من عالي التخصيب
إلى منخفض التخصيب

بقلم: بابلو أديلفانغ وإيرا غولدمان

تساعد الوكالة الدولية للطاقة الذرية في خفض استخدام الوقود النووي العالي الخطورة لدى مفاعلات البحوث في العالم.

تلعب مفاعلات البحوث دوراً أساسياً في تطوير الاستخدامات السلمية للطاقة الذرّية. إذ تُستخدم هذه المفاعلات من أجل إنتاج النظائر الطبية والصناعية ومن أجل بحوث في الفيزياء وعلم المواد وكذلك من أجل التعليم والتدريب العلميين، كما تواصِل دورها المهم في دعمها لبرامج إنتاج الكهرباء نووياً.

تُظهر بيانات الوكالة الدولية للطاقة الذرّية أنه يوجد عبر العالم 249 مفاعلاً بحثياً نووياً في حالة تشغيل، أكثر من 100 مفاعلٍ منها ما يزال مزوَّداً بوقود من اليورانيوم العالي التخصيب (HEU). وتعتبر هذه المواد النووية عالية الخطورة بسبب سهولة إمكانية استخدامها كأداة تفجير نووي.

وكجزء من شعار دولي يتنامى بغية خَفْض كميات الـ HEU واستبعاده من التطبيقات النووية المدنية في نهاية المطاف، يعمل مشغلو مفاعلات البحوث على زيادة العمل مع وكالات وطنية ودولية. ويتلقى المشغلون التشجيع والدعم لتحسين إجراءاتهم الأمنية الفيزيائية وتحويل مفاعلاتهم إلى استخدام وقود منخفض التخصيب low enriched uranium (LEU) وإعادة شحن الوقود المشعّع إلى بلد المنشأ.

تخفيض استخدام اليورانيوم العالي التخصيب

عملت الوكالة الدولية للطاقة الذرّية على دعم الجهود الدولية المتعلقة بتخفيض كمية اليورانيوم العالي التخصيب في التجارة الدولية لأكثر من 20 عاماً مضت. فدعمت المشاريع والأنشطة بشكلٍ مباشر برنامجاً بدأته الولايات المتحدة في العام 1978 تحت اسم "تخصيب مخفَّض لمفاعلات البحوث والاختبار (RERTR). إضافة لذلك عملت الوكالة الدولية للطاقة الذرّية على دعم جهود إعادة وقود مفاعلات البحوث إلى البلد الذي تم فيه تخصيب اليورانيوم أصلاً، وذلك تحت اسم نشاطات "الإعادة take back".

وتضمنت مبادرات الوكالة الدولية للطاقة الذرّية تطوير وصيانة قواعد بيانات عديدة لمعلومات تتعلق بمفاعلات البحوث وبموجودات الوقود المستنفد في مفاعلات البحوث. ولقد كانت قواعد البيانات هذه أساسية في تخطيط وإدارة برنامجَي الـ RERTR والإعادة. كما أسهمت وكالات أخرى عبر تعاون فني وقنوات أخرى في تدعيم تحويل مفاعلات بحثية لتَستَخدِم وقوداً منخفض التخصيب.

تُدعم الوكالة الدولية للطاقة الذرّية بأساليب شتّى تبادل المعلومات بين الخبراء، وتسهم في تمويل مؤتمرات دولية سنوية لـ RERTR (فمؤخراً، استضافت جنوب أفريقيا هذا التجمع في تشرين الأول/أكتوبر من العام 2006). وبالتعاون مع النرويج، نظمت الوكالة في حزيران/يونيو من العام 2006 "ندوة دولية حول تقليل اليورانيوم العالي التخصيب في القطاع النووي المدني". وقد دلَّ الإجماع في المؤتمر على إمكانية استخدام اليورانيوم المنخفض التخصيب في غالبية التطبيقات التي يُستخدم فيها حالياً اليورانيوم العالي التخصيب.

كما وقد قُوِّيَ دعم الوكالة في العام 2004 برنامَجَي RERTR والإعادة وذلك عَقب إنشاء مبادرة الولايات المتحدة لتخفيض التهديد العالمي (GTRI) ومتابعة توصيات مؤتمر RERTR. وكان الهدف العام تخفيض الانتشار النووي والمخاطر الأمنية من خلال إزالة أو تحصين مخزونات مواد عالية الخطورة.

يُبرز هذا المقال القليل من المجالات التي تتركز فيها جهود الوكالة الدولية للطاقة الذرّية.

الدعم الفني والمساعدة

تتركز أنشطة البرنامج الاعتيادي للوكالة في ترسيخ الأساس الفني لتقليل اليورانيوم العالي التخصيب. ويتضمن ذلك بشكل خاص دعم تحويل وقود مفاعلات البحوث باتجاه اليورانيوم المنخفض التخصيب، وإنتاج النظائر المشعة من اليورانيوم المنخفض التخصيب،

وتقديم دعم إجمالي مُبرمَج لشحنات الوقود الطازج والمستنفد من مفاعلات البحوث.

بالإضافة إلى ذلك، يجري تدعيم الجهود الوطنية والدولية لتطوير وتوصيف وترخيص وقود المفاعل البحثي العامل باليورانيوم المنخفض التخصيب. وقد تم تطوير دليل لاستخدامه في مفاوضات تزويد الوقود وتدعيم نشاطات تطوير الوقود. كما طَوّر مصنعو عنصر الوقود والمختبرات الوطنية أنماط وقود مناسبة لاستخدام اليورانيوم المنخفض التخصيب في غالبية مفاعلات البحوث في العالم.

وفي السنوات الأخيرة الماضية، تزايدت بشكل كبير طلبات مساعدة الوكالة الدولية للطاقة الذرّية لغرض تحويل المفاعلات البحثية. ففي بعض الحالات، كما في حالة تشيلي، قدَّمت الوكالة المساعدة الفنية لتصنيع وتوصيف وقود اليورانيوم المنخفض التخصيب المنتج محلياً. وفي حالات أخرى، كما هو الحال في مفاعل بحوث تريغا TRIGA في رومانيا، دبَّرت الوكالة الدولية للطاقة الذرّية تجميعات تجارية من

أعَدَّ مؤتمر ممثلي منظمات حكومية وغير حكومية قائمة مُحدَّثة عن منشآت تستخدم يورانيوم عالي التخصيب. كما تم فحص منشآت أخرى تستخدم يورانيوم عالي التخصيب، مثل التراكيب الحرجة والمفاعلات النبضية ومفاعلات الدفع المدنية. ويجري التخطيط لمؤتمرات لاحقة.

إنتاج نظائر مشعّة طبية

ثمَّة عنصر يسمى موليبدينيوم-99 (Mo-99)، يضمحل منتجاً تكنيسيوم-99م (technecium-99m)، وهو الأكثر شيوعاً في العالم في استخدامه طبياً كنظير مشع. ويُستخدم هذا العنصر في أكثر من 20 مليون اختبار تشخيصي في العالم سنوياً. وتُنتَج الغالبية العظمى من Mo-99 في أربع مؤسسات تجارية أساسية من خلال استخدام أهداف من اليورانيوم العالي التخصيب. ولكن، وفي السنوات الأخيرة، تمكنت الأرجنتين وأستراليا من إثبات الجدوى الفنية لإنتاج Mo-99 من اليورانيوم المنخفض التخصيب.

تنخرط الوكالة في مبادرات متنوعة لتقليل الاعتماد على اليورانيوم العالي التخصيب وتشجيع إعادة الوقود المستنفد إلى بلد المنشأ.

وقود اليورانيوم المنخفض التخصيب لاستكمال عملية التحويل. وفي البرتغال، تدعم الوكالة شراء عيِّنة كاملة من وقود اليورانيوم المنخفض التخصيب من أجل تحويل أحد المفاعلات البحثية، وفي بولونيا يتم تدبير وقود يورانيوم منخفض التخصيب لتحويل المفاعل ماريّا Maria.

ففي ليبيا، دعَّمت مساعدة فنية تفتيشات مراقبة نوعية الوقود المستحوَذ عليه وذلك تحت إشراف اتفاق ثلاثي الأطراف مع الولايات المتحدة وروسيا لتحويل مُجمَّع تاجوراء الحَرِج ومفاعله البحثي. وتقدِّم الوكالة حالياً رقابة جانبية ومنظومة تفتيش عَيانية وتدريب ومساعدة فنية لاستخدام المُجمَّع.

وقد طلبت أيضاً كل من بلغاريا وكازاخستان وأوكرانيا وأوزبكستان مساعدة بموجب مشاريع تعاون فنية وطنية تتعلق بتحويلات القلب الأساسي لليورانيوم المنخفض التخصيب. وكذلك سيُباشر مشروع وطني مع جامايكا لتحويل كامل القلب الأساسي لمفاعلها سلوبوك SLOWPOKE، الذي سيستلم مساعدة فنية ومالية من كندا والولايات المتحدة.

وبينما لا تزال عدة مفاعلات بحثية بحاجة لتحويلها إلى وقود منخفض التخصيب، تتطلع الآن الوكالة قُدُماً وتدرس تصوراً موسعاً لجهود تحويل مستقبلية. ففي شباط/فبراير من العام 2006،

وفي العام 2005، بدأت الوكالة الدولية للطاقة الذرّية مشروع بحث تُشارك فيه عشر دول. يهدف إلى تطوير تقانات صغيرة المقياس عبر إنتاج محلي للـ Mo-99 باستخدام اليورانيوم المنخفض التخصيب أو باستخدام التنشيط النتروني. تستقبل منشآت في تشيلي وكازاخستان وليبيا وباكستان ورومانيا نصائح فنية ومساعدة من الأرجنتين والهند وأندونيسيا وجمهورية كوريا والولايات المتحدة الأمريكية.

أنشطة الإعادة إلى روسيا

يُركز برنامج الإعادة الروسي لوقود المفاعلات البحثية (RRRFR) على استعادة وقود المفاعل البحثي المُشعَّع والذي زوَّدته روسيا في الأصل لمنشآت خارج البلد. لقد انطلق هذا البرنامج من جهود الوكالة الدولية للطاقة الذرّية. ففي العام 2000، كتب المدير العام محمد البرادعي إلى خمس عشرة دولة مالكة لمثل هذه المواد، طالباً إعادة هذه المواد إلى روسيا. ونُظِّمت سلسلة مؤتمرات بمبادرات ثلاثية ساعدت في تسهيل عقد معاهدة ثنائية روسية–أمريكية في أيار/مايو من العام 2004.

إن الوسيلة الأساسية لمساعدة الدول في مبادرة الإعادة هذه تتمثّل في مشروع تعاون فني تابع للوكالة يسمى "إعادة وإدارة الوقود النووي الطازج أو المستنفد من المفاعلات البحثية والتخلُّص منه". والهدف هو

دعم إعادة الوقود العالي و/أو المنخفض التخصيب الطازج أو المشعَّع إلى روسيا.

تمكنت الوكالة الدولية للطاقة الذرّية من خلال منحة مقدمة من منظَّمة غير حكومية موجودة في الولايات المتحدة تحمل اسم مبادرة التهديد النووي من لعب دورٍ مهمٍ في التخطيط لإعادة وقود مفاعل البحث الروسي المستنفد. وتقوم الوكالة بالاشتراك مع خبراء أمريكيين وروس بتنظيم وتنفيذ مهمات تقصِّي حقائق في مواقع مفاعلات للبحوث لدى 12 بلد. هذا وتستمر المنحة المذكورة في دعم نشاطات فنية وإدارة مشاريع تتعلق بدعم الـ RRRFR ككل. ويتضمن ذلك تطوير ورشات عمل وتدريب ووثائق إرشادية، ووضع وتنفيذ أنشطة إيجاد وتنفيذ تعبئة موارد للبرنامج.

ففي آب/أغسطس من العام 2002، تعاونت الوكالة مع الولايات المتحدة وروسيا وصربيا ومع مبادرة التهديد النووي (NTI) بهدف نقل 48 كغ من اليورانيوم الطازج العالي التخصيب من معهد فينكا إلى روسيا الاتحادية. وقدمت مبادرة التهديد النووي 5 مليون دولار لثلاثة مشاريع تعاون فني تابعة للوكالة تُنفذ في صربيا. وكان ذلك جزءاً من اتفاق مع حكومات الولايات المتحدة وروسيا الاتحادية وصربيا.

تهدف مشاريع الوكالة إلى إزالة آمنة لما مقداره 2.5 طن متري من الوقود العالي والمنخفض التخصيب من صربيا ونقلها إلى محطة مايك في روسيا الاتحادية لإعادة معالجتها، وذلك من أجل تحسين وسائل إدارة النفايات الإشعاعية في فينكا (بما في ذلك بناء منشأة تخزين آمنة لمصادر عالية النشاط)، والتخطيط لتفكيك مفاعل فينكا البحثي.

لقد أحرز مشروع الوقود المستنفد تقدماً مهماً في العام 2006. فتوصلت الوكالة إلى مفاوضات نهائية مع أحد المتعاقدين من أجل إعادة تجميع ونقل الوقود العالي والمنخفض التخصيب من فينكا. وإضافة لما تُموله NTI، تعهدت وزارة الطاقة في الولايات المتحدة بتقديم موارد تجميع ونقل وإعادة معالجة الوقود العالي التخصيب المستنفد، ويُحتمل أن يلتزم الاتحاد الأوربي بموارد مالية مهمة للمشروع. وسيؤدي ذلك إلى تحقيق موارد مالية تقارب 15 مليون دولار أمريكي، ومعها حوالي 10 ملايين أخرى لازمة لإكمال المشروع في العام 2009 (انظر أيضاً مؤطر "الساعة تدق" في الصفحة 20).

شحن الوقود الطازج والمستنفد

تُجري الوكالة دراسات تتعلق بالتخطيط لشحن الوقود الطازج والمستنفد، وتتضمن تلك الدراسات فحص خيارات لحاويات النقل، وتقييم مسارت النقل، وتقديم نصائح حول تدبير وقود مفاعلات البحوث التالف.

ومنذ أيلول/سبتمبر من العام 2003، تعاقدت الوكالة، من خلال ميزانية إضافية من وزارة الطاقة في الولايات المتحدة DOE، لتنفيذ خدمات نقل سبع شحنات يورانيوم طازج عالي التخصيب من ست دول (بلغاريا وجمهورية تشيكيا ولاتفيا وليبيا ورومانيا وأوزباكستان). وكانت النتيجة إزالة حوالي 120 كغ من اليورانيوم العالي التخصيب

في مهمة استُكْمِلت في آب/أغسطس من العام 2006، قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرّية بمساعدة السلطات البولونية في إزالة ما يقارب 40 كغ من اليورانيوم العالي التخصيب من مفاعل بحث نووي قرب وارسو.

الطازج، والتخطيط لإزالة خمس شحنات أخرى خلال النصف الثاني من العام 2006.

وإضافة إلى ذلك، تُدبر الوكالة عشر حاويات نقل وخزن ذات سعات كبيرة بقيمة 4 ملايين يورو (مقدمة من وزارة الطاقة في الولايات المتحدة). وإذا ما أصبحت هذه الحاويات جاهزة بحلول شهر كانون الأول/ديسمبر من العام 2006 فإنها سوف تُستخدم بشكل أولي لشحن الوقود المستنفد من معهد الأبحاث النووي ريز Rez في جمهورية التشيك. وبعد ذلك سوف تتاح للاستخدام بدون تأجير في نقل شحنات أخرى من وقود المفاعلات البحثية المشعّ في إطار برنامج الإعادة الروسي.

مساهمة في أهداف عالمية

تساهم الوكالة بشكل ملحوظ في الجهود الدولية الهادفة لتخفيض استخدام الوقود النووي العالي الخطورة. وتشمل برامج تقليل كميات اليورانيوم العالي التخصيب دولاً حول العالم هي مَقرات لمفاعلات بحثية.

وعبر قنوات تدعمها الوكالة، يتم استقبال دعم فني ومساعدة في مجالات رئيسية. إذ يتضمن هذا العمل مشاركات مع منظمات حكومية وغير حكومية، وخبراء ذوي خبرة واسعة في هذا الاختصاص. وقد تمّ إحراز تقدم كبير وجرى وضع الأساس التعاوني لمزيد من التقدم في السنوات القادمة.

بابلو أديلفانغ هو المنسق المُستَعرض في الوكالة من أجل نشاطات المفاعل البحثي ورئيس وحدة المفاعل البحثي في وزارة الطاقة النووية.

E-mail: P.Adelfang@iaea.org

إيرا غولدمان هي سكرتيرة علمية في وحدة المفاعل البحثي.

E-mail: I.Goldman@iaea.org

السـاعة تـدقّ

لغرض تأمين نفايات صربيا ذات السوية التفجيرية

تستقر نفايات سلاح نووي في بركة مياه موحلة عند ضواحي العاصمة الصربية بلغراد. إنها مواد محتملة لصناعة عدد وافر من القنابل القذرة. ففي محطة فينكا Vinca في معهد العلوم النووية يوجد مفاعل بحثي مُغلَق، وتوجد مجموعة من مفتشي الوكالة الدولية للطاقة الذرّية للتحقُّق من عدم فقدان شيء من هذه المواد.

إن عناصر الوقود هذه صغيرة في حجمها، وقد لا تملأ راحة الكف. إنها مزيج مواد مشعة من نفايات البلوتونيوم واليورانيوم العالي التخصيب high-enriched uranium (HEU). ويقول أوبراد سوتيك Obrad Sotic، مدير العمليات السابق في فينكا والمتوجّس خيفة من سويات الأمان في الموقع: "بالطبع، يشكل الإرهابيون التهديد الأكبر". صحيح أنه سيكون من الصعب جداً على إرهابي صُنْع قنبلة نووية من هذه المواد، هذا ما يقوله خبراء مثل سوتيك. ولكن تفجير عنصر وقود واحد بوساطة ديناميت في "قنبلة قذرة" غير مُتقَنة سيشكل سلاحاً إرهابياً على هيئة غبارٍ مُشع.

ويقول السيد سوتيك: "سوف لن تكون مشكلة بالنسبة لارهابيين مستعدِّين لعملية انتحارية سرقة كمية كبيرة من عناصر الوقود هذه التي هي خفيفة جداً وسهلة الاختلاس واستخدامها كقنبلة قذرة."

أرسلت الوكالة الدولية للطاقة الذرّية مفتشَيْن اثنين لرفع أغطية البركة من أجل معاينة الوقود المستنفد. إنه وقود يغلي في ماء راكد بقي متبرّد فيه لثلاثة عقود مضت. إنها بركة ذات أبعاد مسبح بطول 25 م وتحتوي أكثر من نصف الوقود العالي التخصيب الذي كان الاتحاد السوفييتي قد أنتجه ليقدّم وقوداً لمفاعلات بحثية خارج أراضي روسيا الاتحادية.

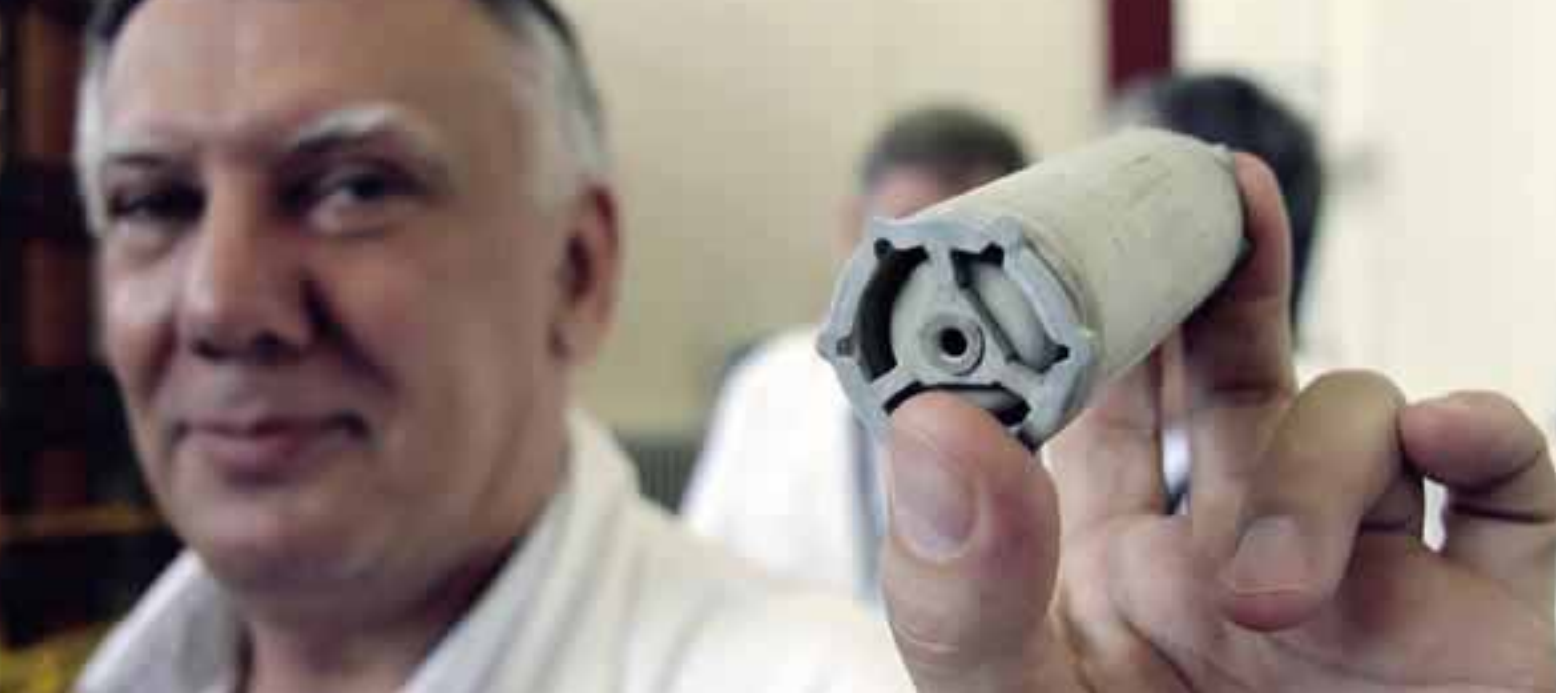
ليست المخاطر الإرهابية هي وحدها التي تثير مخاوف الوكالة وصربيا حول فينكا، فعناصر الوقود تتآكل وتنفث الإشعاع في المياه. ويحذِّر الدكتور سوتيك قائلاً: "بعد مدّة طويلة تحت هذه الشروط، يبدأ الوقود بالتسرب وتنتشر نواتج الانشطار الشديدة الإشعاع خارجاً مسببة الخطر لهذه الحجرة وللبشر العاملين في المكان، وإذا ما تزايد الإشعاع أكثر فإنه سيتهدد بالخطر الأوساط المحيطة".

حينما يَشْرَع مفتشا الوكالة بعملهما يجيش عداد غايغر خشخشة وتزميراً. أمّا أخطار التلوث فَسَتَرْشَحُ في حوض الماء أو تنطلق عبر منظومة التهوية الجوية.

الآن هو الوقت المناسب لإزالة هذا الوقود والبدء بتفكيك المحطة قبل المجازفة أكثر في تآكل الوقود والمحطة. — مايك ديرست Mike Durst

يقطن حوالي 4000 ساكن في القرية المواجهة لمدخل المحطة، وتمتلك دوبريلا ماركوفيك Dobrila Markovic متجراً محلياً على بعد 5 دقائق بالسيارة. وهي أم لثلاثة أطفال تقول: "أنا لست قلقة من المحطة، لكن خلال الحرب كنت خائفة من إمكانية قصف هذه المنشأة بالقنابل وانتشار الإشعاع".

لقد بقيت النفايات ذات المرتبة التفجيرية آمنة خلال اضطرابات رئيسية: الحروب البلقانية وتفكك كل من يوغسلافيا والاتحاد السوفييتي.



أما اليوم وفي هذه الأحوال المحفوفة بمخاوف تَفشّي الإرهاب النووي فإن هذه النفايات تطرح مادة جذب لمن يمكن أن يكونوا لصوصاً نوويين ببقائها في شروط كالتي في فينكا.

يقول مايك دورست، رَجُل الوكالة المكلَّف بتنظيف هذا الموقع: "يبدو بوضوح أن هذا الوقود يمثل قضيتين إحداهما بيئية والأخرى تخصُّ الانتشار النووي. لذا وبهدف تجنب حصول كوارث بيئية وتجنب وصول هذه المواد إلى أيدٍ مسيئة، فإننا بحاجة للتخلص منها. والآن هو الوقت المناسب".

إنها عملية معقدة ومكلفة، وتصل كلفتها إلى عشرة ملايين دولار أمريكي والمخصصات قليلة، والخطط تتجه إلى إعادة شحن الوقود النووي إلى روسيا التي قدمته خلال الزمن السوفييتي لتزويد مفاعل البحث النووي بالقدرة في فينكا، وقد تمّ إيقاف المفاعل قبل 22 سنة.

ويقول دورست وآخرون: "بدعم من الوكالة الدولية للطاقة الذرية، تمّ في 23 آب/أغسطس 2002 إزالة حوالي 50 كيلو غرام من اليورانيوم العالي التخصيب من المفاعل خلال عملية ليلية جرى فيها إغلاق نصف صربيا وتضمنت 1200 عنصر من القوات المسلَّحة. إن كمية اليورانيوم العالي التخصيب الكافية لتجهيز قنبلتين نوويتين قد نُقِلَت جواً إلى ديميتروفغراد في روسيا لإعادة معالجتها". ومن الضروري إرسال الباقي من الوقود المستنفد إلى روسيا أيضاً.

إنها عملية صعبة جداً من الناحية اللوجستية. ويقول السيد دورست: "إنها تكاد تشبه مقارنة مصباح كهربائي خفيف مع الشمس: إنها أكثر تعقيداً بكثير. إن هذا الوقود ذو نشاط إشعاعي كبير وشديد التسرُّب بحيث يجب تنفيذ كل شيء عن بعد. ويجب إزالة الوقود من حاوياته الحالية باستخدام أدوات خاصة مصمَّمة لتعمل عن بعد. وفور تغليفها ستوضع في حاويات مدرَّعة بشكل ثقيل مرخَّصة خصّيصاً للنقل الدولي".

ويقول السيد دورست: "سنقوم بالشحن عبرَ عدة حدود دولية، وستحتاج العملية كاملة إلى زمن وخبرة وأموال".

لقد خُطِّط لمؤتمر المانحين في موقع الوكالة في فيينا في أيلول/سبتمبر من العام 2006 الذي يُخصَّص لرفع سوية الدراية وتأمين الأموال اللازمة. وتمثل إسهامات مبادرة التهديد النووي بـ 5 مليون دولار أمريكي والولايات المتحدة بـ 4 مليون دولار أمريكي وبرنامج التعاون الفني في الوكالة بـ 1.5 مليون دولار أمريكي خطوة أولى لجعل عملية الإزالة واقعة حقيقية.

وإلى أن يتم تجريد فينكا من وقودها المستنفد، ستظل هدفاً إرهابياً محتملاً. ويقول بهذا الصدد وزير العلوم الصربي، ألكساندر بوبوفيك Aleksandar Popovic: "نحن بحاجة لإغلاق الفجوة المالية من أجل إزالة الوقود، ونحتاج للتأكد من أن فينكا غَدَت في مأمن من هجوم إرهابي ممكن ومن خطر بيئي".

تعمل الوكالة الدولية للطاقة الذرية بشكل وثيق مع الصربيين لرفع درجة الأمان والخطوات الإجرائية في الموقع، بدءاً من إقامة أجهزة مركزية للإنذار والمراقبة وأنظمة تهوية جديدة وحتى بناء منطقة تخزين آمنة. ويقول الوزير بوبوفيك: "لا يمكننا القيام بذلك بدون مساعدة الوكالة".

إن الأولوية الأهم هي التخلص من الوقود المستنفد. ويعتقد أوبراد سوتيك أن هذا اليوم لن يأتي عاجلاً: "ويوماً بعد يوم تغدو المهمة أكبر فأكبر، وهذا هو السبب الرئيس الذي يدفعنا لنقل هذا الوقود في أسرع وقت ممكن".

كيرشي هانسن، من مراسلي الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

تُظهر الصورة أعلاه منظراً لعناصر الوقود الخطيرة الإشعاع، ويشكّل كل عنصر خليطاً من مخلفات البلوتونيوم واليورانيوم العالي التخصيب. إن انفجار واحدة منها بالديناميت كقنبلةٍ بدائية يسبِّب حُلالةً مشعّة تستطيع الفتك والتلويث.