

# تفكيك المفاعلات:

بقلم جون ماكون

لاروس وعبر

للخبرة والعمل المشترك أهمية بالغة تُمكن الأسرة النووية في العالم من التصدي للتحديات المتمثلة في ترميم المنشآت النووية بشكل آمن وبتكاليف أقل.

أصبحت عملية إيقاف عمل المنشآت والمحطات النووية نهائياً عن العمل نشاطاً عالمياً تتزايد أهميته نظراً لبلوغ العديد من المنشآت النووية في العالم مرحلة النضوج. ويُعدّ التفكيك المدروس للمنشآت ضرورياً بهدف إزالة المخاطر الكامنة التي تنبع من المصانع النووية المتوقفة عن العمل وإظهار أن إعادة التأهيل البيئي للمنشآت الحديثة يمكن أن يتم بطريقة آمنة وفعّالة. وتتراوح المنشآت العجوز في أيامنا هذه بين منشآت التجارب التي لم يُؤخذ أثناء مرحلة تصميمها البعد البيئي لمرحلة إعادة تأهيلها. ومفاعلات الطاقة الحديثة حيث أخذت اعتبارات التفكيك في الحسبان إبان مرحلة التصميم. تُقدر تكلفة تفكيك المنشآت النووية في العالم كله بألاف بلايين الدولارات.

وتلخص قاعدة البيانات الخاصة بالمنظمة النووية العالمية (WNA) المنشآت النووية التي خرجت من الخدمة والتي تنتظر تفكيكها أو تخضع حالياً له كما يلي:

● 115 مفاعلاً للأبحاث وتوليد الطاقة.

● 5 منشآت لإعادة المعالجة.

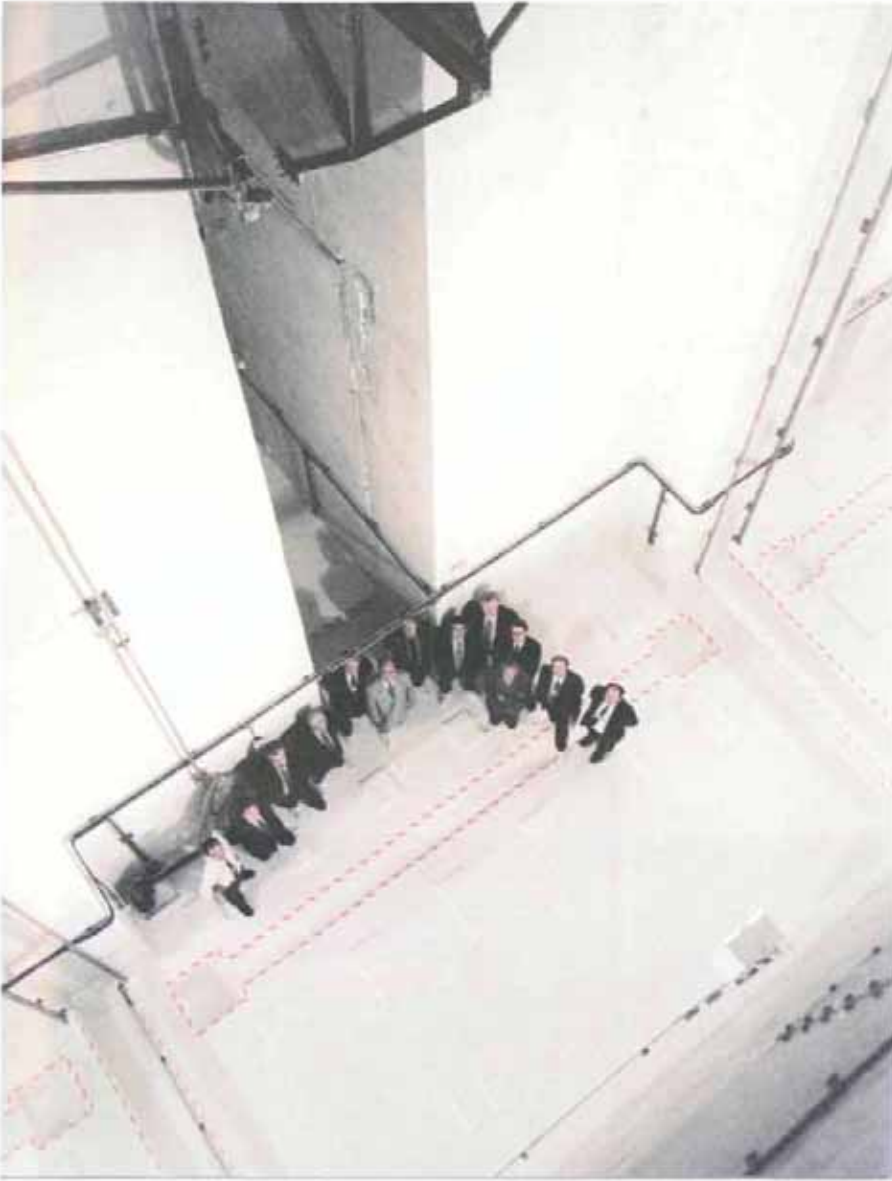
● 14 منشأة لتصنيع الوقود.

● 60 منجماً.

ويسلط هذا المقال الضوء على المسائل الرئيسية التي تواجه برامج التفكيك الدولية المستمدة من خبرة وكالة الطاقة الذرية البريطانية بهدف توضيح الدروس المهمة للصناعة النووية.

## مشروع "المعرفة"

تُدرِك الأسرة الدولية، خاصة في أوروبا والولايات المتحدة، إدراكاً جيداً للأساليب والتنظيم وإدارة المشاريع والمهارات



( الأعلى) قبل: بركة الوقود في مفاعل الماء الثقيل المولد للبخر في وينفريث، في حالة تشغيل المفاعل.  
(يساراً) بعد: الزوار ينظرون إلى بركة الوقود في وينفريث، الذي فُرع وأزيلت كلوثه بنجاح.  
(أخيراً) وكالة الطاقة الذرية البريطانية UKAEA

من البرنامج مع ضمان تحقيق الحد الأقصى من استغلال الموارد والتكلفة كي تبقى في مستويات معقولة وواقعية تضمن تحقيق أفضل قيمة للأموال المستثمرة. ويتطابق هذا البرنامج الذي يتطوي على دراسات تُظهر الخيارات التقنية المفضلة مع البرنامج الزمني الخاص بمستلزمات التخلص من النفايات عن طريق بناء منشآت تصريف وتخزين جديدة.

ويُعدّ التركيز على أداء المشروع نظام رصد صارم للتقدم عاملاً رئيساً لنجاح عملية التفكيك، وتتطلب أفضل البرامج المقبولة مراقبة دقيقة للتكاليف مقابل خطط عمل التفكيك المشروع الأساسية.

### إدارة التخلص من النفايات

بعد التخطيط التفصيلي عاملاً جوهرياً في إدارة التخلص من النفايات بما يتفق مع متطلبات التصريف

واستراتيجيات العقود المطلوبة لإعادة تأهيل موقع نووي. وتتبادل الدول المعلومات حول مشكلات معينة تتصل بإيقاف العمل نهائياً في المنشآت كما حدث في تشرونوبل والمفاعل BN350 في كازاخستان. وتساهم هذه الخبرات في التطوير المستدام من خلال عدم تفريطها بقدرة أجيال المستقبل على تلبية احتياجاتهم الخاصة.

لقد أسفر التعقيد الذي يُميز أكبر المواقع النووية ذات المفاعلات العديدة ومنشآت الوقود والنفايات المرفقة بها عن تبني الصناعة النووية لاستراتيجيات متكاملة بهدف القيام بإعادة تأهيل بيئي لتلك المنشآت. فقد طورت مواقع نووية مثل موقع روكي فلانز Rocky Flats في الولايات المتحدة ودونري Dounreay في اسكتلندا خطط تفكيك متكاملة باستخدام مزيج من برامج تخطيط المشاريع النظامية وبرامج محلية متخصصة. وتم تحديد الأولويات في العمل للتعامل مع أكبر الأخطار في مرحلة بدائية

- سواء كانت لمفاعلات أو منشآت كيميائية أو منشآت أخرى. ويجب أن يتم هذا العمل بشكل آمن وضمن نطاق معايير السلامة المعتمدة في مثل هذا العمل. وبينما نتعامل حالة الأمان التشغيلي مع تبرير عوامل الأمان اعتماداً على الحالة الراهنة والفوائد والتكلفة القصيرة الأجل. فإن دراسة عوامل الأمان لمشروع تفكيك بعيد الأجل يجب أن تُبرر على أساس التطوير المستدام وظروف أجيال المستقبل.

لقد أخذ منطق التنظيم يُدرك أكثر فأكثر أن تفكيك

## يَعْلَمنا المنطق أن تفكيك منشآت نووية

### متشابهة في مختلف أنحاء العالم سيستفيد

#### من تبادل الخبرات والإنجازات وحتى

#### الإخفاقات.

المنشآت يتألف من سلسلة عمليات تطهير وتفكيك يتحكم فيها تقدير المخاطر والبيانات المتعلقة بالطرائق والأساليب اللازمة. ولذا يجب أن تكون دراسة الأمان في عملية التفكيك وثيقة استراتيجية خلال المخاطر والمراحل المنفصلة اللازمة للحد من الخطر كما تُدرك هذه النظرة حقيقة أن تفكيك المنشأة قد تزداد المخاطر القصيرة الأجل مقابل التوصل للإقلال من الخطر على المدى البعيد.

## التعاون العالمي بين أرباب الصناعة

يفترض التفكير السليم أن تفكيك منشآت نووية متشابهة في مختلف أنحاء العالم سيستفيد من تبادل الخبرات. ولا بد من وجود مسائل مشتركة عديدة في تفكيك المفاعلات السريعة في العالم الآن وفي المستقبل وأن الصناعة أصبحت ناضجة بما فيه الكفاية لتبادل المشكلات والحلول.

لقد اتخذت خطوات عديدة وإيجابية جداً لتحقيق هذا الهدف، فوكالة الطاقة النووية لديها فريق عمل متخصص بتفكيك المنشآت يحظى باحترام كبير ويُشجع النقاش الصريح والفتوح كما تُعد اجتماعات الجمعية العالمية للمشغّلين النوويين (WANO) فيما يتعلق بتفكيك المفاعلات السريعة على القدر نفسه من الأهمية، ونصع الفرّق الدولية التابعة لوكالة الدولية للطاقة الذرية وثائق فنية ممتازة، فيما تعمل جمعية الطاقة الذرية الأوروبية على تحقيق إجماع في وجهات النظر إزاء جملة من القضايا ذات الصلة عبر أوروبية. وتشجع المؤتمرات الدولية الكبرى على مشاركة واسعة

القائمة والنهائية. وهناك إدراك لحقيقة أن الفصل عند المصدر يقلل التكلفة والموارد اللازمة. وتضمن الإدارة الجيدة ألا يتشكل جدول تفابقات إلا بعد تحديد استراتيجية لمعالجته وتخزينه أو التخلص منه. ومع أن ذلك قد يكون صعباً بغياب وجود موقع نهائي لدفن التفابقات مستقل عن منتجها أو مالكيها والذي يجب أن يحكم بدقة على احتمال قبول المعايير المقترحة واحتمال ملاءمة كل من أشكال التفابقات حسب تلك المعايير.

وتمثل التفابقات العواقب مشاكل من نوع خاص. فغالباً ما تكون هذه المواد في صيغة معقدة لا متجانسة تتميز بصعوبة التعامل معها وتصنيفها أو تقييمها حسب مستلزمات التوصيف التفصيلية المتزايدة التي يضعها المشغّلون والمنظمون في منشآت التخلص من التفابقات أو تخزينها.

## التدريب المشترك

لقد ثبت أن مشكلة النقص في الكوادر المؤهلة والمدربة على القيام بإعادة تأهيل المواقع النووية هي من المشاكل التي تسود أوروبا كلها وتقرّ أفضل الممارسات النابعة المقبولة للحاجة إلى تعاون أوسع بين الصناعة و الجهات الأكاديمية لتدريب وتأهيل كوادر مختصة.

وهناك علامات إيجابية على أن أوروبا تتعامل مع هذه المشكلة. فبرامج المجموعة الأوروبية تدعم إقامة شبكات ولجان استشارية. وتُنظر جمعية الطاقة الذرية الأوروبية في منح درجة الماجستير الأوروبية في مجال الهندسة النووية.

وتقوم وزارة التجارة والصناعة البريطانية بمبادرة رائدة تضم أرباب الصناعة والمُتحمين والجامعيين وترعى وكالة الطاقة الذرية البريطانية برنامجاً للخريجين الجامعيين مختصاً بتفكيك المنشآت النووية وذلك في جامعة برمنجهام، كما يقوم معهد جديد للتعليم العالي في شمال اسكتلندا يغطي منطقة مفاعل دونراي الجغرافية بالاشتراك مع جامعة هاي لاندر ومعهد أيلاندر ميلينوم بإرساء علاقات تعاون كبيرة مع المراكز التعليمية الأوروبية الأخرى وتشتمل هذه المراكز المعهد الوطني للعلوم والتقنيات النووية في فرنسا ومراكز في روما ولوبليانا وكذلك مع المحر القومي الأمريكي في أيداهو فولز.

وعلى الجهة الصناعية يتم تبادل البرامج التي يشارك فيها مهندسون نوويون. إذ تستضيفهم وكالة الطاقة الذرية البريطانية من فرنسا وكازاخستان ولثوانبا للعمل جنباً إلى جنب مع مهندسيها المحترفين كما ترعى شركة فرنسية قبول طلاب الهندسة في الجامعة الاسكتلندية التي أُسّسها إليها.

## وضع التنظيم

بعد مبدأ الإزالة التدريجية للمخاطر القضية الجوهرية في عملية إعادة التأهيل البيئي للمحطات النووية



## الدروس التي يحتاجها العالم لإعادة تأهيل موقع نووي

إذا ما أضمحلت النظائر المشعة القصيرة الأجل كالكويال 60 في الفولاذ، مما يسمح بقيام الإنسان بالعمل المطلوب بنويًا. وحيث يمكن تحقيق ذلك، يجب توضيح ذلك لعامة الناس بلغة واضحة لتجنب الغضب الشعبي بسبب التأخير.

### التعقيد الهندسي

حافظوا على البساطة، واستخدموا الإنسان حيث تكون مستويات الإشعاع آمنه لإنجاز الأعمال التي تُعد معقدة جداً للآلة، ويجب ألا تصمم التجهيزات لأعمار تزيد عن فترة استخدامها.

### إدارة الأنظمة

لا بد من تطبيق نظام إدارة يوفر إمكانية التحقق من خط سير المواد النووية بما يتطابق مع المعايير المعترف بها دولياً.

### التدريب

ينبغي أن هناك نقصاً عاماً في الموظفين المدربين بشكل كافٍ من أجل القيام بعمليات تفكيك المنشآت حول العالم. ومرتد ذلك على الأرجح إلى النقص في بناء المفاعلات النووية. ولابد من تبادل المعرفة المتوفرة بهدف خفض التكاليف الإجمالية لهذه الأعمال والتي يجب أن تشكل جزءاً من قاعدة المعرفة التي يتم نقلها إلى الموظفين الشباب الذين يتم توظيفهم من أجل مهمات تفكيك المنشآت النووية.

### أصحاب الشأن

يجب إقامة حوار كامل وصريح مع هيئات التنظيم وغيرهم من أصحاب الشأن لبحث المقترحات الخاصة بتطوير العمل.

### التعاون الدولي

من الأهمية بمكان تعزيز أواصر العمل المشترك مع مشاريع مماثلة في البلدان الأخرى وكذلك مقارنة الأنشطة التي تقوم بها بالبرامج المماثلة للبلدان الأخرى. ويجب تبادل التقانات والنظم بما يكفل خفض النفقات وبالتالي يجعل تفكيك المنشآت أسرع وأقل تكلفة وأكثر أماناً.

هناك إسقاطات مباشرة للدروس المستفادة من خبرة الوكالة البريطانية للطاقة الذرية على تفكيك وإعادة تأهيل المواقع النووية.

وتتمثل القضايا التقنية والعملية بما يلي

### إدارة المشروع

لا بد من وجود إدارة فعالة لبرنامج معقد متعدد المشاريع تأخذ بعين الاعتبار جميع أوجه المشروع وتداخلاته. ويجب استخدام البرامج التجارية المجربة والمتوفرة حيث يكون ذلك عملياً.

### إدارة الفضلات

تتطلب جداول الفضلات مواصفات سليمة ودقيقة تسمح بتطوير وسائل وطرائق التصريف الملائمة. ويجب فصل جداول الفضلات عند المصدر.

### خبرة الموظفين

يجب البدء في التفكيك بعد وقف التشغيل وذلك للاستفادة الكاملة من الخبرات المتاحة والمعرفة التفصيلية التي يمتلكها الموظفون والعمال الذين كانوا يشغفون المنشأة ويقومون بصيانتها.

### معالجة الفضلات

يجب تخزين الفضلات وفق معايير حديثة تقبل بها منظمات التخلص من الفضلات.

### الفضلات العواقب

يجب أن يأخذ الجدول الزمني لتطبيق أعمال التفكيك بعين الاعتبار فوائد التأخير. حيث يتجم من التأخير انخفاض مستويات الإشعاع إلى حد يسمح بدخول الإنسان. علينا إدراك فوائد البساطة والفعالية. وحيث لا تتحقق مثل هذه الفوائد، فإن التفكيك المبكر يسمح باستخدام الموظفين الذين يملكون معرفة تفصيلية بالمفاعل مما يزيد من فرص نجاح العملية.

### مفاعلات الصلابة

يصبح تفكيك بعض أنواع مفاعلات توليد الطاقة أكثر بساطة وأقل تكلفة مع مرور الوقت،

أكسفورد شاير وتشمل المنشأة السوادية الأوروبية المشتركة (JET) والتي ستكون الوكالة البريطانية مسؤولة عن تفكيكها.

يعطي برنامج إعادة التأهيل البيئي التابع لوكالة الطاقة الذرية البريطانية خمسة مواقع في المملكة المتحدة وفي كل موقع أنواع مختلفة من المفاعلات تتراوح بين مفاعلات تجريبية بدائية ومفاعلات حرارية وسريعة لتوليد الطاقة إضافة إلى مجموعة كاملة من المصانع والمنشآت المكتملة المتخصصة بإنتاج الوقود والمعالجة والتخلص من النفايات والمحابر ويتمثل التحدي الأكبر في التفكيك الذي يواجهه وكالة الطاقة الذرية البريطانية في موقع دونراي. حيث تفدر تكلفة أعمال إعادة التأهيل الحالية بسبعة بلايين يورو ومن المفترض إنجائها في غضون 60 عاماً.

يتطلب تفكيك موقع نووي خلبلاً دقيقاً للخيارات الممكنة وتخطيطاً مفصلاً وإدارة فعالة للنفايات. وقد طوّرت الوكالة الذرية البريطانية برامج حاسوبية معقدة

من قبل جميع المعنيين بهذه الصناعة. وقد وقعت وكالة الطاقة الذرية البريطانية عدداً من اتفاقيات التعاون الرسمية مع منظمات أوروبية وأمريكية من أجل الفائدة المشتركة.

## إعادة التأهيل البيئي في بريطانيا

تعدّ وكالة الطاقة الذرية البريطانية من مؤسسات القطاع العام وقد أريد من إنشائها أن تكون على رأس عملية تطوير الطاقة النووية في بريطانيا في العام 1954. وبعد أن تم الانتهاء من البرنامج الأولي للمفاعلات الانشطارية فإن هذه الوكالة تقوم حالياً بدور ريادي في وضع سياسات ووسائل جديدة تنصل بتفكيك المفاعلات وإعادة التأهيل البيئي لمواقعها النووية لتصبح صالحة للاستخدام العادي. ولدى الوكالة البريطانية أيضاً برنامج نشيط لأبحاث الاندماج في موقع كالهام بمقاطعة

تقوم بتحليل سيناريوهات التفكيك الممكنة ووضع تصوّر للعواقب المترتبة على كل خيار من حيث التكلفة والموارد وإدارة النفايات. وتم تطبيق نظام التحليل البرامجي في جميع مواقع الوكالة حيث توجد ظروف ومنشآت متنوعة جداً وتعد خطة إعادة تأهيل موقع دونري التي نشرت في أكتوبر/نشرين أول عام 2000 أدق خطة إعادة تأهيل بيئي لموقع نووي معقد في العالم.

ويتطلب البرنامج توثيقاً رفيع المستوى لمعايير السلامة إضافة إلى تطوير تلك المعايير والعمليات والمراجعات والدراسات التي تتضمن تقييماً مستقلاً يقوم به الخبراء. لقد وضعت وكالة الطاقة الذرية البريطانية مجموعة واسعة من وثائق السلامة والأمان وإجراءات التشغيل تلبى مطالب أجهزة الرقابة النووية والبيئة.

### استراتيجية التعاقد

تتطوي سياسة وكالة الطاقة الذرية البريطانية على تحقيق المردودية المادية من خلال تحديد العمل حسب المستوى الضروري الذي يسمح للشركات بالتنافس على تنفيذه وفق نظام العقود. وتعكس صيغة العقد متطلبات المشاريع المختلفة. وتتنظر الوكالة في استراتيجيات التعاقد مع متعهدين تقليديين أو مجموعة شركات متضامنة أو متحالفة لدى تقريرها أيهم يمثل أفضل مردود مادي.

ويُعتبر مشروع وين فريث Winfrith للتشغيل والصيانة والتفكيك والذي يمتد 9 سنوات من توقيعه عام 2000 علامة على طريقة جديدة في التعامل مع متعهد خاص. وترمي هذه الاستراتيجية إلى بناء علاقة وثيقة بين المتعهد والزبون بدأً بحاها يؤتي ثماره.

وفي مفاعل دونري النموذجي السريع، تم توقيع عقد خالفي بين وكالة الطاقة الذرية البريطانية وأربعة متعهدين لمعالجة المشكلة الصعبة المتمثلة بإزالة بقايا الصوديوم المعدني من أجزاء المفاعل السريع وأوعيته المختلفة. وثبت أن مفهوم العمل الجماعي في حل المشاكل الذي يتضمن حوافز ملائمة يحقق نجاحاً باهراً.

### التقدم والإنذار

لقد أوقفت وكالة الطاقة الذرية البريطانية 13 مفاعلاً و7 منشآت رئيسة للمواد المشعة نهائياً عن العمل. وتوضح هذه التجربة فوائد تطبيق أعمال التفكيك في جو من المعرفة التفصيلية بهذه المنشآت وقبل أن تبدأ بالتدهور. وتعدّ إدارة النفايات الفعالة عاملاً رئيسياً في عملية إعادة التأهيل البيئي الناجح. ويستلزم هذا وجود استراتيجية متجانسة للتخلص من النفايات ودراسة سليمة لجوانب الأمن والسلامة وإجراءات تشغيل موثقة إضافة إلى سجلات كاملة لعمل المفاعلات. ففي موقع دونري Dounreay يتم ذلك من خلال قائمة

الفضلات المشعة الخاصة بالموقع في المستوى التالي من القائمة. توفر الوثيقة الخاصة بالفضلات المشعة في دونري مصدراً رسمياً دقيقاً للبيانات الاستراتيجية الخاصة بالفضلات المشعة وتشمل وصفاً لكل مجرى فضلات وخواصها وتاريخ التعامل معها من أجل معالجة مسألة الفضلات. كما تشمل الخطة والبرامج الراهنة والتهديد الذي يعترض إصالتها. وعلى المستوى التفصيلي، تبنى قائمة الفضلات المشعة على أساس وثائق توصيف مجرى الفضلات، ولكل مجرى وصف للعملية التي أنتجتها وأحجامها المتوقعة والجداول الزمنية لإنجازها. إضافة إلى وصف مفصّل وشامل لخواصها الفيزيائية والكيميائية والإشعاعية والسامة. ويتم إنتاج البيانات المتعلقة بها حسب مستويات التوصيف الملائمة.

ويُعد مصنع الرّص العالي والتوصيف والمقايسة الخاص بالفضلات الصلبة المنخفضة الإشعاع في دونري مثالاً على الطرائق الحديثة للتخلص من الفضلات. فهذه المنشأة تستقبل النفايات المتدنية الإشعاع من العمليات التي تتم في الموقع لتخزينها في براميل فولاذية وتقوم بتجهيزها أو التخلص منها مؤقّتاً. بعد ذلك تصور البراميل بالأشعة للتحقق من محتوياتها ثم يجري قياس مستويات الإشعاع فيها باستخدام أجهزة حساسة يتم تعبئتها يومياً. بعد ذلك يتم ضغط البراميل المقبولة باستخدام آلات ضاغطة تبلغ قوتها 2000 طن لينخفض حجمها إلى خمس الحجم الأصلي. وتُضمّن هذه المنشأة سجلات دقيقة للنفايات المتدنية الإشعاع في الموقع. وهذا جزء جوهري من عملية إدارة أمانة للفضلات النووية. وفي موقع هارويل Harwell في مقاطعة أكسفورد شايرينتم حالياً نقل الفضلات المتوسطة مستوى الإشعاع والتي سبق تخزينها لأول مرة قبل خمسين عاماً في أنابيب التخزين تحت الأرض. باستخدام تقنية التحكم عن بعد قبل القيام بتوصيفها وإعادة تخزينها وفق المعايير الحديثة في مخزن فوق الأرض يجعل استردادها أمراً سهلاً. وتم تصميم آلة استرداد مصفحة ومتحركة وزنها 100 طن ومن ثم تطويرها ووضعها في الخدمة بهدف استرداد حاويات الفضلات القديمة ومحتوياتها. وما يُفاهم من تعقيد هذه المهمة حقيقة أن الحاويات الأصلية مصابة بالتآكل الذي أدى بدوره إلى تفتتها وانتشار محتوياتها داخل أنابيب التخزين التي يتعين استردادها. ويوضح هذا المشروع فوائد التحليل البالغ الدقة للعمر المتوقع لمنشآت التخزين وكذلك لتطوير أجهزة استرجاع قادرة على استرداد المواد في حال حدوث تسرب في أيّ من الحاويات.

ويتم حالياً وقف العمل نهائياً في مفاعل ويتدسكيل Windscale التابع لوكالة الطاقة الذرية البريطانية والذي يقع في مقاطعة كامبريا وهو مفاعل منطور يتم تبريده بالغاز. وذلك لتوفير الخبرة اللازمة لتفكيك المفاعلات التجارية المنطورة المبردة بالغاز في بريطانيا. تم





تخزين النفايات المتوسطة السمية في دورتي.

فالتقانات الحديثة يمكن أن تُستخدم عند الحاجة إلى طريقة جديدة، ولكن يجب استخدام الأجهزة والمعدات المتوفرة تجارياً وملاءمتها حيث يكون ذلك مناسباً من الناحية العملية.

يبدو أن إعادة التأهيل البيئي للمواقع التي تحتوي على مفاعلات نووية بطريقة تحافظ على البيئة سيكون محور نشاط كبير في الصناعة النووية، وسيكون بالإمكان تبادل الخبرات والعمل الجماعي في الأسرة النووية في العالم ليمكنوا من الرد على هذه التحديات بصورة آمنة ومسؤولة بنية وأسلوب فعال وسريع يحقق قيمة عالية مقابل الأموال التي يتم إنفاقها من أجل ذلك.

تطوير مجموعة من الأدوات والآليات المعقدة التي تعمل بالتحكم عن بعد من أجل إتمام هذه المهمة بأمان ضمن التواريخ المحددة في البرنامج.

ويتم حالياً تفكيك المفاعل السريع وكذلك النموذج الذي بُني عليه المفاعل السريع في دورتي. وقد بلغت هذه العملية مرحلة متقدمة باستخدام تقانات متخصصة للتعامل معها عن بعد كما تم تطوير أجهزة للحفر عبر جزء من الأجزاء الداخلية للمفاعل النموذجي السريع وثقب أنابيب الصوديوم الرئيسة المحددة ضمن وعاء المفاعل بهدف تسهيل نضح الصوديوم السائل بشكل فعال. كما ستوضع آلات في الأجزاء الداخلية لمفاعل دورتي السريع تسمح بإزالة عناصر التوليد العالقة. كما طوّر البريطانيون أيضاً أنظمة تحكم عن بعد وجربوها في منشآت وهمية وسيتم استخدامها في العمليات الحقيقية بهدف تسهيل تحليل المشكلات وحلها.

مع أن أجهزة التحكم عن بعد ضرورية في بعض أعمال التفكيك، إلا أن العمليات اليدوية يجب ألا تهمل دون اعتبارات سليمة. العامل الماهر المدرب على مهمة محددة يستطيع غالباً إنجاز المهمات بسرعة وأمان مع تعرضه لمستوى متدنٍ ومقبول من الإشعاعات. وللأساطة دور مهم تلعبه في تفكيك المنشآت الأكثر تعقيداً. وعلى الصناعة أن تتعلم الكثير من الدروس والعبر

الدكتور جون ماكون كان عضواً في إدارة المنتدى العلمي للوكالة الدولية للطاقة الذرية الذي عُقد عام 2002 وبحث في مسألة تفكيك المنشآت ومسائل أخرى. ويشغل منصب المدير التنفيذي للوكالة البريطانية للطاقة الذرية. وكان قبل تعيينه في هذا المنصب مدير الصحة والسلامة والتدريب في المؤسسة النووية الاسكتلندية.

E-mail: John.McKeon@ukaea.org.uk