمات مستقلة تتعلق بالبقايا المشعة، وسَّعت الأطراف المسؤولة عن أنشطة الاستصلاح بسرعة نطاق أعمال الاستصلاح لتأخذ في الاعتبار مخاوف الجمهور. وتم تحقيق ذلك من خلال مشاركة أكبر للجمهور في عملية صنع القرار، كما قال.

وقد تصرّفت السلطات الفرنسية بحزم وبسرعة، وأنشأت مجموعة الخبراء التعددية لتطوير حوار عن طريق ضمّ خبراء من مجتمعات أصحاب المصلحة لمناقشة ومعالجة قضايا الاستصلاح بحُرِّيّة بشأن المناجم المغلقة. ووفّر هذا الحوار التفاعلي أيضاً منصة لمناقشات أنشطة الاستصلاح ذات الأولوية والتوعية بها.

وتألفت مجموعة الخبراء التعددية من أكثر من ٢٠ خبيراً لديهم خلفيات متنوعة، بما يشمل خبراء مستقلين وكذلك خبراء من مؤسسات في فرنسا والخارج، ورابطات ومجموعات صناعية.

وشاركوا في التعامل مع الجوانب التقنية والتشغيلية المحددة لبرنامج تنفيذ الاستصلاح.

وشملت خطة الاستصلاح البيئي التي تم تقاسمها مع مجموعة الخبراء التعددية تأمين المناطق المحيطة بالمناجم المغلقة، وبناء مواقع خاصة للتخلص، وإزالة وتغطية الصخور الملوثة واتخاذ تدابير خاصة للقضاء على خطر تسرب العناصر المشعة إلى نظام المياه. "كان الصرف الملوث من أكوام صخور النفايات مصدر قلق أساسي. واقتضى ذلك جمع المياه ومعالجتها قبل التصريح باستهلاك الجمهور لها، " كما قال مارينياك. وفي بعض المناطق، ما زالت عمليات رصد وإدارة المياه مستمرة.

وقدّم معهد الوقاية من الإشعاعات والأمان النووي والمعهد الوطني للبيئة الصناعية ودراسة المخاطر الإرشاد والدعم في أعمال الاستصلاح. وتمت أيضاً استشارة خبراء دوليين من كلٍّ من الوكالة وبلجيكا وإسرائيل ولكسمبرغ وسويسرا والمملكة المتحدة.

واليوم، فإن مواقع تعدين اليورانيوم السابقة تكشف بصعوبة عن الأنشطة السابقة، وتمتزج تماماً بالمشاهد الطبيعية المحيطة.

"إن وجود نهج استشاري لإدارة الاستصلاح أساسي للحصول على دعم الناس."

— إيف مارينياك، منسق، مجموعة الخبراء التعددية، فرنسا

أنشطة الاستصلاح

بعد إغلاق مناجم اليورانيوم في ليموزان، وُضِعت استراتيجيات إدارية، بما يشمل منهجية تتماشى مع القانون الفرنسي لسنة ٢٠٠٦ بشأن التصرف المستدام في النفايات والمواد المشعة.

واضطلعت المديرية الإقليمية للصناعة والبحث والبيئة وهيئة الأمان النووي بمهمة الإشراف على عملية الاستصلاح وتنفيذها. وتمثلت الأهداف الرئيسية في التأكد من شفافية العملية، وضمان أمان الجمهور، ومنع أي تسرب وتلوث آخر من المناجم المغلقة، كما قال مارينياك.

وقيَّمت السلطات أيضاً وضع مناجم اليورانيوم، بما يشمل أعمال التعدين التي تم القيام بها، وحالة أكوام صخور النفايات، وأحواض مخلفات المعالجة، ونظم جمع ومعالجة المياه، وتحديد مواقع التخلص من الرواسب الملوثة، وإمكانية إعادة استخدام صخور النفايات.

كما تم استعراض المعلومات المتعلقة بأثر ذلك على النظام البيئي المحلي، وتقييم الجرعات الإشعاعية لدى العمال، ورصد انبعاث المواد المشعة في البيئة، والاقتراحات الخاصة بالإجراءات التصحيحية.

وبين عامي ٢٠٠٦ و٢٠٠٨، تم تنفيذ إجراءات ذات أولوية، مثل التحويل المأمون للنفايات المشعة وغير المشعة إلى مواقع التخلص، والنقل المأمون لمواد النفايات المشعة، وضمان تنفيذ إجراءات قانونية صارمة لحماية الجمهور والبيئة.

وأمكن للجمهور أيضاً الاطلاع على المخزون الحكومي للمناجم في المنطقة وعلى تفاصيل النفايات المشعة التي سيتم التخلص منها، كما قال مارينياك.

وفيما يتعلق باستصلاح المواقع، سعت السلطات الفرنسية في ليموزان إلى تقليل الأثر المتبقي لأنشطة التعدين السابقة، وإعادة إدماج الموقع في المشاهد الطبيعية. ومن أجل جعل المناطق آمنة لاستخدام الجمهور، أجرت أيضاً عمليات رصد إشعاعي وبيئي دقيقة، وقامت بمعالجة واسعة النطاق للمياه.

بعثات الوكالة الدولية للطاقة الذرية تستعرض أنشطة الإخراج من الخدمة في محطة فوكوشيما داييتشي للقوى النووية

في ١١ آذار/مارس ٢٠١١ تسبَّب زلزال مدمّر تبعه تسونامي في حادث كبير في محطة فوكوشيما داييتشي للقوى النووية في اليابان، في أسوء حادث نووي منذ تشرنوبل في عام ١٩٨٦. أنشطة إزالة الوقود واستقرار ما بعد الحوادث والتنظيف جارية في المحطة بهدف المُضي في التفكيك النشط في الوقت المناسب.

في الأعوام الخمسة منذ وقوع الحادث، وبطلب من حكومة اليابان، أرسلت الوكالة أكثر من عشر بعثات خبراء لتقديم المشورة لهذا البلد في مجالات مختلفة، منها ثلاث بعثات خبراء عن جوانب الأمان والجوانب التقنية للإخراج من الخدمة والاستصلاح.

والهدف من بعثات استعراض النظراء الخاصة بالإخراج من الخدمة هو تقديم تقييم مستقل للأنشطة المرتبطة بالتخطيط لإخراج المحطة من الخدمة وتنفيذ ذلك.

وكانت أحدث تلك البعثات في شباط/فبراير ٢٠١٥ وشملت ١٥ خبيراً دولياً، وقدَّم هؤلاء استعراضاً مستقلاً للإخراج من الخدمة مبنياً على معايير الأمان الصادرة عن الوكالة وغيرها من الممارسات الجيدة ذات الصلة. تتوافر تقارير استعراضات النظراء تلك عبر موقع الوكالة على الإنترنت: www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima.

في آب/أغسطس ٢٠١٥، نشرت الوكالة تقرير المدير العام للوكالة عن حادث فوكوشيما داييتشي، إلى جانب خمسة مجلدات تقنية أعدَّها خبراء دوليون، لتقييم سبب الحادث وعواقبه. وجمع هذا المنشور بين دفتيه الدروس المستفادة من الحادث وهو يمثل مورداً قيماً لجميع البلدان التي تستخدم القوى النووية أو تخطط لاستخدامها. ويتناول مجلد منها جهود التعافي بعد الحادث، بما في ذلك الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي.

وتوثِّق الصور التالية آخر بعثة إخراج من الخدمة أرسلتها الوكالة في شباط/فبراير ٢٠١٥.

صهاريج مياه تحتوي المياه الملوَّثة أمام مباني المفاعل في فوكوشيما داييتشي.

فريق الوكالة المختص في الإخراج من الخدمة يستمع إلى شرح عن وظيفة نظام تنقية يزيل جميع العناصر المشعة تقريباً من المياه الملوَّثة.

أحد خبراء فريق بعثة الوكالة يحصل على المساعدة للتزوُّد بالتجهيزات اللازمة قبل جولة في الموقع.

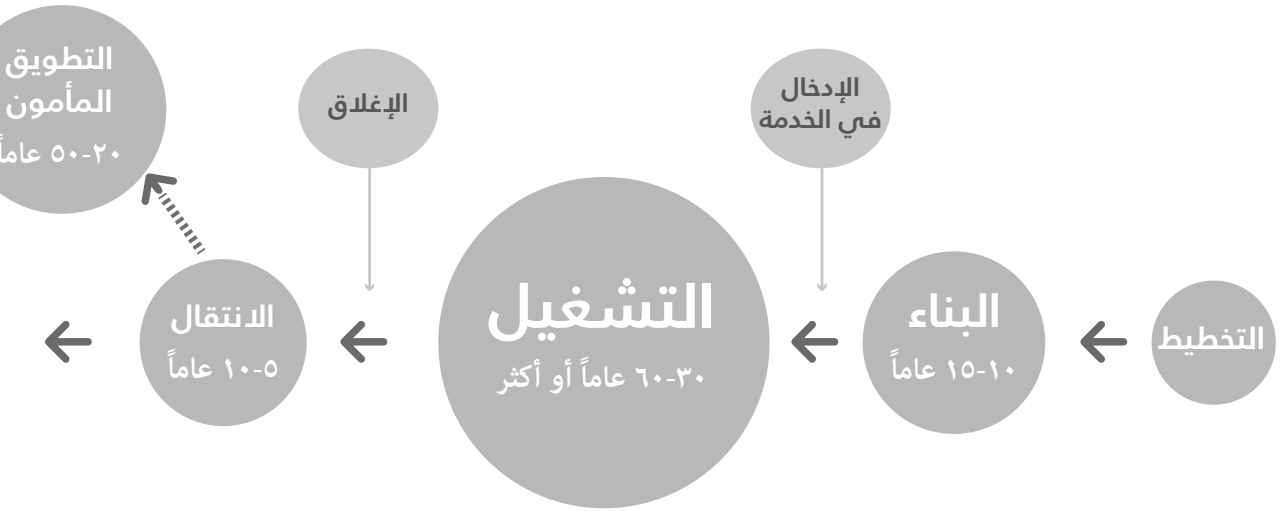
أحد خبراء فريق بعثة الوكالة يحدّق في حوض مفرَّغ من الوقود المستهلَك.

أعضاء فريق الوكالة لاستعراض الإخراج من الخدمة يمرون من امام هيكل الوحدة ٤.

فريق الوكالة ينظر إلى نظام تنقية يزيل جميع العناصر المشعة تقريباً من المياه الملوَّثة.

(الصور من: س. لووف، الوكالة)

من التخطيط إلى الإخراج من الخدمة:



التخطيط

١

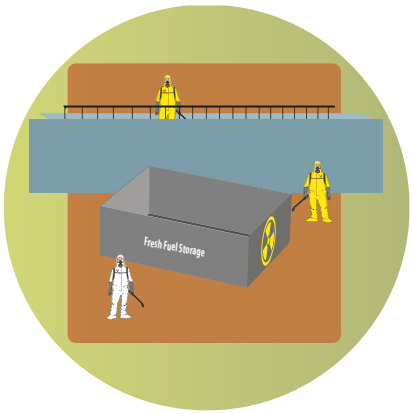
مفتاح النجاح في مجال الإخراج من الخدمة هو التخطيط بتأنٍ والنظر في جميع جوانب المشروع، بما في ذلك التمويل والترخيص.

تحديد الخصائص المادية والإشعاعية

٢

الخبراء بحاجة إلى فكرة واضحة عن خصائص المرفق والمستويات الإشعاعية التي من المتوقع أن تواجههم.

إزالة التلوّث



٣

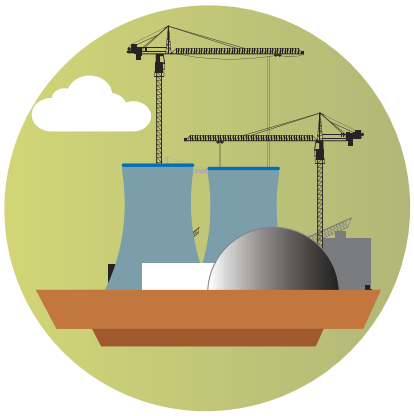
يزيل العمال تلوث المواد، وهو ما يقلِّل إلى حد بعيد كمية النفايات المشعة.

حياة محطة قوى نووية

الإخراج من الخدمة ١٠-٢٠ عاماً

عندما لا يعود لمرفق ما أي غرض اجتماعي أو اقتصادي، لابد من تفكيكه وإتاحة موقعه لاستخدامات أخرى. وتبين المراحل الست أدناه خطوات عملية الإخراج من الخدمة.

التفكيك والهدم



٤

تُهدم جميع المباني والجدران والمكونات وتُحوَّل إلى قطع يتم تنظيمها وإعادة تدويرها. تُعالج النفايات المشعة بشكل منفرد وتُرسل للتخزين أو للتخلص منها.

التحضير لإعادة الاستخدام

٥

يُعد العمال الموقع لإعادة استخدامه.

المسح النهائي والإعفاء من التحكم الرقابي

٦

عند استرداد الموقع تتحكم الجهة الرقابية وتؤكد بأنه لا يوجد ملوِّثات ملموسة؛ يمكن عندئذ إعادة استخدام الموقع.

إخراج مفاعلات البحوث من الخدمة: ليس بالأمر الهيِّن

بقلم ميكلوس غاسبر

في ٢٤ أيلول/سبتمبر ٢٠١٥، أُزيل وقود يورانيوم شديد الإثراء سائل مشعَّع من مفاعل بحوث في المجمع الإشعاعي والتكنولوجي في طشقند، أوزبكستان، وأعيد إلى روسيا.

(الصورة من س. توتزر/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

للحصول على رخصة لتشييد مفاعل بحثي، يتعيَّن على الجهات المشغِّلة المحتملة أن تقدِّم خطة أولية للإخراج من الخدمة عند إغلاق هذا المِرفق الجديد في نهاية المطاف. غير أن ذلك لم يكن متطلباً في خمسينات وستينات وسبعينات القرن العشرين عندما شُيِّد أغلب مفاعلات البحوث التي تقترب اليوم من نهاية أعمارها التشغيلية. ونتيجة لذلك هناك مفاعلات غير مستخدمة عديدة تقبع اليوم في وسط مبانٍ جامعية، ومجمعات بحوث، ومجمعات مستشفيات، لأن الجهات المشغِّلة لها لا تملك خططاً ملائمة لإخراجها من الخدمة.

ويقول كيتوت كامايايا، الباحث المسؤول عن إخراج مفاعل البحوث تريغا-٢٠٠٠ من الخدمة في باندونغ، إندونيسيا: "حصل مفاعل البحوث لدينا مؤخراً على رخصة لمواصلة التشغيل لأعوام قليلة أخرى على أقل تقدير، لكن علينا أن نقرر ماذا سنفعل به بعدئذ".

"بمجرد إغلاق المفاعل سنحتاج إلى إخراجه من الخدمة في أسرع وقت ممكن".

- كيتوت كامايايا، باحث، الوكالة الوطنية للطاقة النووية، إندونيسيا

١٨٠ مفاعل بحوث آخر

في نهاية عام ٢٠١٥ كان هناك ٢٤٦ من مفاعلات البحوث العاملة في ٥٥ بلداً، وأكثر من ١٨٠ مفاعل بحوث أُغلقت أو قيد الإخراج من الخدمة، وذلك وفق ما جاء في استعراض التكنولوجيا النووية لعام ٢٠١٦ الصادر عن الوكالة. وتم إخراج أكثر من ٣٠٠ من مفاعلات البحوث والمجمّعات الحرجة من الخدمة تماماً. ويزيد عُمر قرابة نصف مفاعلات البحوث العاملة على ٤٠ عاماً، الأمر الذي يجعل إدارة التقادم والإخراج من الخدمة تحدِّيين أساسيين أمام مجتمع مفاعلات البحوث اليوم.

وقال فلادان ليوبينوف، أخصائي أمان النفايات في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، إن بلداناً عديدة لا تملك الأطر المؤسسية والقانونية والرقابية، والخبرات والبنية الأساسية التقنية، اللازمة للإخراج من الخدمة. وقال في هذا السياق: "في العادة نجد أن البلدان التي لا تملك برامج قوى نووية تكون أقل خبرة بكثير في مجال الإخراج من الخدمة، وغالباً لا تملك المرافق للتصرف في كل النفايات المشعة، باستثناء النفايات الضعيفة الإشعاع". ورغم أن أغلب النفايات الناجمة عن إخراج مفاعلات البحوث من الخدمة تكون نفايات ضعيفة الإشعاع، لكن يتعيَّن على البلدان أيضاً أن تتعامل مع كميات صغيرة من النفايات متوسطة الإشعاع وقوية الإشعاع الناجمة.

ويقول فلاديمير ميشال، رئيس فريق الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، إنه في بعض الأحيان لا تملك البلدان الأموال اللازمة للإخراج من الخدمة، رغم أنها في المدى البعيد ستوفر المال في حال بادرت على الفور إلى إخراج المرافق التي لم يَعُد بإمكانها استخدامها من الخدمة. وما لم يكن مفاعل البحوث قد حصل على رخصة إخراج من الخدمة من جهته الرقابية، فإن لوائح

الأمان والأمن الخاصة بالمفاعلات العاملة هي التي تنطبق، حتى لو لم يكن المفاعل مستخدماً أو حتى ربما لم يتبق له أي وقود. وقال ميشال: "الامتثال للمتطلبات الرقابية عبر الزمن أكثر كلفة من اتخاذ قرار صعب والإخراج من الخدمة". "أن نعمل في إطار نظام للإخراج من الخدمة أفضل وأكثر أماناً من حالة عدم اليقين".

الإخراج من الخدمة بسرعة

قال كامايايا إن هذا هو النهج الذي تتبعه إندونيسيا. وقد وُضعت بالفعل خطط لنقل إنتاج النظائر الطبية من باندونغ إلى مرفقين آخرين لمفاعلات البحوث في البلاد. وسينتقل أيضاً تدريب العلماء على فيزياء المفاعلات والهيدروليكا الحرارية إلى الموقعين الآخرين. وقال كامايايا: "بمجرد إغلاق المفاعل سنحتاج إلى إخراجه من الخدمة في أسرع وقت ممكن". وللتحضير للإخراج من الخدمة، شارك خبراء من الجهات المشغِّلة في عدة مشاريع تعاون تقني للوكالة، وأُتيحت لهم فرصة حضور أعمال إخراج من الخدمة جارية في أستراليا وبلجيكا.

وفي أوزبكستان، قرَّرت الحكومة إغلاق مفاعل البحوث في معهد الفيزياء النووية في طشقند بشكل دائم في تموز/يوليه ٢٠١٦، والبدء بعملية الإخراج من الخدمة في أقرب وقت ممكن، وفق ما قال عمر ساليخباييف، مدير معهد الفيزياء النووية. وقال في هذا السياق: "نعمل عن قرب مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية فيما يتعلق بالخطة الأولية للإخراج من الخدمة، والتي نريد تقديمها إلى الحكومة بحلول شهر أيار/مايو". ويأتي ذلك في أعقاب إخراج مفاعل بحوث فوتون FOTON في طشقند من الخدمة، وهو ما بدأ السنة الماضية ومن المقرر أن يُستكمل بحلول منتصف عام ٢٠١٧. وأعيدَ وقود المفاعل إلى روسيا في إطار برنامج تولَّت التنسيق له الوكالة في شهر أيلول/سبتمبر الفائت (انظر الصورة، صفحة ١٦).

مفاعل قديم، مفاعل جديد

يرغب مشغِّلون عدة ببناء مفاعلات بحوث جديدة تكون أكثر تقدماً من الجيل السابق من الناحية التقنية. ويقول ليوبينوف إن هؤلاء ستكون مهمتهم أسهل في الحصول على رخصة رقابية وكسب ثقة الجمهور لتشييد مفاعل بحوث جديد في حال أثبتوا أنهم قاموا بإخراج المفاعل السابق من الخدمة حسب الأصول. وأضاف قائلاً إن موقع المرفق السابق يمكن أيضاً أن يوفر موقعاً طبيعياً للمرفق الجديد.

ويوضح ليوبينوف قائلاً إن مفاعلات البحوث، في بعض جوانبها، أكثر تعقيداً فيما يتعلق بإخراجها من الخدمة مقارنة بمفاعلات القوى، رغم أنها أصغر حجماً. ومفاعلات البحوث تكون في العادة وسط مبانٍ جامعية أو معهد بحوث، وتكون محاطة بمرافق ومبان أخرى مستخدمة. وقد يرتبط مفاعل البحوث بصلات مع مختبرات أو مرافق بحثية أخرى ويتقاسم معها النظم، وقد يتمثل ذلك على سبيل المثال في صهريج مشترك لتخزين النفايات. وهنا يتساءل ليوبينوف: "أين هي حدود المفاعل، وما الذي نريد إخراجه من الخدمة، وما الذي نريد بقاءه على حاله؟ وهذا الأمر لا يكون واضحاً دائما."

مهندسون مسؤولون عن مفاعل البحوث الذي يديره معهد الفيزياء النووية في أوزبكستان يحصلون على المشورة من خبراء دوليين وخبراء الوكالة بشأن إعداد خطة الإخراج من الخدمة.

(الصورة من: د. كالما/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

اللوائح الصحيحة

يمتد الدعم المقدَّم من الوكالة أيضاً إلى الجهات الرقابية، بحيث تتمكن من إعداد الإطار القانوني لبلادها للإخراج من الخدمة. وقال رينو ألامسيا، كبير الرقابيين في الوكالة الرقابية للطاقة النووية في إندونيسيا: "بامتلاكنا ثلاثة مفاعلات بحوث لا أكثر وعدم امتلاكنا لمفاعلات قوى نووية، نحن أصغر من أن نصوغ مبادئ توجيهية خاصة بنا". وقامت الوكالة بتدريب موظفي الوكالة الرقابية للطاقة النووية على صَوْغ التشريعات والمبادئ التوجيهية، وستساعدهم أيضاً في استعراض خطة الإخراج من الخدمة عند تقديمها.

"في العادة نجد أن البلدان التي لا تملك برامج قوى نووية تكون أقل خبرة بكثير في مجال الإخراج من الخدمة، وغالباً لا تملك المرافق للتصرف في كل النفايات المشعة، باستثناء النفايات الضعيفة الإشعاع".

- فلادان ليوبينوف، أخصائي أمان النفايات، الوكالة الدولية للطاقة الذرية

وفي أعقاب التدريب الأولى قال الموظفون المدرَّبون في كل من إندونيسيا وأوزبكستان إنهم الآن أفضل استعداداً لأي أعمال لاحقة للإخراج من الخدمة، داخل بلدهم أو في الخارج. وهنا قال كامايايا: "هناك مفاعلان آخران في إندونيسيا. ورغم أنهما يعملان على أكمل وجه في الوقت الراهن، لكن سيحين وقت لإخراجهما من الخدمة أيضاً".

وفي أوزبكستان، بدأ مؤخراً خبراء من معهد الفيزياء النووية العمل على إعداد خطة الإخراج من الخدمة الخاصة بمفاعل بحوث ثانٍ في البلاد. وهنا قال ساليخباييف: "بإمكاننا أن نعيد استخدام الكثير من المواد وأن نستفيد من الكثير من المعارف التي اكتسبناها في المرة الأولى".

تعميق الفهم، وتعزيز الأمان: خدمات الوكالة في مجال الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي

إحالة المرافق النووية إلى التقاعد بطريقة مأمونة وآمنة عندما تصل إلى نهاية أعمارها النافعة وجعل مواقعها متاحة لإعادة الاستخدام في المستقبل مسألة بحاجة إلى تخطيط وتنفيذ متأنِّيَيْن. وتوفر الوكالة للدول الأعضاء نطاقاً عريضاً من الخدمات المتصلة بالإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي، بدءاً من المشورة القانونية والرقابية والتقنية، ومروراً ببناء القدرات والتدريب، ووصولاً إلى صَوْن الشبكات لتبادل المعلومات. وتساعد هذه الخدمات أيضاً الدول الأطراف في الاتفاقية المشتركة بشأن أمان التصرف في الوقود المستهلك وأمان التصرف في النفايات المشعة، حيث تتطلب من الأطراف الإبلاغ عن أمان الاستصلاح والإخراج من الخدمة.

ويقدِّم هذا المقال نبذة عامة عن هذه الخدمات.

موقع استصلاح في أستراليا.
(الصورة من: الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

خدمة الاستعراض (أرتميس)

وضعت الوكالة خدمة استعراض متكاملة للتصرُّف في النفايات المشعة والوقود المستهلَك، والإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي، ويُشار إلى هذه الخدمة باسم خدمة الاستعراض المتكاملة المتعلقة بالتصرف في النفايات المشعة والوقود المستهلك، وبرامج الإخراج من الخدمة والاستصلاح (خدمة أرتميس). وأُطلِقت هذه الخدمة في عام ٢٠١٤، وهي موجَّهة إلى الجهات المشغِّلة للمرافق وغيرها من المنظمات المنفِّذة المسؤولة عن التصرُّف في النفايات المشعة، وإخراج المرافق النووية من الخدمة، واستصلاح المواقع الملوَّثة بمواد مشعة.

ويمكن أن تُستخدم هذه الخدمة من جانب الهيئات الرقابية، والوكالات الحكومية، ومقرِّري السياسات الوطنيين، وقد تغطي أُطر السياسات واللوائح، القائمة أو المخطط لها، الوطنية أو المؤسسية، إلى جانب برامج أو مشاريع أو مرافق التصرف في النفايات ذات الصلة. وقد تشمل الاستعراضات أيضاً تقييماً مفصلاً ومشورة تقنية بشأن تنفيذ برامج محددة في مجال الإخراج من الخدمة أو الاستصلاح البيئي.

حلقات عمل وتدريب

يعتمد التخطيط لبرامج الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي وتنفيذها على توافر عدد كافٍ من المهنيين المتمرسين والمؤهلين المناسبين في المنظمات المنفِّذة والرقابية على السواء.

وتدير الوكالة دورات تدريبية وحلقات عمل، وتوفد بعثات خبراء، وتقدم منحاً دراسية من خلال برنامجها للتعاون التقني للمساعدة في تطوير المعارف والخبرات التقنية. وهناك دورات تعلُّم إلكترونية متخصصة تقوم بدور متمِّم للتدريب وجهاً لوجه.

الشبكة الدولية المعنية بالإخراج من الخدمة

تمثل الشبكة الدولية المعنية بالإخراج من الخدمة محفلاً للخبراء لتوثيق التعاون وتقاسُم المعارف في ما يتصل بأنشطة الإخراج من الخدمة. وهذه الشبكة معنية بإخراج جميع أنواع المرافق النووية من الخدمة، بما في ذلك محطات القوى، ومرافق دورة الوقود، ومفاعلات البحوث، ومواقع البحوث السابقة، وغيرها من المرافق حيث تُستخدم النويدات المشعة لأغراض صناعية أو طبية أو بحثية.

وتنظّم الشبكة أنشطة تعاونية عديدة، تشمل محفلاً سنوياً للمشاركين.

شبكة إدارة البيئة واستصلاحها (شبكة ENVIRONET)

تعزز وتيسّر شبكة إدارة البيئة واستصلاحها التعاون فيما بين البلدان والمنظمات الأقل تجربة والأكثر تجربة لتبادل المعارف في تنفيذ مشاريع الاستصلاح البيئي.

وتوفر الشبكة نطاقاً عريضاً ومتنوعاً من الأنشطة التدريبية والإيضاحية، مع تركيز إقليمي أو مواضيعي، لتوفير تجربة عملية موجَّهة إلى المستخدمين النهائيين وتعميم التكنولوجيات المثبتة.

الربط الشبكي لشبكات تعزيز الاتصال والتدريب (شبكة CONNECT)

شبكة CONNECT التابعة للوكالة هي منصة قائمة على شبكة الويب متاحة للأعضاء في الشبكات المهنية ومجتمعات الممارسة المهنية المنبثقة عن الوكالة بهدف تسهيل التعاون وتبادل المعلومات والخبرات فيما بين المشاركين في الشبكات، ضمن الشبكة الواحدة أو فيما بين شبكات مختلفة.

وتستضيف شبكة CONNECT إحدى عشرة شبكة، منها الشبكة الدولية المعنية بالإخراج من الخدمة وشبكة إدارة البيئة واستصلاحها، إلى جانب الشبكات المعنية بالتخلص من النفايات، والتصرف في الوقود المستهلَك، وإدارة المعارف النووية، وغيرها.

برنامج النمذجة والبيانات الخاصة بتقييم التأثير الإشعاعي (موداريا)

الهدف من برنامج موداريا هو تحسين القدرات في مجال تقييم جرعات الإشعاعات البيئية من خلال استخدام بيانات محسَّنة، واختبار النماذج ومقارنتها، وتحقيق توافق الآراء بشأن نُهج النمذجة والقيم المعيارية، واستنباط مناهج محسَّنة، وتبادل المعلومات.

وتُستَخدَم نتائج التقييمات الإشعاعية، على سبيل المثال، في تقييم العلاقة الإشعاعية لانبعاثات النويدات المشعة، الروتينية والعرَضية، ولدعم عملية اتخاذ القرارات في ميدان العمل الاستصلاحي، وبغرض تقييم أداء التخلُّص من النفايات المشعة.

وتنبثق عن البرنامج عشرة أفرقة عاملة تركز على نطاق من القضايا المترابطة، مثل التصريفات الاعتيادية للنويدات المشعة في البيئة، ونزوح النويدات المشعة في البيئات الريفية والحضرية الملوَّثة، وتشتُّت النويدات المشعة في النظم البحرية، واستصلاح الأراضي التي تتعرض للتلوث خلال حوادث نووية أو جرّاء أنشطة غير منضبطة رقابياً في السابق.

أنشطة تعاونية أخرى

في عام ٢٠١٢ شكَّلت الوكالة فريق التنسيق المعني بمواقع اليورانيوم القديمة الذي يوفِّر تنسيقاً تقنياً للأنشطة الوطنية ومتعددة الأطراف في مجال استصلاح مواقع اليورانيوم القديمة، وفي المقام الأول في آسيا الوسطى.

وهناك خدمة ثانية تتمثل في المحفل الدولي العامل المعني بالإشراف الرقابي على المواقع الموروثة، وانطلقت هذه الخدمة في عام ٢٠١٠ للترويج للإشراف الرقابي الفعال والكفء على المواقع الموروثة، بما يتوافق مع معايير الأمان الصادرة عن الوكالة والممارسات الدولية الجيدة. ويوفر المحفل للمشاركين فرصة اكتساب خبرة عملية من خلال حلقات عمل دولية تركّز على مواقع معينة. وتبني هذه الخدمة الكفاءة التقنية، وتعزز القدرات الرقابية في مجال الاستصلاح، وتساعد في إعداد استراتيجيات وطنية فعالة لتعزيز عمليات اتخاذ القرار الوطنية.

ومن خلال المشروع الدولي عن إدارة إخراج المرافق النووية المتضررة من الخدمة واستصلاحها (مشروع دارود)، الذي أُطلق في كانون الثاني/يناير ٢٠١٥، يمكن أن يتعرَّف الخبراء بشكل أفضل وأن يستفيد هؤلاء من التجربة المتأتية من إخراج المرافق النووية المتضررة من حوادث عنيفة من الخدمة واستصلاحها. ويغطي مشروع دارود الجوانب الرقابية والتكنولوجية والتخطيطية للإخراج من الخدمة والاستصلاح.

ويُعَدُّ مشروع دارود من بين المبادرات التي اضطلعت بها الوكالة في إطار خطة عمل الوكالة بشأن الأمان النووي التي اعتُمِدت في أعقاب حادث محطة فوكوشيما داييتشي للقوى النووية في عام ٢٠١١.

تكنولوجيات جديدة في مجال الإخراج من الخدمة والاستصلاح

بقلم فنسن فورنييه

يمكن تركيب أجهزة استشعار وكاميرات على الطائرات بلا طيار لجمع البيانات عن بُعد تحضيراً للاستصلاح البيئي.
(الصورة من: ر. دوران/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

التكنولوجيات الجديدة والناشئة تجعل الإخراج من الخدمة والاستصلاح أفضل من حيث فعالية التكلفة وأيضاً من حيث السرعة والأمان. واستخدام التكنولوجيات الجديدة آخذ في الازدياد، بدءاً من التخطيط ووصولاً إلى التنفيذ والتحكم.

الليزر والطائرات بلا طيار "درونز" لتخطيط أفضل

قبل البدء بالإخراج من الخدمة أو الاستصلاح البيئي، فإن الخبراء بحاجة إلى التخطيط لكل خطوة من العملية، وللقيام بذلك هُم بحاجة في البداية إلى فكرة واضحة عن الخصائص الهيكلية ومستوى الإشعاع الذي من المتوقع أن يواجهوه.

ويمكن تحديد الخصائص لأغراض التخطيط باستخدام نُهج يدوية، مثل رسم المخططات النموذجية وأخذ القياسات والتقاط الصور، لكن الآن تتيح تكنولوجيات المسح الضوئي الليزري لفِرق الإخراج من الخدمة أن ترسم بسرعة ودقة أكبر مخطط الخصائص المادية لهياكل مِرفق ما ونظمه ومكوناته. ويُتمَّم ذلك بقياسات بالغة الحساسية تؤخذ بأجهزة فائقة التقنية، مثل الكاميرات الجيمية المُدارَة عن بُعد والتي يمكنها أن تقيس بدقة وكفاءة الخصائص الإشعاعية للمِرفق، بما في ذلك كمية الإشعاع ونوعه. ويلزم أخذ قياسات مشابهة عند إزالة التلوث وذلك للتحقُّق من أن أي مستويات إشعاعية متبقية إنما هي غير ذات شأن.

"ويمكن الاستعانة بأدوات مُدارَة عن بُعد لقياس النشاط الإشعاعي، وإزالة التلوث من محطات القوى النووية، وفي نهاية الأمر تقسيم وتناوُل أجزاء المحطة، لنتجنَّب بذلك المخاطر التي قد تواجه الإنسان".

— فلاديمير ميشال، رئيس فريق الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي، الوكالة الدولية للطاقة الذرية

وبالنسبة لأخصائيي الاستصلاح البيئي تزداد أهمية فهم الأبعاد ذات الفوارق الدقيقة لسلوك بيئة الموقع–والملوِّثات الواقعة ضمنها–عبر الزمن. وتتيح أدوات جديدة مثل الطائرات بلا طيار المزوَّدة بأجهزة استشعار للأخصائيين تقييم سطح الموقع عن بُعد، وعند اقتران ما سبق بالبيانات المجمَّعة على الأرض، يمكن أن يساعد ذلك في تحديد طبيعة الملوِّثات في التربة وتركيزها وتوزيعها. ويحدِّد ذلك بدقة عالية الخصائص المادية والإشعاعية للموقع، مثلما يحدِّد السلوكيات والديناميات البيئية الكامنة.

وفي كلتا الحالتين، بمجرد أن تُجمع البيانات يمكن لبرمجيات النمذجة المتطورة ثلاثية الأبعاد أن تولّد مستنسخات فائقة التفاصيل من المِرفق أو الموقع، وخريطة تراكبية لمستوياته الإشعاعية. ويمكن استخدام برمجيات النمذجة أيضاً في مجال الاستصلاح البيئي لمحاكاة سلوك الملوِّثات في البيئة، وهذه خطوة أساسية على صعيد انتقاء وتنفيذ نُهج استصلاح مأمونة ومستدامة وذات تكلفة مجدية وأيضاً لرصد موقع ما وإدارته في المدى البعيد.

البشر والروبوتات

المرافق النووية مليئة بالزوايا والأماكن المنزوية التي يصعب الوصول إليها، وتكون في بعض المناطق مشعة وخطرة إلى حد كبير الأمر الذي يحُول دون دخول العمال إليها. وتتيح الروبوتات طرقاً جديدة للتعامل مع هذه التحديات.

"ببساطة لا يمكن للعمال الوصول إلى بعض أجزاء هذه المرافِق، إما لأنها صغيرة أو ضيقة للغاية، أو لأنها مشعة وخطرة للغاية. وهنا يكمن الدور الفارق للربوطيات،" كما قال فلاديمير ميشال، رئيس فريق الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي في الوكالة الدولية للطاقة الذرية. "ويمكن الاستعانة بأدوات مُدارَة عن بُعد لقياس النشاط الإشعاعي، وإزالة التلوث من محطات القوى النووية، وفي نهاية الأمر تقسيم وتناوُل أجزاء المحطة، لنتجنَّب بذلك المخاطر التي قد تواجه الإنسان".

ومع تقدُّم التقنية، أصبحت الروبوتات أصغر حجماً، وأكثر تقدُّماً وإتقاناً، ما جعلها تعمل في تضاريس متنوعة وبيئات قاسية. وعلى سبيل المثال، يمكن للعمال تشغيل الأذرع الآلية متعددة المهام عن بُعد، ويمكن تزويدها بأدوات مثل القاطعات الليزرية بما يتيح تفكيك الأنابيب ومكونات المفاعلات التي يصعب الوصول إليها وغيرها.

ويمكن أيضاً تشغيل الأدوات القاطعة المُدارَة عن بُعد تحت الماء، ويكون مشغِّلو تلك الأدوات على مقربة منها محميين بالوقاية الطبيعية التي يوفرها الماء من الإشعاع. وبتفكيك المكونات المشعة تحت الماء يمكن أن تساعد هذه الروبوتات في حماية العمال والوقاية من انبعاث الجسيمات العالقة في الهواء.

طبيعة ابتكارية

الابتكار لا ينحصر دائماً في تطوير أجهزة جديدة معقدة. ويُعدُّ مفهوم "الهندسة المنسجمة مع الطبيعة" أحد المفاهيم الناشئة في الاستصلاح البيئي. وفي بعض المواقف قد لا يكون الحل الاستصلاحي الأمثل هو الحل الذي ينطوي على أدوات مكلفة وعمليات كيميائية.

"أن تأخذ الطبيعة مجراها قد يكون، في بعض الحالات، أفضل مسار للأمور، غير أن ذلك يستلزم أن نفهم العمليات البيئية ذات الصلة وأن نتنبأ أيضاً بها على نحو مفصل. غير أنه في الآونة الأخيرة فقط أصبحت الأدوات الحاسوبية وتقنيات تحديد الخصائص والرصد راسخة على نحو كافٍ لتعزيز الثقة في استخدام هذا النهج،" كما قال هورست مونكن-فرناندیز، أخصائي الاستصلاح البيئي في الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

ويُعدُّ الاستصلاح ذو الأبعاد النانوية، أو الاستصلاح النانوي، تقنية جديدة تستفيد من هياكل متناهية الصِّغر من صُنع الإنسان تُعرف باسم الجسيمات النانوية في الحدِّ من تركيزات الملوِّثات في التربة والمياه الجوفية، بسرعة وكفاءة. وتتسم هذه الجسيمات التي هي أصغر بنحو ١٠٠٠٠٠ مرة من عرض شعرة واحدة بقدرات متميزة في التخزين والنقل والاختراق والتوزيع.

روبوت على شكل ثعبان مزوَّد بقاطعة ليزرية يسهّل وصول طاقم الإخراج من الخدمة إلى المناطق المحصورة والخطرة.

(الصورة من: شركة سيللافيلد المحدودة، المملكة المتحدة)

ويمكن حقنها في الطبقة تحت السطحية للمصدر الملوَّث من أجل تحلُّل الملوِّثات أو شلّ حركتها. ويمكن أيضاً استخدامها لاحتجاز الملوِّثات عبر الجسيمات النانوية التي تتصرف كغِرْبال جزيئي. ومن الممكن أن تكون هذه التقنية مجدية التكلفة بشكل أفضل من التقنيات التقليدية، مثل أعمال الحفر لبلوغ أهداف التنظيف في عملية الاستصلاح البيئي.

عالم جديد بالكامل

الابتكار يفتح الأبواب نحو آفاق جديدة، غير أنه يفرض أيضاً متطلبات تدريب جديدة. وأحد الحلول لتحقيق ما سبق هو الحقيقة الافتراضية. فعالم التقنية ثلاثية الأبعاد يتيح فرصة أمام الممارسين لاكتساب خبرة مباشرة في كل خطوة من خطوات عملية الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي. ويمكن أن يشمل ذلك، بين أمور أخرى، مواصفات تسلسل القَطْع المتبع، ومستويات التعرض للإشعاعات التي قد تواجه العمال، وأكثر الخيارات المتاحة كفاءة لإزالة مكونات قطع النفايات المهشمة وتغليفها، ومخاطر الأمان المحتملة.

ورغم أن الفوائد المحتملة للتكنولوجيات والابتكارات الجديدة هائلة، تمرُّ في العادة أعوام لتعزيز استخدامها على نطاق أوسع، لاسيما في البلدان ذات الميزانيات والموارد المحدودة. ويساعد الدعم المقدَّم من الوكالة البلدان في الحصول على ما تحتاجه من معلومات وخبرات وتدريب.

وهنا يقول ميشال: "تقوم رؤية الوكالة على مساعدة الدول الأعضاء في إرساء وصَوْن قدراتها على إدارة مشاريع الإخراج من الخدمة والاستصلاح في الوقت المناسب وبطريقة مأمونة وبتكلفة مجدية".

إخراج المرافق النووية من الخدمة: تجربة ألمانيا

بقلم بوريس بريندیباخ

بوريس بريندیباخ هو باحث مشارك وكبير خبراء الإخراج من الخدمة لدى شركة أمان المنشآت والمفاعلات (GRS)، التي تقدم الدعم للحكومة الألمانية في أنشطتها للإخراج من الخدمة والاستصلاح.

اكتسبت ألمانيا خبرة واسعة في مجال إخراج المرافق النووية من الخدمة منذ سبعينات القرن العشرين. وحالياً هناك ١٦ محطة قوى نووية، مفاعلات قوى ومفاعلات نموذجية على السواء، في مراحل مختلفة من عملية الإخراج من الخدمة. وتم استكمال ثلاثة مشاريع للإخراج من الخدمة (انظر الخريطة).

وفي أعقاب حادث محطة فوكوشيما داييتشي للقوى النووية في آذار/مارس ٢٠١١، قررت الحكومة الألمانية إنهاء استخدام الطاقة النووية للتوليد التجاري للكهرباء من خلال التخلي عنها تدريجياً. وترتَّب على هذا القرار إدخال تعديل على قانون الطاقة الذرية الألماني (AtG) في ٣١ تموز/يوليه ٢٠١١، حيث سُحب إذن تشغيل منشأة لانشطار الوقود النووي لأغراض الإنتاج التجاري للكهرباء في أقدم سبع محطات قوى نووية ومحطة كرومل (Krümmel) للقوى النووية في ٦ آب/أغسطس ٢٠١١، وحُدِّدت تواريخ للإذن الخاص بتسع محطات قوى نووية متبقية في إطار نهج متدرج ينتهي في عام ٢٠٢٢.

ومنذئذ، تقدَّمت ثماني محطات قوى نووية، أُغلقت في عام ٢٠١١، للحصول على رخصة إخراج من الخدمة. وعلاوة على ذلك، أُغلقت محطة القوى النووية غرافنراينفيلد (Grafenrheinfeld) في ٢٧ حزيران/يونيه ٢٠١٥، قبل نصف عام من موعد الإغلاق المقرَّر في الأصل. وقُدِّم طلب الإخراج من الخدمة قبل الموعد بوقت كافٍ، وتم الشيء ذاته بالنسبة لمحطة القوى النووية غوندريمنغن بي، والتي مازالت قيد التشغيل ومن المقرر إغلاقها في نهاية عام ٢٠١٧.

وتقدم الخريطة على الصفحة التالية لمحة عامة عن محطات القوى النووية قيد الإخراج من الخدمة في ألمانيا، إلى جانب تلك التي تم بالفعل تفكيكها، أو إغلاقها بشكل دائم ولكنها تنتظر منحها رخصة الإخراج من الخدمة، أو قيد التشغيل مع تحديد تواريخ إغلاقها. وإلى جانب مفاعلات القوى والمفاعلات النموذجية، تم إغلاق أكثر من ٣٠ من مفاعلات البحوث بأحجام مختلفة وأكثر من عشرة مرافق لدورة الوقود النووي، وتم أو سيتم إخراجها من الخدمة.

بأشكال وأنماط مختلفة

قد تكون هناك عدة مشاريع للإخراج من الخدمة قيد التنفيذ على نحو متزامن، غير أن لكل مشروع منها فرادته. ويعتمد مسار تنفيذ المشروع وتمويله واختيار استراتيجية الإخراج من الخدمة وشروط أخرى عدة على نوع المرفق والجهة المالكة له:

- مفاعلات القوى ومحطات إثراء اليورانيوم وتصنيع الوقود تتبع مرافق القوى والشركات المشغِّلة في هذا القطاع.
- من جانب آخر تُقام مفاعلات البحوث والمفاعلات النموذجية لإنتاج الكهرباء ومرافق دورة الوقود النووي النموذجية في مراكز البحوث أو الجامعات. ويتم تمويلها من الأموال العامة.
- ويتم تمويل إخراج محطتين للقوى النووية من الخدمة هُما غرايفزفالد وراينسبيرغ التابعتان لألمانيا الشرقية سابقاً من الميزانية الاتحادية، وكذلك الحال بالنسبة لإخراج مرافق تعدين اليورانيوم وتجهيزه الخاصة بألمانيا الشرقية من الخدمة واستصلاحها.

والإطار القانوني لإخراج المرافق النووية من الخدمة متأتٍ من قانون الطاقة الذرية الألماني (AtG). وهو ينصُّ على أن الإخراج من الخدمة رهنٌ بالحصول على ترخيص من السلطة المختصة. ووفقاً لقانون الطاقة الذرية الألماني فإنه يجيز استراتيجيتين مختلفتين هما: التفكيك المباشر أو التفكيك بعد التطويق المأمون. وتتخذ الجهة المشغِّلة قرار اختيار استراتيجية الإخراج من الخدمة التي تريد تنفيذها. واختار معظم المشغِّلين التفكيك المباشر.

وأما بالنسبة لطلب الترخيص، لابدَّ من تقديم وثائق ومعلومات محدَّدة إلى الجهة المختصة في الولاية التي يقع بها المرفق النووي. ويتعين أن تصفَ هذه الوثائق والمعلومات، بين أمور أخرى، الإجراء الذي يُقدَّم الطلب من أجله، وتدابير التفكيك المقررة والتقنيات المستخدمة ذات الصلة، والتأثيرات البيئية، وترتيبات الوقاية من الإشعاعات. وتخضع التفاصيل الإضافية

حالة مفاعلات القوى في ألمانيا

مغلقة بشكل دائم/لم يُمنح ترخيص الإخراج من الخدمة

في طور الإخراج من الخدمة

الانتهاء من الإخراج من الخدمة

قيد التشغيل (تاريخ الإغلاق النهائي)

(المصدر: شركة أمان المنشآت والمفاعلات، ألمانيا)

لقرار إجراءات الترخيص النووي وهي واردة في "دليل الإخراج من الخدمة".

وتتولى السلطة المحلية المختصة في الولاية الإشراف على الامتثال لمتطلبات الأعمال المجازة في رخصة الإخراج من الخدمة. وتتحقق تلك السلطة مما إذا تم الامتثال للشروط المحددة للعمل وشروط الترخيص المفروضة. ويقوم خبراء مستقلون مكلفون من قبل السلطة لتقديم المساعدة بعمليات تفتيش إضافية. وعلاوة على ذلك، سيتم تحديد التقنيات والأساليب المحدَّدة في الرخصة بشكل كامل، وسيتم إعداد خطة مفصَّلة في سياق الإجراءات الإشرافية.

وتتمثل المهام المستقبلية في ألمانيا في استكمال مشاريع الإخراج من الخدمة الحالية وإخراج المرافق النووية التي مازالت قيد التشغيل من الخدمة عندما تصل إلى نهاية أعمارها التشغيلية. وقد يفرض عدد مشاريع الإخراج من الخدمة، المنفَّذة على نحو متوازٍ لمرافق كبيرة الحجم وفق ما يقتضيه الإنهاء التدريجي للقوى النووية، تحدياتٍ من حيث توافر الكفاءات على جميع المستويات والإبقاء عليها (المشغلون والجهة الرقابية ومنظمات الدعم التقني والمورِّدون).

الاتجاهات الراهنة في الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي للمرافق النووية

بقلم خوان خوسيه سبايا غوميز

خوان خوسيه سبايا غوميز هو اقتصادي ومن المخضرمين في صناعة إخراج المرافق النووية من الخدمة. وهو رئيس المؤسسة الوطنية للنفايات المشعة (Enresa)، الشركة الوطنية المعنية بالنفايات المشعة في إسبانيا، ورئيس مؤتمر الوكالة الدولي بشأن تطوير تنفيذ برامج الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي على الصعيد العالمي الذي عُقد في الفترة من ٢٣ إلى ٢٧ أيار/مايو ٢٠١٦ في مدريد.

يمثل إخراج المرافق النووية المدنية من الخدمة واستصلاحها بيئياً تحدياً كبيراً للبلدان المنخرطة في هذا النشاط حول العالم. ويشمل ذلك الجوانب والمشكلات المتصلة بالإدارة والتكنولوجيا والأمان والبيئة.

وعلى مدى العقود القليلة الماضية، اكتسبت الجهات المشغِّلة حول العالم خبرة مهمة على صعيد إخراج المواقع النووية من الخدمة واستصلاحها بيئياً. فقد توقف عدد كبير من المرافق النووية عن العمل، ومن المتوقع أن يزداد هذا العدد بشكل هائل على مدى الأعوام المقبلة. وبالفعل تم إخراج سبعة عشر مفاعل قوى من الخدمة، من أصل أكثر من ١٥٠ مفاعل قوى أُغلقت أو تخضع للإخراج من الخدمة، فيما أُغلق أكثر من ١٨٠ مفاعل بحوث أو أنها قيد الإخراج من الخدمة، وتم بالفعل إخراج أكثر من ٣٠٠ منها من الخدمة بشكل كامل. وتم إغلاق ما مجموعه ١٧٠ مرفقاً من مرافق دورة الوقود النووي أو أنها في طور الإخراج من الخدمة، فيما تم إخراج ١٢٥ مرفقاً آخر من الخدمة بشكل كامل. وتُعد إسبانيا من البلدان ذات الخبرة والأنشطة الجارية في هذا المجال.

وقد ثبت أنه يمكن القيام بأنشطة الإخراج من الخدمة دون التسبُّب بمخاطر إضافية تطال الصحة أو الأمان أو البيئة، وأن ذلك من الأنشطة الصناعية الناضجة.

لكن، ما العناصر الأساسية التي تجعل هذا النشاط ممكناً؟ من واقع خبرتنا فإن الدورة الكاملة تتصل بالتوافر الفعال لثلاثة عناصر أساسية: إطار قانوني رقابي يضمن الأمان، والأحكام الضرورية فيما يتعلق بالتمويل وتوافر الموارد، والاستفادة من التكنولوجيات والخبرات في هذا المجال بما في ذلك وجود حلول لوجستية وإدارية للمواد الناتجة، وعلى وجه الخصوص الوقود المستهلَك والنفايات المشعة.

ومن الضروري إرساء إطار قانوني مناسب يحدّد بشكل واضح مسؤوليات مختلف أصحاب المصلحة، بما في ذلك السلطات. ويستلزم الانتقال من مرحلة التشغيل إلى مرحلة التفكيك والإخراج من الخدمة إدخال تغييرات في الإطار الرقابي بما يضمن أن يتم اعتماد التدابير اللازمة المتصلة بالمخاطر المحدَّدة لهذا النوع من المشاريع بطريقة تسهِّل تنفيذها، مع مراعاة متطلبات الأمان المعمول بها.

أهمية البحث والتطوير

عليهِ، فإنه من الضروري توفير استمرارية أنشطة البحوث والتطوير والابتكار من أجل تطوير وتحسين التقنيات والتكنولوجيا. ولابد أن يتجاوب هذا الجهد مع السمات المحدَّدة للإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي والتي تتمثل فرادتها في هيمنة عمليات غير روتينية عليها، رهناً بالتغيرات المستمرة في البيئة وبيان المخاطر. ولابد من تطوير ذلك ضمن بيئة تستلزم على نحو متزامن تحسيناً متواصلاً في شروط الأمان، وكفاءة إدارة المشاريع، والتكاليف ذات الصلة.

وأحد الجوانب الحاسمة في تلك الأنشطة هو الفصل اللازم للمواد غير المشعة عن النفايات المشعة. فهذه العملية تقلل إلى أضيق نطاق ممكن كمية النفايات التي تستلزم معالجة خاصة والتصرف بها بطريقة خاصة بسبب سُمِّيتها الإشعاعية.

ويضمن توافر المرافق ومسارات التصرُّف الخاصة بالمواد الناجمة عن عملية الإخراج من الخدمة وصولاً إلى مرحلة التخلص النهائي منها، لاسيما النفايات المشعة والوقود النووي المستهلَك، عدم انتقال المسؤولية إلى أجيال المستقبل. ونتيجة لذلك فإن عدم وجود مسارات التصرُّف ومرافق الوُجهة قد يتسبب بمصاعب في عملية الموافقة، وفي جميع الحالات يضيف حالة من عدم اليقين بشأن التكاليف النهائية.

تدريب المهنيِّين الناشئين

تتطلب هذه الأنشطة توافُر العاملين والمتعاقدين المؤهلين. ويتسم القطاع النووي بقوى عاملة فنية متقدمة في السنّ ويواجه صعوبة في استقطاب مهنيين ناشئين والإبقاء عليهم بحيث يمكن أن يحلوا محلهم. ويؤثر مثل هذا الموقف في العمليات التشغيلية الاعتيادية، مثلما يؤثر وربما بشكل أكبر في الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي.

ويُعد تقبُّل الجمهور شرطاً ضرورياً وهو من الأمور الأساسية للتنفيذ الفعال لتلك الأنشطة. وفي هذا الصدد، هناك توافق واسع في الآراء بشأن مسؤولية الجهات المشغِّلة والسلطات فيما يتعلق بتيسير المشاركة المسؤولة والمدروسة لنطاق عريض من أصحاب المصلحة في عملية اتخاذ القرارات.

وينبغي أن يكون المشاركون في هذه الأنشطة في أي بلد مستعدين لما هو غير متوقع. وقد يؤثر نطاق عريض من العوامل – السياسية والاقتصادية والاجتماعية والرقابية والبيئية – في تطوير تلك الأنشطة من مرحلة تخطيطها الأوَّلي ووصولاً إلى استكمالها في صيغتها النهائية.

وأخيراً وليس آخراً، أود أن أتطرَّق إلى التكاليف وتمويل الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي. فالتكاليف تتفاوت بشكل كبير، ويعتمد ذلك على نوع المرفق، واستراتيجية التفكيك، والهدف من إخلاء المواقع، وقُرب وتوافر البنية الأساسية للتصرُّف بالمواد الناجمة، والإطار الرقابي واللوائح المعمول بها. وفي هذا الصدد، هناك اهتمام متنام بضمان توافر الموارد المالية الكافية لتنفيذ واستكمال هذه الأنشطة على نحو يحُول دون انتقال الالتزامات إلى أجيال المستقبل.

غيَّرت المؤسسة الوطنية للنفايات المشعة الغرض من مبنى التوربينات وحوَّلته إلى مرفق للتصرف في النفايات المشعة في محطة خوزيه كابريرا للقوى النووية.

(الصورة من: المؤسسة الوطنية للنفايات المشعة).

البلدان المستجدة تواجه تحديات مشتركة في إرساء البنية الأساسية النووية

بيلاروس تشيِّد أول محطة قوى نووية في موقع أوستروفيتس.

(الصورة من: مديرية تشييد محطات القوى النووية/بيلاروس)

لابد أن تتأكد البلدان التي تشرع ببرامج قوى نووية أن يكون إرساء البنية الأساسية القانونية والرقابية والداعمة مواكباً لتشييد محطة القوى النووية ذاتها. وليس من بديل عن ذلك لضمان أن يسير البرنامج بطريقة مأمونة وآمنة ومستدامة، وهذا ما خلص إليه المشاركون في أعمال حلقة عمل عن إرساء البنية الأساسية للقوى النووية أُقيمت في الوكالة الدولية للطاقة الذرية في شهر شباط/فبراير الفائت. وفي هذا الصدد، قال ميلكو كوفاتشيف، رئيس قسم إرساء البنية الأساسية النووية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "الشروع في برنامج قوى نووية جهد جادّ يستلزم موارد مالية كبيرة، وأيضاً المسؤولية الضمنية بالتحقُّق من وجود البنية الأساسية الضرورية". "ويتعين على بلد ما ألا يشرع ببرنامج قوى نووية إلا عندما يكون مستعداً لذلك، وعليه أن يكون واقعياً بشأن الوقت والموارد اللازمة".

وتواجه البلدان التي تأخذ بالقوى النووية للمرة الأولى والمسماة "البلدان المستجدة" عدداً من التحديات الرئيسية المشابهة في إرساء البنية الأساسية: استكمال سياسة واستراتيجية وطنية للبرنامج، وإرساء إطار قانوني وهيئة رقابية نووية مستقلة، وتعزيز إدارة المشاريع، وإعداد قوى عاملة ماهرة.

عُقد الاجتماع التقني السنوي العاشر حول القضايا الراهنة في مجال تطوير البنى الأساسية الخاصة بالقوى النووية في الفترة من ٢ إلى ٥ شباط/فبراير ومن بين المشاركين فيه ممثلون عن حكومات وطنية، والجهات المالكة/المشغلة في المستقبل، وهيئات رقابية ومؤسسات أخرى من بلدان نووية مستجدة وبلدان مشغِّلة للقوى النووية.

وقدَّمت البلدان المستجدة المشارِكة في الاجتماع المذكور دراسات حالة وناقشت قضايا مختلفة من بينها الأبعاد المعقدة لإرساء إطار رقابي وعملية الترخيص. وفي هذا الصدد، قال الرئيس المشارك للاجتماع بير ليندل من السويد: "الجهة الرقابية واسعة الاطلاع والمستقلة ضرورية لتحقيق التوازن مع دور الجهة المشغِّلة لمحطة قوى نووية، وهي تضع المعايير الخاصة بالأمان النووي وثقافة الأمان النووي بطريقة شفافة".

معالم نووية بارزة

ويقول عبد المجيد الصاوي، الكاتب العام السابق لمركز الأبحاث النووية في المغرب، الرئيس المشارك للاجتماع: "اعتمدت البلدان المستجدة كافة إطار نهج المعالم المرحلية البارزة للوكالة، وهو يمثل الإرشادات الأساسية الصادرة عن الوكالة لإرساء بنية أساسية نووية لبرنامج قوى نووية". "وهذا ما يتجلّى في التزام الدول الأعضاء المعلَن بالاستخدام المأمون والآمن والسلمي للطاقة النووية، والدعم الحكومي القوي كركن أساسي لبرنامج جديد للقوى النووية، والمبادرة في وقت مبكر إلى إنشاء ومشاركة جهات رقابية، وجهات مالكة/مشغِّلة، وجهات الدعم التقني". وينظر المغرب في القوى النووية كمصدر للطاقة المنخفضة الكربون في المدى البعيد، وقد استضاف في تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٥ بعثة الاستعراض المتكامل للبنية الأساسية النووية التي أوفدتها الوكالة.

وتعكف بيلاروس في الوقت الراهن على تشييد أول محطة قوى نووية في أوستروفيتس. ومن المقرر أن تدخل وحدتان بقدرة ١١٧٠ ميغاواط (كهربائي) مرحلة التشغيل بحلول عام ٢٠١٨ ثم بحلول عام ٢٠٢٠ على التوالي. وخلال الاجتماع، قدَّم ميخائيل ميخاديوك، نائب وزير الطاقة في بيلاروس، خريطة طريق وأهم المعالم المرحلية البارزة لتطوير برنامج القوى النووية.

وفي هذا الصدد، قال ميخاديوك: "اتخذت بيلاروس قرار الشروع في برنامج قوى نووية في عام ٢٠٠٨ من أجل تعزيز أمن إمدادات الطاقة من خلال تنوُّع موارد الطاقة المتاحة، وتقليل تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية، وتقليص انبعاثات غازات الدفيئة". "ونحن نحقق برنامج القوى النووية بالاستناد إلى معايير الوكالة". استضافت بيلاروس بعثة الاستعراض المتكامل للبنية الأساسية النووية في عام ٢٠١٢.

الاستعراض المتكامل للبنية الأساسية النووية: مساعدة من الوكالة

قال ميخائيل تشوداكوف، نائب المدير العام لشؤون الطاقة النووية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، إن بعثات الاستعراض المتكامل للبنية الأساسية النووية تمثل أهم خدمة يمكن أن تطلبها دولة عضو في مجال إرساء البنية الأساسية النووية. "أشجِّع بشدة أي دولة عضو تفكر بجدية في الأخذ بالقوى النووية أن تناقش إمكانية استضافة بعثة من بعثات الاستعراض

المتكامل للبنية الأساسية النووية". فمنذ عام ٢٠٠٩ أوفدت الوكالة ١٧ بعثة استعراض متكامل للبنية الأساسية النووية إلى ١٣ بلداً، ونشرت الوكالة مؤخراً وثيقة توجز ستة أعوام من الخبرة في مضمار مثل هذه البعثات.

وتناول المشاركون أيضاً المخاطر المالية التي تشمل المخاطر الرقابية وسُبل التخفيف من آثارها. وفي ضوء تكاليف الطاقة دائمة التغيُّر وأيضاً تكاليف وتعقُّد القوى النووية، فإن هذه المسألة محل اهتمام متنام بالنسبة للدول الأعضاء، وستناقَش أيضاً خلال اجتماعات الوكالة في المستقبل.

وعلاوة على ذلك، مازال تطوير الموارد البشرية يمثل أحد التحديات الثابتة. ولا يتعين على البلدان أن تجد العاملين المناسبين وأن تقوم بتدريبهم فحسب، بل يتعين عليها أيضاً أن تضمن وجود أماكن عمل لهم بعد تدريبهم، على سبيل المثال في حال واجه البرنامج تأخيراً.

وفيما يتعلق بالاعتبارات الأولية التي تأخذها دول أعضاء عدة عندما تقرر فيما إذا كانت ستستهل برنامجاً للقوى النووية، يمثل التخطيط النووي أول خطوة نحو التفكير في القوى النووية. وستقود مثل هذه الدراسات إلى المزيد من التحليل من خلال الدراسات السابقة لدراسات الجدوى والتقارير الشاملة. ستنشر الوكالة قريباً إرشادات جديدة بشأن هذه العملية وبشأن صوغ موقف وطني، إلى جانب عدة منشورات أخرى ذات صلة للبلدان التي تفكر في القوى النووية.

— لينكا كولار وإليزابيث ديك

متطلبات الأمان والترخيص للمفاعلات النمطية الصغيرة: الوكالة تستضيف أول حلقة عمل مخصصة للرقابيِّين

ثمة جيل جديد من مفاعلات القوى النووية المتقدمة والمصنَّعة مسبقاً تُعرف باسم المفاعلات النمطية الصغيرة، ومن الممكن أن يبدأ ترخيصها وطرحها في الأسواق بحلول العام ٢٠٢٠، وتساعد الوكالة الهيئات الرقابية في الاستعداد لظهورها. ومن خلال سلسلة من حلقات العمل التي بدأت في وقت سابق من هذا العام، تعمل الوكالة عن كثب مع الهيئات الرقابية بشأن نُهج الأمان والترخيص استباقاً لاحتمال نشر المفاعلات النمطية الصغيرة على نطاق العالم.

وكانت متطلبات الأمان والمبادئ التوجيهية وإجراءات الترخيص المتعلقة بالمفاعلات النمطية الصغيرة من بين الموضوعات التي تعرَّف عليها مشاركون من الهيئة العربية للطاقة الذرية والشبكة العربية للهيئات الرقابية خلال حلقة عمل للوكالة عُقدت في فيينا في كانون الثاني/يناير ٢٠١٦.

"تمثل المفاعلات النمطية الصغيرة مقترحاً جذاباً جداً للعالم العربي لأن أكثر من نصف بلدان منطقتنا لا تملك الموارد اللازمة لبناء محطات قوى نووية تقليدية كبيرة الحجم. فالمفاعلات النمطية الصغيرة أفضل من غيرها من حيث جدواها وقابلية التصرف بها، وتتطلب استثماراً أقل، وتمثل خياراً واقعياً جداً كي تنظر فيه البلدان العربية،" كما قال عبدالمجيد محجوب، مدير عام الهيئة العربية للطاقة الذرية ورئيس حلقة العمل.

أوجه التقدم في تكنولوجيا المفاعلات النمطية الصغيرة

(الصورة من: الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

وجمعت حلقة العمل التي شاركت في رعايتها الهيئة الرقابية النووية للولايات المتحدة الأمريكية هيئات رقابية، وشركات مشغِّلة، وغيرها من المنظمات الحكومية التي تعمل على، أو يُتوقع أن تعمل على، إنشاء بنى أساسية وطنية تقنية لازمة للأمان ومخصصة للمفاعلات النمطية الصغيرة.

وتلقى المشاركون في حلقة العمل معلومات مفصَّلة عن دور الهيئات الرقابية ومتطلبات الترخيص، بما في ذلك الموافقة على تصاميم المفاعلات النمطية الصغيرة واختيار مواقعها وتشغيلها. وسهَّلت الوكالة المناقشات التي دارت بين الرقابيِّين بشأن استخدام معايير الأمان ذات

الصلة الصادرة عن الوكالة وبشأن التغيرات التي قد تحتاجها اللوائح الوطنية.

صغيرة وآمنة

المفاعلات النمطية الصغيرة تُصمَّم نمطياً باستخدام وحدات نمطية مصنَّعة مسبقاً، وبقدرة إنتاجية تقل عن ٣٠٠ ميغاواط، وتُشيَّد خلال فترات زمنية أقصر، ومن المتوقع أن تكون ذات كلفة تنافسية عند تشييدها. وهناك أربعة مفاعلات نمطية صغيرة قيد التشييد حالياً في ثلاثة بلدان. وفي هذا الصدد، يقول ستيوارت ماغرودر، مسؤول أول الأمان النووي في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "تدابير الأمان والأمن لهذا الجيل التالي من مفاعلات القوى النووية، رغم أنها أصغر حجماً، لا تختلف عن الالتزامات الدولية التي تخضع لها المفاعلات الحالية".

ومعايير الأمان والأمن العالمية التي تنطبق على مفاعلات القوى النووية الحالية وأيضاً تلك التي هي قيد التشييد تنطبق في الأغلب على المفاعلات النمطية الصغيرة أيضاً. وهنا يقول غريغ رزينتكوفسكي، مدير شعبة أمان المنشآت النووية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "نحن بحاجة إلى إرساء مجموعة من المتطلبات الواضحة والعملية للأمان والترخيص". "ولابد من تحقيق اليقين رقابياً إذا ما أردنا نشر المفاعلات النمطية الصغيرة بشكل ناجح".

وستتولى الوكالة تنسيق الأعمال الإضافية في هذا المجال في الأعوام المقبلة. وقال رزينتكوفسكي إن ما سبق سيشمل على الأرجح إعداد هدف أمان شامل ووثيقة إرشادية عن إرساء المتطلبات ذات الصلة بما يتفق مع نوع المرفق وحجمه.

تطوير المفاعلات وتقييمها ونشرها

يمكن أن تُشحن وحدات المفاعلات النووية النمطية المصنَّعة مسبقاً إلى وُجهات معينة، والأمر يشبه كثيراً نقل مكوِّنات مصنَّعة من مجمَّع صناعي إلى آخر. والفوائد المحتملة المتحققة للبلدان والمستخدمين النهائيين من تشغيل المفاعلات النمطية الصغيرة تجارياً هائلة – على سبيل المثال من خلال تلبية الحاجة الماسة للكهرباء في المناطق النائية، الأمر الذي يعزز ديناميات إمدادات الطاقة على نطاق العالم.

وبدأ تطوير المفاعلات النمطية الصغيرة قبل عقدين من الآن تقريباً، وتعكف عدة بلدان بشكل مستقل على نشر نماذج أولية منها. ولاحظت الوكالة زيادة كبيرة في مشاركة الدول الأعضاء في تطوير تكنولوجيا المفاعلات النمطية الصغيرة وهو ما يعكس الإمكانات الهائلة لنشر مثل هذه المفاعلات فيما يتعلق بتوسيع شبكات الكهرباء الوطنية، وتحسين أمن إمدادات الطاقة.

وتعكف الوكالة أيضاً على رسم خارطة طريق تكنولوجية لنشر المفاعلات النمطية الصغيرة، وإجراء دراسة عن مؤشرات نشر المفاعلات النمطية الصغيرة في البلدان النامية لمساعدة الدول الأعضاء في تطوير أو تقييم أو نشر تلك المفاعلات.

التطورات الراهنة

هناك قرابة ٥٠ تصميماً قيد الإعداد للمفاعلات النمطية الصغيرة لأغراض وتطبيقات مختلفة، وهناك أربعة مفاعلات بحوث قيد التشييد: المفاعل CAREM-٢٥، وهو نموذج أولي صناعي في الأرجنتين؛ والمفاعل KLT-٤٠S والمفاعل RITM-٢٠٠، وهُما من المفاعلات النمطية الصغيرة العائمة وموجودان في الاتحاد الروسي؛ والمفاعل HTR-PM ('المفاعل المرتفع الحرارة النمطي الحصوي القاع')، وهو محطة إيضاحية صناعية في الصين. وفي العام المنصرم وقعت هيئة الطاقة الذرية في المملكة العربية السعودية اتفاقاً مع جمهورية كوريا لتشييد مفاعل نمطي صغير يُسمى المفاعل المتقدم النمطي المتكامل النظم (المفاعل SMART) في المملكة. بل إن منتجي الوقود الأحفوري التقليدي ينظرون الآن في الإمكانات التي تتيحها المفاعلات النمطية الصغيرة لتوفير إمدادات طاقة أكثر تنوعاً لشبكات الكهرباء الوطنية والإقليمية.

وفي هذا الصدد، يقول حديد سبكي، المهندس النووي في قسم تطوير تكنولوجيا القوى النووية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "المفاعلات النمطية الصغيرة من بين تكنولوجيات المفاعلات الأكثر تقدماً من حيث تلبية الطلب على الطاقة في المستقبل، ولابد أن تكون الدول الأعضاء على دراية كاملة بمعايير الأمان واللوائح المنطبقة لتمكين نشر هذا النوع الجديد من مفاعلات القوى بنجاح".

وستنعقد في حزيران/يونيه ٢٠١٦ حلقة العمل المقبلة للوكالة عن متطلبات الأمان والترخيص للمفاعلات النمطية الصغيرة وهي مخصصة للأعضاء في محفل الهيئات الرقابية النووية في أفريقيا.

— بقلم آبها ديكسيت وميكلوس غاسبر

الوكالة بلغت مرحلة فارقة في التخلص من المصادر المشعة

تمهِّد الاختبارات الناجحة التي أُجريت على تقنية واعدة لنقل وتخزين المصادر المشعة المختومة ضعيفة الإشعاع الطريق أمام أسلوب تخلُّص جديد للتعامل مع الكميات الصغيرة من النفايات المشعة حول العالم. وتتيح هذه الطريقة المنطوية على وضع وتغطية المصادر المختومة داخل ثقب ضيّق على عُمق بضع مئات من الأمتار للبلدان أن تتولى أمر المصادر المشعة المهمَلة لديها بنفسها على نحو مأمون وآمن. وتم اختبار التحقُّق من مفهوم هذه التكنولوجيا في كرواتيا في أواخر العام المنصرم، دون استخدام مواد مشعة فعلية.

وتستخدم جميع البلدان تقريباً المصادر المشعة في مجالات الرعاية الصحية، والصناعة، وقطاعات أخرى. غير أن العديد منها لا يملك المعدات اللازمة أو الموظفين اللازمين للتعامل معها عندما تصبح غير صالحة للاستعمال. وفي الظروف النموذجية، ووفقاً لإحصاءات الوكالة، قد يولّد بلد نام يستخدم المصادر المشعة المختومة مئات المصادر المهمَلة ذات المستويات المنخفضة من النشاط الإشعاعي على مدى أعوام عدة.

وفي هذا السياق، قال أندرو تومبكنز، المهندس النووي في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "تمثل المصادر منخفضة النشاط الإشعاعي تحدياً أكبر من غيرها لأنها موجودة بكميات كبيرة حول العالم وفي أشكال وأنماط متباينة".

مهندسو الوكالة وشركة كرواتية مختصة في الوقاية من الإشعاعات يختبرون نظاماً جديداً يُستخدم للتخلُّص بطريقة مأمونة وآمنة من المصادر منخفضة النشاط داخل حُفر سبر. (الصورة من: ل. جيل/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)

وفي أغلب البلدان المتقدمة تُخزن المصادر المشعة المختومة بشكل مؤقت. ويملك بعض البلدان المتقدمة مرافق تخلُّص على مقربة من السطح. وكلاهما من المخاطر الأمنية في حال عدم حمايتهما بشكل كافٍ. ويمثل أسلوب التخلُّص الجديد أحد الحلول طويلة الأجل لهذه المشكلة، وسيساعد في نهاية المطاف في حماية الإنسان والبيئة.

وتؤكد اختبارات المعدات التي أجراها مهندسو الوكالة وشركة كرواتية متخصصة في الوقاية من الإشعاعات جدوى نظام ينقل ويدخل المصادر منخفضة الإشعاع، بطريقة مأمونة، في حُفَر السبر للتخلص منها.

وتعتمد التكنولوجيا المختبرة التي طُوِّرت للمصادر المهمَلة منخفضة الإشعاع على منصة معدنية قوية وحاوية نقالة تُسمى برميل النقل، وهي تُستخدم لنقل المصادر إلى حُفَر السبر بطريقة مأمونة. وهنا يقول جانوس بالا، مهندس تكنولوجيا النفايات في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "هذه طريقة سهلة وميسورة التكلفة ويمكن نشرها حول العالم".

ويتابع بالا قائلاً: "أدركنا أن البلدان التي لديها مستويات متدنية من النفايات، وبنية أساسية متواضعة، وموارد بشرية ومالية محدودة، بحاجة إلى حلول مأمونة ومباشرة وعملية".

تجنب السرقة والإرهاب

تعزيز الأمن النووي أحد الأمور المهمة التي دفعت نحو تطوير وسيلة جديدة. وهنا يقول غيرت ليبنبيرغ، مسؤول أمني نووي في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "بما أن المصادر المهمَلة تظل مشعة، نريد أن نحدَّ من احتمال الوصول إليها واستخدامها في أنشطة إرهابية". "وبمجرد أن توضع في حُفر السبر، لا يمكن لأحد أن يصل إليها بسهولة".

والفكرة الأصلية لحُفر السبر طورتها شركة جنوب أفريقيا للطاقة النووية (Necsa)، ولاحقاً قامت الوكالة بمواءمتها لإدماج التخلص من مصادر ذات مستويات أعلى من النشاط الإشعاعي. واليوم تجري التحضيرات التقنية لحُفر السبر وتقييمات الأمان الخاصة بها في بلدان عدة، منها ماليزيا والفلبين، بحيث يُنفَّذ الأسلوب الجديد في الأعوام المقبلة.

والوكالة مستعدة لتدريب خبراء في البلدان المهتمة باستخدام أسلوب التخلص القائم على حُفر السبر وتزويدها بالمساعدة اللازمة، من المعدات أو المواصفات التقنية، لبناء براميل النقل الخاصة بها. والتكنولوجيا المستخدمة لثقب الحُفر مشابهة لتلك المستخدمة في استخراج المياه، وهي متاحة على نطاق واسع في معظم البلدان، ومنها البلدان الأقل نمواً.

معالجة المصادر

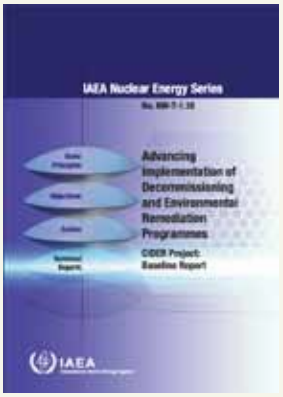
تُستخدم المصادر المشعة على نطاق واسع في الطب والصناعة، ابتداءً من أجهزة العلاج الإشعاعي لعلاج السرطان، ووصولاً إلى الأدوات الصناعية لتعقيم اللوازم الطبية أحادية الاستخدام. والمصادر المشعة المختومة الأكثر شيوعاً ذات مستويات إشعاعية متدنية أو أعمار نصفية قصيرة، بمعنى أنها تظل مشعة لفترة تتراوح من بضعة أشهر فقط إلى بضع مئات من السنين.

وتُعالج جميع المصادر قبل التخلُّص منها ويُعاد تغليفها من خلال عملية تُسمى التكييف. وعند تحضيرها للتخلُّص منها وفق هذا الأسلوب، فإن مئات المصادر – وهي الكمية الاعتيادية التي تتولد في بلد نامٍ كل سنة – تشْغل مساحة تقلّ عن متر مكعب واحد، أي حجم خزانة صغيرة.

وعندما تكون حُفرة السبر جاهزة، تُحمَّل المصادر المكيَّفة في علبة مصممة لهذه الغاية، أو حزمة تخلُّص، والتي يتم تغليفها بعد ذلك. ثم توضع العلبة المغلفة داخل برميل النقل وتُنقل إلى حُفرة السبر ثم إلى داخلها.

— بقلم لورا جيل

تنبيهات المنشورات



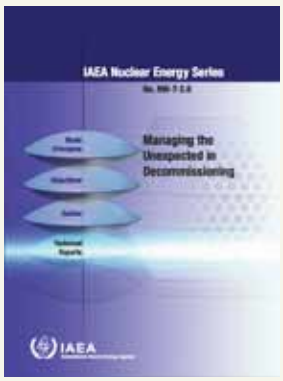
تعزيز تنفيذ برامج الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي

مشروع القيود التي تعوق تنفيذ مشروع الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي: التقرير الأساسي

يناقش العقبات التي تحُول دون تنفيذ مشاريع الإخراج من الخدمة والاستصلاح البيئي ويقدّم خيارات لتجاوز تلك العقبات. ورغم ما تحقق من تقدُّم كبير في الأعوام الأخيرة، مازال يتعيَّن القيام بالكثير للتعامل مع الأمور الموروثة من مرحلة مبكرة من تطوير الطاقة النووية، بما في ذلك تفكيك المرافق البحثية ومرافق دورة الوقود ومحطات القوى الفائضة عن الحاجة، واستصلاح المواقع المتأثرة بعمليات تعدين اليورانيوم وتجهيزه في السابق. وتتعامل بلدان عدّة مع مثل هذه القضايا الموروثة، وقامت بتعزيز الموارد التقنية والخبرات الملائمة، غير أن برامج وطنية عدة مازالت تواجه تحديات كبيرة.

IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-1.10; ISBN: 978–92–0–101316–3; 37.00 Euro; 2016

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10993/CIDER

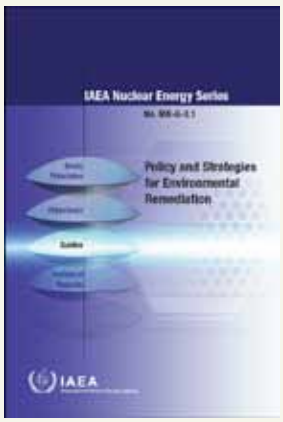


التصدي للأحداث غير المتوقعة في مجال الإخراج من الخدمة

يستكشف آثار الأحداث غير المتوقعة التي يمكن مصادفتها خلال الإخراج من الخدمة وسُبل تخفيف حدتها. ويقدِّم إرشادات عملية عن كيفية التخطيط لمثل هذه المشاريع وإدارتها، مع الأخذ في الحسبان الأحداث غير المتوقعة. ويصنِّف ويحدِّد بعض الأمثلة لاستنباطات غير متوقعة بات ضرورياً معها إما تعليق أو إعادة النظر في أعمال الإخراج من الخدمة. ويشمل هذا الإصدار تقييماً للتجربة السابقة في التغلُّب على تحديات الإخراج من الخدمة. ويتيح لِفرق الإخراج من الخدمة المستقبلية أن تستفيد من تلك الدروس، الأمر الذي يساعدها في الحدّ من التكاليف الإضافية، وتأخُّر الإنجاز، والتعرض للإشعاعات دون ضرورة لذلك.

IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-2.8; ISBN: 978-92-0-103615-5; 35.00 Euro; 2016

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10786/Unexpected



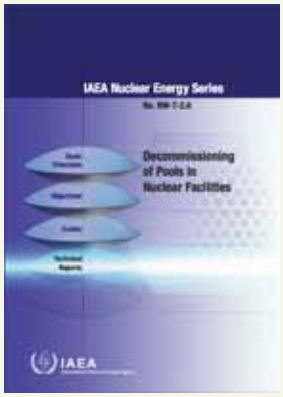
سياسات واستراتيجيات الاستصلاح البيئي

يصف الأهداف والجداول الزمنية والجهود اللازمة لتنفيذ الاستصلاح البيئي. ويوضح الفروق بين السياسة والاستراتيجية، ويقدّم المشورة للدول الأعضاء حول كيفية صوغ وكتابة هذه الأنواع من الوثائق. ويتطرق لجوانب مثل تخصيص التكاليف والاهتمامات المختلفة للأطراف المعنية بالاستصلاح البيئي.

وإلى جانب منشورات الأمان الصادرة في السابق عن الوكالة والتي تناولت الاستصلاح البيئي، سيساعد هذا الكتاب السلطات الوطنية في إدراك الحاجة إلى شمول الاستصلاح البيئي كمكون مطلوب في التخطيط للمبادرات المتصلة بالمجال النووي وتنفيذها.

IAEA Nuclear Energy Series No. NW-G-3.1; ISBN: 978-92-0-103314-7; 20.00 Euro; 2015

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10622/Policy



إخراج الأحواض في المرافق النووية من الخدمة

يصف الجوانب التقنية والتخطيطية لإخراج الأحواض النووية من الخدمة. وهو يستعرض ويدمج الخبرات المتاحة عالمياً المتعلقة بإخراج الأحواض من الخدمة، بما في ذلك التخطيط للمشاريع والصحة والأمان والتصرف في النفايات الناتجة.

ويستخدم عدد من المنشآت النووية الأحواض لتبريد الوقود المستهلَك أو لحماية قلوب مفاعلات البحوث أو مصادر جهاز التشعيع. وعلى مدى العمر التشغيلي الذي قد يمتد لعقود، قد تصبح الأحواض النووية ملوَّثة نتيجة ترسُّب المواد المشعة. ورغم أن حالات إخراج الأحواض من الخدمة قد وُصفت على نحو متناثر في المؤلَّفات التقنية، لم يتناول تقريرٌ من قبل معالجة إزالة التلوث واستراتيجيات وتكنولوجيات تفكيك الأحواض الملوَّثة بالشكل الشامل الذي يتسم به هذا المنشور.

IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-2.6; ISBN: 978-92-0-103115-0; 55.00 Euro; 2015

www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10669/Pools

16-1258 ISSN 1819-1800

Third International Conference on

Nuclear Knowledge Management

Challenges and Approaches

7–11 November 2016, Vienna, Austria

Organized by the

IAEA
International Atomic Energy Agency

In cooperation with the OECD/Nuclear Energy Agency (NEA)

OECD
BETTER POLICIES FOR BETTER LIVES

NEA
NUCLEAR ENERGY AGENCY

CN-241

15-25391