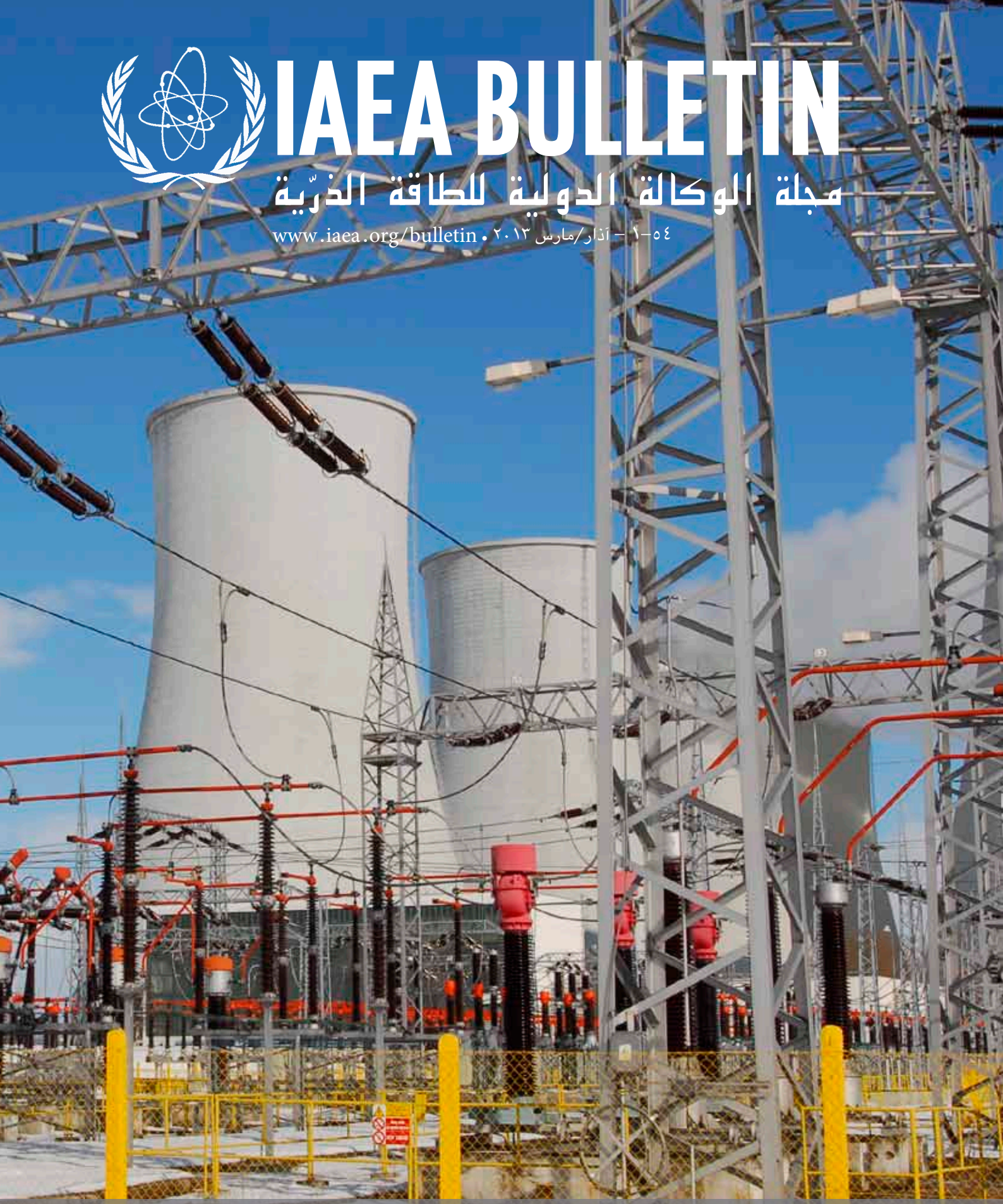


IAEA BULLETIN

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرّية

www.iaea.org/bulletin • ٥٤-١ – آذار/مارس ٢٠١٣

القوى النووية في القرن الحادي والعشرين

الوكالة الدولية للطاقة الذرّية

تكمن مهمة الوكالة الدولية للطاقة الذرية في منع انتشار الأسلحة النووية ومساعدة كل البلدان، وبخاصة في العالم النامي، على الاستفادة من استخدام العلوم والتكنولوجيا النووية استخداماً سلمياً ومأموناً وآمناً.

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

وتقوم الوكالة أيضاً بدور المنصّة العالمية لتعزيز الأمن النووي. كما تركّز أنشطة الوكالة على المساعدة على التقليل إلى الحد الأدنى من مخاطر وقوع المواد النووية وغيرها من المواد المشعة في أيادي الإرهابيين أو خطر تعرض المرافق النووية لأعمال كيدية.

وتوفِّر معايير الأمان الصادرة عن الوكالة نظاماً لمبادئ الأمان الأساسية وتجسِّد توافقاً دولياً في الآراء حول ما يشكِّل مستويات عالية من الأمان لحماية الناس والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤيِّنة. وقد وُضعت معايير أمان الوكالة لتطبيقها في جميع المرافق والأنشطة النووية التي تُستَخدَم للأغراض السلمية، وكذلك لتطبيقها في الإجراءات الوقائية الرامية إلى تقليص مخاطر الإشعاعات القائمة.

وتتحقَّق الوكالة أيضا، 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. وتحدَّد برامج الوكالة وميزانياتها من خلال قرارات جهازي تقرير سياسات الوكالة – أي مجلس المحافظين المؤلف من ٣٥ عضواً والمؤتمر العام الذي يضم جميع الدول الأعضاء.

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

الصورة: محطة سانمن للقوى النووية التي يجري تشييدها في منطقة سانمن التابعة لإقليم زهيانغ في الصين. (الشركة الوطنية النووية الصينية)

المحتويات

مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية ٥٤–١ – آذار/مارس ٢٠١٣

القوى النووية في القرن الحادي والعشرين ٢

القوى النووية واقتصاديات الطاقة وأمن الطاقة ٣

الطاقة والتنمية المستدامة ٤

دور الطاقة النووية في التخفيف من آثار تغير المناخ وتلوث الهواء ٥

القوى النووية اليوم وغداً ٧

دعم البرامج الجديدة الخاصة بالقوى النووية ٨

حلول للتصرف في النفايات ١٠

بناء ثقة الجمهور العام في القوى النووية ١٢

تدريب القوة العاملة النووية المأمولة غداً ١٣

الأمان النووي من خلال التعاون الدولي ١٤

تحقيق الاستدامة النووية من خلال الابتكار ١٥

احصاءات رئيسية ١٦

تصدر «مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية»
عن شعبة الإعلام العام
الوكالة الدولية للطاقة الذرية
وعنوانها: P.O.Box 100, A–1400 Vienna, Austria
الهاتف: ٢١٢٧٠–٢٦٠٠ (١–٤٣)
الفاكس: ٢٩٦١٠–٢٦٠٠ (١–٤٣)
البريد الإلكتروني: IAEABulletin@iaea.org

شعبة الإعلام العام
المدير: سيرج غاس
رئيس التحرير: بيتر كايزر
التصميم والإنتاج: ريتو كين

مجلة الوكالة متاحة
› في شكل تطبيقة من تطبيقات 'الآي باد' (iPad)
› في شكل مجلة إلكترونية على الموقع
www.iaea.org/bulletin
› المحفوظات متاحة على الموقع
www.iaea.org/bulletinarchive

يمكن استخدام مقتطفات من مواد الوكالة التي تتضمنها مجلة الوكالة في مواضع أخرى بحُرِّية، شريطة الإشارة إلى المصدر. وإذا كان مبيّنا أنَّ الكاتبَ من غير موظفي الوكالة، فيجب الحصول منه، أو من المنظمة المصدرة على إذن بإعادة النشر، إلا إذا كان ذلك لأغراض العرض.

ووجهات النظر المُعرَب عنها في أي مقالة موقّعة واردة في المجلة لا تُمثّل بالضرورة وجهة نظر الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ولا تتحمّل الوكالة أي مسؤولية عنها.

صورة الغلاف: محطة بوهونيس للقوى النووية هي مجمّع للمفاعلات النووية تقع على مقربة من قرية جاسلوفسكي بوهونيس في سلوفاكيا. شركة القوى النووية والإخراج من الخدمة (شركة JAVYS).

تطبع «مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية» في فيينا بالنمسا.

القوى النووية في القرن الحادي والعشرين

تساعد الوكالة الدولية للطاقة الذرية دولها الأعضاء على استخدام التكنولوجيا النووية في مجموعة واسعة من الأغراض السلمية، ومن بين أهم هذه الأغراض توليد الكهرباء.

سيكون من الصعب على العالم تحقيق الهدفين المزدوجين المتمثلين في ضمان إمدادات الطاقة المستدامة والحد من غازات الدفيئة دون القوى النووية.

وقد أثار حادث محطة فوكوشيما داييتشي للقوى النووية في اليابان في آذار/مارس ٢٠١١ القلق في كل أرجاء العالم بشأن الأمان النووي كما أثار تساؤلات حول مستقبل القوى النووية.

وبعد مرور سنتين، بات من الواضح أنَّ نمو استخدام القوى النووية سوف يتواصل في العقود القادمة، رغم أنَّ وتيرة ذلك النمو سوف تكون أبطأ مما كان متوقّعاً قبل الحادث. وتخطط عدة بلدان لديها برامج قوى نووية لتوسيع برامجها. كما تخطط عدة بلدان جديدة، نامية ومتقدمة النمو على حد سواء، للأخذ بالقوى النووية.

ومن العوامل المساهمة في تزايد الاهتمام بهذا المجال، الطلب العالمي على الطاقة، فضلاً عن المخاوف المرتبطة بتغير المناخ، وأسعار الوقود الأحفوري المتقلبة، وأمن إمدادات الطاقة. وسيكون من الصعب على العالم تحقيق الهدفين المزدوجين المتمثلين في ضمان إمدادات الطاقة المستدامة والحد من غازات الدفيئة من دون الاستفادة من القوى النووية.

وتقدِّم الوكالة للبلدان التي تختار الأخذ بالقوى النووية المساعدة على استخدامها بأمن وأمان.

أمّا البلدان التي قرَّرت الوقف التدريجي للقوى النووية، فسوف يتعيّن عليها التعامل مع قضايا مثل إخراج المحطات من الخدمة واستصلاحها والتصرف في النفايات خلال العقود القادمة. وتقدّم الوكالة المساعدة كذلك في هذه المجالات.

وإنني أُعرِبُ هنا عن امتناني للاتحاد الروسي لاستضافته المؤتمر الوزاري الدولي لعام ٢٠١٣ بشأن القوى النووية في القرن الحادي والعشرين في سانت بطرسبرغ في حزيران/يونيه. ويُتيح هذا المؤتمر الذي يأتي في الوقت المناسب فرصة قيّمة من أجل تقييم القوى النووية في أعقاب حادث فوكوشيما داييتشي.

ومن الضروري أن تكون هناك درجة كبيرة من الثقة لدى عامة الناس في أمان القوى النووية من أجل مستقبل هذا القطاع. وقد بُذلت جهود قيِّمة كثيرة في السنتين الماضيتين لتحسين مستوى الأمان. ولكن ما زال هناك الكثير الذي يتعين القيام به. ومن الأهمية بمكان الحفاظ على هذا الزخم وبذل قصارى الجهود لضمان جعل القوى النووية مأمونة بالقدر الممكن بشرياً.

وتقدِّم هذه الطبعة من مجلة الوكالة لمحة عامة عن العديد من القضايا التي سيتناولها مؤتمر سانت بطرسبرغ. ويشمل ذلك الأمان النووي ودور القوى النووية في التنمية المستدامة، والابتكارات التكنولوجية، والمؤسسات والبنى الأساسية النووية.

وأتمنى للمشاركين في المؤتمر كل النجاح في مداولاتهم.

يوكيا أمانو، المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية

القوى النووية واقتصاديات الطاقة وأمن الطاقة

إنَّ التنمية الاقتصادية تستلزم وجود كهرباء موثوقة ميسورة التكلفة ومتوفِّرة بكميات كافية لتلبية الحد الأدنى من متطلبات الطاقة على المستوى المحلي أو الإقليمي أو الوطني. وقد تبدو هذه الوصفة الخاصة بتحقيق التنمية الاقتصادية وصفة بسيطة، ولكن يجب تحليل الاعتبارات التكنولوجية والمالية والتنموية واعتبارات البنية الأساسية ويجب أن تكون متوازنة لوضع استراتيجية وطنية للطاقة. ولكن مما يعقِّد هذه المهمة الواقع التاريخي الذي يؤكِّد بأنَّ الحصول على الطاقة بالسعر المنشود وبالكميات المنشودة لا يمكن أن يكون أمراً مسلماً به ولا مضموناً. وتحدِّد اقتصاديات الطاقة وأمن الطاقة الخيارات المتاحة للدول التي تعمل على وضع استراتيجية للطاقة المستدامة في المستقبل.

اقتصاديات الطاقة

إنَّ تشييد مفاعل للقوى النووية أمر باهظ الثمن نسبياً وأما تشغيله فزهيد الثمن نسبياً. وهذا ما يجعله استثماراً جيداً في بعض الحالات ولكنه ليس كذلك في حالات أخرى. فهو استثمار أكثر جاذبية عندما يتزايد الطلب على الطاقة بسرعة، وتكون المصادر البديلة شحيحة أو باهظة الثمن، ويكون أمن إمدادات الطاقة من الأولويات، ويكون الحد من تلوث الهواء والحد من انبعاثات غازات الدفيئة من الأولويات أيضاً، وعندما يكون التمويل متاحاً ويكون بالإمكان انتظار إيراداته على المدى الأطول (وهو ما يميِّز الحكومات عن القطاع الصناعي الخاص)، وعندما تقل المخاطر المالية بفضل إمكانية التنبؤ أكثر بالطلب على الكهرباء وبأسعارها، ووجود هياكل سوق مستقرة وتوفّر دعم سياسي محايد قوي. وتجسِّد مفاعلات القوى البالغ عددها ٦٨ مفاعلاً التي يجري حالياً تشييدها حول العالم خصائص البيئات الاستثمارية الملائمة. ومن بين هذه المفاعلات، هناك ٣٨ مفاعلاً في الشرق الأقصى (٢٩ في الصين وحدها)، و١٥ في أوروبا الشرقية، و١٠ مفاعلات في الشرق الأوسط وجنوب آسيا، ومفاعلان في أمريكا اللاتينية، ومفاعلان في أوروبا الغربية، ومفاعل واحد في أمريكا الشمالية.

واليورانيوم المستخدم في مفاعلات القوى النووية موجود بوفرة في كل أنحاء العالم. ولعلَّ مصادر اليورانيوم التقليدية المعروفة حالياً تدوم نحو ٨٠ عاماً وذلك بحسب الأسعار ومعدلات الاستهلاك الحالية. ويرجِّح ذلك كفّة مصادر اليورانيوم لدى مقارنتها باحتياطيات السلع من الموارد الأخرى، كالنحاس والزنك والنفط والغاز الطبيعي، التي تكفي لتلبية الاحتياجات لمدّة تتراوح بين ٣٠ و٥٠ سنة. وقد تؤدي طرائق إعادة المعالجة وإعادة التدوير واستخدام تكنولوجيا التوليد السريع للطاقة إلى زيادة طول عمر المصادر المعروفة حالياً بأكثر من ٦٠ ضعفاً لتدوم هذه المصادر آلاف السنين.

أمن الطاقة

أمن الطاقة هو من الاعتبارات الرئيسية الأخرى التي تضاف إلى اعتبارات الأسعار وقاعدة الموارد. وأفضل طريقة لتعزيز أمن الطاقة في بلد ما هي زيادة تنوع ومرونة خيارات إمدادات الطاقة. وبالنسبة للعديد من البلدان، من شأن توسيع القوى النووية أن يؤدي إلى زيادة تنوع إمداداتها من الكهرباء. وتتسم القوى النووية بميزتين من شأنهما زيادة المرونة بوجه عام. أولاهما أنَّ تكاليف توليد الكهرباء النووية أقل تأثراً بكثير بالتغييرات في أسعار الوقود من تأثّر تكاليف توليد الكهرباء بالوقود الأحفوري. وثانيتهما، أنَّ الوقود الأساسي، أي اليورانيوم، مُتاح من بلدان منتجة متنوعة، وتدعو الحاجة إلى كميات قليلة منه، مما يسهِّل تكوين أرصدة استراتيجية. وأما في الممارسة العملية، فإن التوجّه السائد ابتعد عن إنشاء المخزونات الاستراتيجية، ومالَ إلى تأمين الإمدادات على أساس وجود أسواق متنوعة تعمل بسلاسة لتوفير خدمات الإمداد باليورانيوم والوقود. ولكن خيار إنشاء أرصدة استراتيجية بخسة الكلفة نسبياً يبقى متاحاً أمام البلدان التي تعتبره مهماً.

خيارات الطاقة

تختلف البلدان بعضها عن بعض في هذا الصدد. والتوصل إلى مزيج الطاقة المناسب لبلد ما سيتوقّف على مدى سرعة تزايد الطلب على الطاقة فيه، وعلى توافر بدائل من المصادر مثل القوى المائية أو غاز الطُفَال، وعلى خيارات التمويل المتاحة أمامه، وتفضيلاته وأولوياته الوطنية المعبَّر عنها في السياسات الوطنية. وأما تحديد الكيفية التي توازن بها البلدان مختلف الاعتبارات، كمخاطر الحوادث والكهرباء البخسة الكلفة والتخفيف من حدة تغير المناخ وتلوث الهواء والاعتماد على استيراد الطاقة، فهو من المسائل التي تتوقّف جزئياً على الأقل على التفضيلات الوطنية، وهو تبعاً لذلك من القرارات التي تتخذها بنفسها الدول الأعضاء في الوكالة.

ويقول الخبير لدى الوكالة في تخطيط الطاقة، ألان ماكدونالد "وبالإضافة إلى ذلك، تستخدم جميع البلدان مزيجاً من مصادر الطاقة وتولِّد الكهرباء بواسطة مزيج من التكنولوجيات". ويمضي ماكدونالد في تفسيراته قائلاً إنَّ ذلك التنوع يُعزى جزئياً إلى التطور التاريخي، لأنَّ التكنولوجيات الجديدة تتداخل مع التكنولوجيات القديمة، ويُعزى جزئياً إلى كون المستثمرين يختلفون حول تحديد المصدر الذي سيُثبت أنه الأكثر ربحية، ويُعزى جزئياً إلى أنَّ وجود مجموعة متنوعة من مصادر الطاقة يقلّل المخاطر ومواطن الضعف، وعندما يتزايد الطلب على الكهرباء بسرعة على وجه الخصوص، كما هو الحال في الصين، فإن ذلك يُعزى جزئياً إلى محاولة مواكبة الطلب باستخدام جميع الخيارات الممكنة.

الطاقة والتنمية المستدامة

ما من هدف من الأهداف الإنمائية الثمانية للألفية التي اعتمدتها الأمم المتحدة في عام ٢٠٠٠ يتطرَّق مباشرة إلى الطاقة، مع أنَّ التقدم المحرز في كل الأهداف تقريباً، من القضاء على الفقر والجوع إلى تحسين التعليم والصحة، كان يعتمد على الاستفادة بقدر أكبر من الطاقة الحديثة. وبعد مرور ثلاثة عشر عاماً، ها هي الطاقة تحظى باهتمام أكبر. ويعتبر عام ٢٠١٥ الموعدَ المستهدف لبلوغ الأهداف الإنمائية للألفية؛ وفي عام ٢٠١٢ بدأت الأمم المتحدة مداولات لصوغ أهداف التنمية المستدامة من أجل توجيه الدعم لتحقيق التنمية المستدامة بعد عام ٢٠١٥. وقد حظيت الطاقة بدور محوري في الوثيقة المعنونة المستقبل الذي نصبو إليه، وهي الوثيقة الختامية التي خرج بها مؤتمر الأمم المتحدة لعام ٢٠١٢ للتنمية المستدامة (والمعروف أيضاً بمؤتمر ريو+٢٠)، وإذ تقول هذه الوثيقة: "نسلم بأنَّ للطاقة دوراً بالغ الأهمية في عملية التنمية، حيث إنَّ الحصول على خدمات الطاقة الحديثة المستدامة يسهم في القضاء على الفقر وإنقاذ الأرواح وتحسين الصحة ويساعد على تلبية الاحتياجات الإنسانية الأساسية".

القوى النووية تتقدَّم على تكنولوجيات الطاقة الأخرى في 'استيعاب' جميع التكاليف الخارجية، بداية من تحقيق الأمان ثم إلى التخلص من النفايات ووصولاً إلى إخراج المرافق من الخدمة.

وفي التقرير الذي أعدَّته اللجنة العالمية المعنية بالبيئة والتنمية (لجنة برونتلاند) المعنون من أجل مستقبلنا المشترك ونشرته في عام ١٩٨٧، عرَّفت اللجنة المذكورة التنمية المستدامة بأنها "تنمية تستجيب لاحتياجات الأجيال الحالية دون النيل من قدرة الأجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها"، وظلَّ هذا التعريف هو التعريف الأساسي منذ ذلك الحين.

وناقشت لجنة التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة بدقة في دورتها التاسعة في عام ٢٠٠١ دور القوى النووية في التنمية المستدامة. ورغم اختلاف وجهات النظر فيما يتعلق بدور القوى النووية في استراتيجيات التنمية المستدامة، فقد كان هناك اتفاق بالإجماع على أنَّ خيار الطاقة النووية أمر متروك تقريره للبلدان.

أما الجهات التي تستنتج بأنَّ القوى النووية لا تتفق مع التنمية المستدامة فتركّز على مخاطر الحوادث النووية وعلى أنه لا يوجد حتى الآن أي مستودع نهائي قيد التشغيل للنفايات النووية القوية الإشعاع.

وأما الجهات التي تعتبر القوى النووية جزءاً هاماً من التنمية المستدامة، فإنَّها تشدّد على أنَّ التعريف الذي قدمّته لجنة برونتلاند للتنمية المستدامة يركِّز على تنمية أصول الموارد وفتح أبواب الخيارات لا الحجر عليها. وذلك لأن القوى النووية توسّع قاعدة الموارد باستخدام اليورانيوم لأغراض إنتاجية. كما أنها تقلّل من الانبعاثات الضارة وتوسّع نطاق الإمدادات من الكهرباء. وتزيد القوى النووية حجم المخزون العالمي من رأس المال التكنولوجي والبشري. وأخيراً فإنَّ القوى النووية تتقدَّم على تكنولوجيات الطاقة الأخرى في 'استيعاب' جميع التكاليف الخارجية، بداية من تحقيق الأمان ثم إلى التخلص من النفايات ووصولاً إلى إخراج المرافق من الخدمة. و'استيعاب' التكاليف يعني أنَّ تكاليف جميع هذه الأنشطة هي تكاليف مشمولة من قبل إلى حد كبير ضمن الثمن الذي ندفعه للحصول على الكهرباء النووية. ولو كانت التكاليف البيئية الناشئة عن استخدام أنواع الوقود الأحفوري 'مستوعَبة' ضمن السعر المدفوع لهذه الأنواع، لكان السعر الذي سندفعه للحصول على الكهرباء الناتجة عن استخدام أنواع الوقود الأحفوري أعلى بكثير.

ويتعيَّن على الحكومات على الصعيد الوطني أن تقارن بين المزايا النسبية، ومن اللازم إجراء نقاش عام على الملأ حول هذا الموضوع.

وغالباً ما تُحدَّد المهمة الأولى للتنمية المستدامة على أنها مهمة جلب الطاقة، وخصوصاً الكهرباء، إلى خُمُس سكان العالم المحرومين منها. ويقول خبير الوكالة في تخطيط الطاقة، ألان ماكدونالد، إنَّ جهوداً كبيرة تُبذَل لفائدة الفقراء في الأرياف بغية الاستفادة بأكمل وجه من تكنولوجيات الطاقة المتجددة التي تعمل في المناطق النائية غير المتصلة بالشبكات الكهربائية. ويمضي ماكدونالد قائلا "بالنسبة للفقراء في المناطق الحضرية ولتلبية احتياجات المدن الكبرى المتنامية، ينبغي أن يشمل مزيج الطاقة التوليد المركزي لكميات كبيرة من القوى لكي يتماشى مع الطلب المركزي على كميات كبيرة من القوى. وتقدّم محطات القوى النووية كميات كبيرة من القوى الثابتة للمساعدة على تلبية مثل هذا الطلب. وعلاوة على ذلك، وبما أن البلدان توسّع شبكاتها الكهربائية 'للوصول إلى الجهات غير الموصولة' وتوسّع نطاق الاستفادة من الكهرباء، فإن مزايا المصادر الكبيرة للقوى الثابتة ستتزايد رقعتها أكثر فأكثر".

---

* أُنشئت اللجنة العالمية المعنية بالبيئة والتنمية بناء على القرار ٣٨/١٦١ الذي أصدرته الجمعية العامة للأمم المتحدة في عام ١٩٨٣ لاقتراح استراتيجيات بيئية طويلة الأمد لتحقيق التنمية المستدامة. وطلب الأمين العام للأمم المتحدة، بيريز دي كوييار، من رئيس الوزراء النرويجي، غرو هارليم برونتلاند، أن يرأس اللجنة العالمية المعنية بالبيئة والتنمية، والتي يشار إليها في الكثير من الأحيان بالتسمية "لجنة برونتلاند".

دور الطاقة النووية في التخفيف من آثار تغير المناخ وتلوث الهواء

يتوقّع خبراء الطاقة أن يشتدّ ازدياد الطلب على الطاقة جداً في القرن الحادي والعشرين، وبخاصة في البلدان النامية، حيث لا تتاح لما يربو على مليار شخص اليوم سبل الحصول على خدمات الطاقة الحديثة. وسوف تتطلب تلبية الطلب العالمي على الطاقة التوسع بنسبة ٧٥٪ في إمدادات الطاقة الأولية بحلول عام ٢٠٥٠. وإذا لم يتم القيام بخطوات من أجل الحد من الانبعاثات، فإن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ذات الصلة بالطاقة سوف تتضاعف تقريباً في الفترة ذاتها. ويمكن أن يؤدي ارتفاع مستويات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي إلى ارتفاع متوسط درجات الحرارة العالمية بثلاث درجات مئوية أو أكثر علاوة على مستويات ما قبل الحقبة الصناعية، مما قد يؤدي إلى حدوث تدخل بشري خطر في النظام المناخي، وهو ما تسعى اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ إلى منع وقوعه.

غازات الدفيئة وعواقبها

وفقاً لاستنتاجات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، سوف يؤدي حدوث احترار عالمي يفوق ٣ درجات مئوية إلى آثار سلبية متزايدة في كل المناطق من العالم. وأما في مناطق خطوط العرض الوسطى والمناطق شبه القاحلة في خطوط العرض المنخفضة، فسوف يؤدي تقلص توافر المياه وتزايد الجفاف إلى تعرض مئات الملايين من الناس إلى إجهاد مائي متزايد.

وفي المجال الزراعي، من المتوقّع أن تنخفض إنتاجية الحبوب في مناطق خطوط العرض المنخفضة. ولن تعوِّض زيادة الإنتاجية في مناطق خطوط العرض الوسطى والعليا إلا جزئياً عن هذه الخسارة. ويتزايد احتمال تعرض نسبة من السلالات البرية تصل إلى ٣٠٪ من مجموعها إلى الانقراض.

وسوف يكون تحمُّض المحيطات إحدى عواقب تزايد انبعاثات الكربون. ومن المتوقع أن يؤدي التحمُّض، إلى جانب ابيضاض المرجان بفعل الحرارة، إلى الحد من قدرة المحاريات على النمو، مما يعرِّض عنصراً أساسياً من عناصر سلسلة الأغذية البحرية للخطر. وفي المناطق الساحلية، سوف تتزايد الأضرار الناجمة عن الفيضانات والعواصف.

كما أنَّ الصحة البشرية سوف تتأثّر، وبخاصة في أقل البلدان نمواً، من جراء تزايد عبء سوء التغذية والإسهال والأمراض القلبية التنفسية والمعدية. ومن المتوقع أن ترتفع معدلات الإصابة بالأمراض والوفيات بسبب موجات الحر والفيضانات والجفاف.

وفقاً لمنظمة الصحة العالمية، يتسبَّب تلوث الهواء في أكثر من مليون حالة وفاة مبكرة كل عام في جميع أرجاء العالم، ويساهم في اضطرابات صحية ناجمة عن التهابات الجهاز التنفسي وأمراض القلب وسرطان الرئة.
الصورة من: (istockphoto.com/ ranplett)

آثار تلوث الهواء

قدَّرت منظمة الصحة العالمية أنَّ تلوث الهواء يتسبَّب في أكثر من ١ مليون حالة وفاة مبكّرة كل عام في جميع أرجاء العالم.* كما أنَّ تلوث الهواء يساهم في اضطرابات صحية ناجمة عن التهابات الجهاز التنفسي وأمراض القلب وسرطان الرئة. وعلى الصعيد الإقليمي، فإنَّ ملوِّثات الهواء التي تقطع مسافات طويلة تتسبَّب في الأمطار الحمضية. وتحدث الأمطار الحمضية خللاً في النظم الإيكولوجية، مما يؤثِّر سلباً في مصائد الأسماك في المياه العذبة وفي النباتات الطبيعية والمحاصيل. وقد يؤدي تحمض النظم الإيكولوجية للغابات إلى تدهور الغابات وسقام الغابات. كما أنَّ الأمطار الحمضية تضّر ببعض مواد البناء والآثار التاريخية والثقافية. وينجم ذلك عن مركبات الكبريت والنتروجين. وتعتبر محطات القوى التي تستخدم الوقود الأحفوري، وخصوصاً محطات القوى التي تعمل بالفحم، أكثر المحطات الباعثة لسلائف هذه المركبات.

كمية الانبعاثات التي تم تجنّبها من خلال استخدام القوى النووية مماثلة للكمية التي تم تجنّبها من خلال استخدام القوى المائية.

تحديات خفض انبعاثات غازات الدفيئة

هناك إجماع علمي على أنه من أجل تجنب الآثار السلبية لتغير المناخ في النظم الإيكولوجية والاجتماعية والاقتصادية، يجب ألا ترتفع انبعاثات غازات الدفيئة بعد عام ٢٠٢٠، وأن تنخفض بنسبة تتراوح بين ٥٠ و٨٥٪ عن مستوياتها المسجَّلة اليوم بحلول عام ٢٠٥٠. لذلك فإنَّ العالم يواجه تحدياً ضخماً في التخفيف من الآثار السلبية في العقود القادمة.

ويؤكّد تقرير الفريق العامل الثالث التابع للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ والتقرير التجميعي الصادر عن المؤتمر العلمي الدولي بشأن تغيُّر المناخ: الأخطار العالمية والتحدّيات والقرارات، الذي عُقد في كوبنهاغن في عام ٢٠٠٩، أنَّ العديد من تكنولوجيات وممارسات التخفيف التي يمكن بواسطتها خفض انبعاثات غازات الدفيئة متاح من قَبلُ في السوق التجارية. ووفقاً للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، فإنَّ الحلول والعمليات التقنية قد تقلِّص من كثافة الطاقة في جميع القطاعات الاقتصادية وتُقدِّم النواتج أو الخدمات ذاتها وتؤدي إلى انبعاث كميات أقل من الغازات. وتعتبر القوى النووية أحد الخيارات المتاحة اليوم للتخفيف من الآثار السلبية.

وطيلة الخمسين عاماً الماضية، أدى توليد الكهرباء من خلال استخدام القوى النووية إلى تجنب انبعاث كميات كبيرة من غازات الدفيئة حول العالم. وعلى الصعيد العالمي، فإنَّ كمية الانبعاثات التي تم تجنّبها من خلال استخدام القوى النووية مماثلة للكمية التي تم تجنّبها من خلال استخدام القوى المائية. وتعتبر الكهرباء التي تولَّد من خلال استخدام القوى المائية ومحطات القوى النووية والرياح من بين أقل المصادر الباعثة لثاني أكسيد الكربون عندما يُنظر إلى الانبعاثات طوال كامل دورة عمر الطاقة.

وفي المستقبل، سوف تكون انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن تكنولوجيات الطاقة النووية أقل حجماً بفضل التقدم المحرز في تكنولوجيا إثراء اليورانيوم التي تتطلَّب كمية أقل بكثير من الكهرباء، وبفضل تمديد أعمار محطات القوى النووية (أي تقليص كمية الانبعاثات لكل كيلوواط–ساعة مقترنة بالتشييد)؛ وزيادة معدل حرق الوقود (أي تقليص كمية الانبعاثات لكل كيلوواط–ساعة مقترنة بتعدين اليورانيوم وتصنيع الوقود).

وقدَّرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إمكانات مختلف تكنولوجيات توليد الكهرباء في التخفيف من الآثار ووجدت أنَّ لدى القوى النووية أكبر إمكانات للتخفيف من الآثار بأقل نسبة متوسطة من التكاليف في قطاع إمدادات الطاقة، لا سيما توليد الكهرباء. ولدى القوى النووية إمكانات لمواصلة أداء دور هام في الجهود التي تُبذل من أجل الحد من انبعاثات غازات الدفيئة في المستقبل مع الاستجابة في الوقت ذاته لاحتياجات العالم من الطاقة.

التخفيف من تلوث الهواء من خلال القوى النووية

لا ينبعث من محطات القوى النووية فعلياً خلال تشغيلها أي ملوثات للهواء. وعلى خلاف ذلك، تعتبر محطات القوى العاملة بالوقود الأحفوري من أهم العوامل المساهمة في تلوث الهواء. ووفقاً لمنظمة الصحة العالمية، يمكن إحداث تخفيض كبير في التعرض إلى تلوث الهواء بواسطة خفض تركُّزات العديد من ملوّثات الهواء الأكثر شيوعاً المنبعثة خلال حرق أنواع الوقود الأحفوري.

---

* "جودة الهواء والصحة"، صحيفة وقائع رقم ٣١٣، تم تنقيحها في أيلول/سبتمبر ٢٠١١، وهي متاحة على الموقع: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/ar.

القوى النووية اليوم وغداً

من خلال وجود ٤٣٧ مفاعلاً للقوى النووية قيد التشغيل و٦٨ مفاعلاً جديداً في طور الإنشاء على الصعيد العالمي، بلغت القدرة العالمية لتوليد الكهرباء، بالطاقة النووية ٣٧٢,٥ غيغاواط (كهربائي) في نهاية عام ٢٠١٢. وعلى الرغم من النزعة الارتيابية، ومن الخشية في بعض الحالات، لدى الجمهور العام، ممّا نشأ في أعقاب الحادث النووي الذي وقع في فوكوشيما داييتشي في آذار/مارس ٢٠١١، فإن الطلب على القوى النووية بعد انقضاء عامين على ذلك الحادث لايزال ينمو باطّراد، وإن كان بوتيرة أبطأ من ذي قبل.

وهنالك عدد كبير من البلدان التي تمضي قدماً بإصرار في خططها الرامية إلى تنفيذ برامجها الخاصة بالقوى النووية أو إلى توسيع نطاقها، وذلك لأن العوامل الدافعة صوب امتلاك القوى النووية، التي كانت حاضرة قبل وقوع حادث فوكوشيما، لم تتغير بعده. وتشمل هذه العوامل الدافعة تغير المناخ، ومحدوديّة إمدادات الوقود الأحفوري، ودواعي القلق بشأن أمن الطاقة.

ويبدو على الصعيد العالمي أن القوى النووية مقدَّر لها أن تستمرّ في النمّو باطّراد، وإن كان ذلك في مسار أبطأ كثيراً ممّا كان متوقّعاً قبل حادث فوكوشيما داييتشي النووي. وتبيّن آخر التوقّعات المقارنة لدى الوكالة الدولية للطاقة الذرية ارتفاعاً مطّرداً في عدد محطات القوى النووية في العالم خلال العشرين سنة المقبلة. وتُظهر تلك التوقّعات نمواً في قدرة القوى النووية بنسبة سوف تصل إلى ٢٣ في المائة بحلول عام ٢٠٣٠ في مستوى التوقع المنخفض وإلى ١٠٠ في المائة في مستوى التوقع المرتفع. ومفاعلات القوى النووية الجديدة، المخطّط لتشييدها أو التي هي في طور التشييد، أكثرها مرتقب في آسيا.

وفي عام ٢٠١٢، بدأ العمل على تشييد سبع محطات قوى نووية، هي: فوكينك ٤، وشيداوان ١، وتيانوان ٣ ويانغجيانغ ٤ في الصين؛ وشين أولتشين ١ في كوريا؛ وبالتيسك ١ في روسيا؛ وبركه ١ في الإمارات العربية المتحدة. تشير هذه الزيادة علاوة على أرقام العام السابق إلى وجود اهتمام والتزام مستمّرين بشأن القوى النووية، وتثبت أن القوى النووية قابلة للنهوض من عثراتها.

وقد أخذت البلدان تطلب تصاميم جديدة مبتكرة للمفاعلات من البائعين من أجل استيفاء المتطلّبات الصارمة بشأن الأمان وقدرة الشبكات الوطنية والحجم ووقت التشييد، وهي إشارة تدلّ على أن القوى النووية مستمرة حتماً في النمو على مدى العقود الزمنية القليلة المقبلة.

الأمان

هذا النموّ في هذا القطاع لابدّ من أن ترافقه بطبيعة الحال زيادة في الأمان. وقد وصف حادث فوكوشيما داييتشي النووي بأنه نداء تنبيهي لكلّ من هم معنيون بالقوى النووية. ووفقاً لما قاله المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذّرية، يوكيا أمانو، أنّ الحادث ذكّرنا بأنّ الأمان لا يمكن أبداً اعتباره أمراً مسلما بوجوده، حتى في البلدان الصناعية المتقدّمة ذات الخبرة الواسعة في استخدام الطاقة النووية.

وقد استخلصت دروس هامّة من ذلك الحادث، مع أنه قد يوجد المزيد من الدروس التي ينبغي تعلّمها. وقد استطعنا أن نستوعب بسرعة دروس الأمان المستخلصة من الحادث، وأن نساعد الدول الأعضاء على تطبيقها في سياق تشغيل المفاعلات النووية حول العالم. وقد أصبحت المفاعلات النووية أكثر أماناً مما كانت عليه من قبل وقوع ذلك الحادث، كما في كثير من الصناعات الأخرى. والواقع أنه منذ حادث تشيرنوبيل الذي وقع في عام ١٩٨٦، ازداد نموّ النظام الدولي للأمان النووي بقوة أكبر. واليوم، أصبحت آليات كثيرة ملزمة دولياً سارية المفعول، ومنها مثلاً اتفاقية الأمان النووي والاتفاقية المشتركة بشأن أمان التصرّف في الوقود المستهلك وأمان التصرّف في النفايات المشعّة، ممّا يساعد على تكوين شبكة دعم من حول الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ويدفع بالصناعة النووية العالمية على مسار التحسين المتواصل للأمان النووي.

التخطيط للأخذ بالقوى النووية

حيث إن بلدانا كثيرة وخصوصاً ما يسمى "البلدان المستجدة" في الميدان النووي، تواصل النظر في مسألة إدخال القوى النووية ضمن مزيج الطاقة لديها، فإن الوكالة الدولية للطاقة الذرية تعرض تقديم عدد من الخدمات لمساعدة تلك الدول على تقييم استعدادها وعلى اتخاذ القرارات عن علم في هذا الصدد. وتتدّرج هذه الخدمات من تقديم المساعدة إلى الدول الأعضاء في بناء قدراتها بشأن التخطيط للطاقة، على نحو مستقل عن أيّ اهتمام بالقوى النووية، إلى دعم التخطيط الاستراتيجي البعيد المدى للطاقة النووية، وتقديم العون في تطوير البنى التحتية الوطنية، بما في ذلك التصّرف في النفايات المشعّة وإخراج المرافق من الخدمة.

كما إننا نقدّم، خلال جميع المراحل المختلفة من تطوير برامج الدول الأعضاء الخاصة بالقوى النووية، خدمات متكاملة من أجل مساعدة الدول الأعضاء على كفالة استخدام الطاقة النووية المأمون والآمن والمسؤول والموثوق.

ألكسندر بيتشكوف، نائب المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية ورئيس إدارة الطاقة النووية.

دعم البرامج الجديدة الخاصة بالقوى النووية

إن القرار بشأن إدخال القوى النووية هو واحد من أكثر خيارات السياسة العامة بُعداً في مداها التي يمكن ان تأخذ بها حكومة ما. وهو قرار معقّد. وذلك لأن أي برنامج من برامج القوى النووية إنما هو التزام يستغرق قرنا من الزمن على أقل تقدير، بدءا من التخطيط ومرورا بالتشييد، ووصولا إلى التشغيل والتصرف في النفايات، ثم إخراج المرافق من الخدمة في نهاية المطاف. وكما تبيّن آن ستارز، رئيسة فريق البنية الأساسية للقوى النووية المتكاملة، لدى الوكالة "إنها تكنولوجيا جدّ متطورة تتطلب تخطيطا جدّ متطور؛ ومع ذلك فإن البلدان التي تنظر الآن في وضع برنامج للقوى النووية يمكنها أن تعوّل على الخبرة التراكمية التي اكتسبها أكثر من ٣٠ بلدا عاملا في هذا الميدان خلال الخمسين سنة الماضية، وكذلك على الدعم المنهجي الذي توفره الوكالة الدولية للطاقة الذرية".

الوكالة الدولية للطاقة الذرية تقدم إرشادات عقلانية ومنظمة بشأن الأخذ بالقوى النووية، وذلك من خلال نهج "المعالم البارزة" المرحلية.

كما إن الخطوة الانتقالية من مرحلة البلد "المستجد" إلى مرحلة البلد المشغِل تتطلب من الوقت ما قد يستغرق عقدين من التخطيط والترخيص والتشييد، قبل أن تنتج المحطة الكهرباء. ومنذ ثلاثين سنة مضت، لم يكن البلد الذي يبني محطته الأولى للقوى النووية يحظى بشبكة الدعم الدولي والثنائي التي يمكن أن يلتمس لديها المستجدون المساعدة اليوم. وتتوافر معرفة متخصصة تُتاح عن طريق التعاون على الصعيدين الدولي والثنائي من أجل مساعدة المستجدين على إنشاء البنى الأساسية بجوانبها القانونية والرقابية والبشرية اللازمة. وإضافة إلى ذلك، فإن المستجدين يستفيدون من الدراية العملية المكتسبة طيلة ثلاثة عقود من استعراضات الأقران للأمان النووي، ومن الخبرة الخاصة بتطوير الموارد البشرية ونظم الإدارة، وتخطيط الطاقة، ودراسات الجدوى العملية، واختيار الموقع، وتقييم التكنولوجيا، ومعالجة المخاطر المالية، والتصرف في النفايات.

وتوضح السيدة ستارز قائلة بأنه "ليس هناك طرق مختصرة" و "إن على المستجدين أن يتعلموا أكثر مما كان يتقنه أسلافهم منذ ٣٠ سنة خلت؛ ومع ذلك فإننا نجد أنهم إذ ينطلقون في التعلم من البداية ذاتها فإن كثيرا من الدروس المتعلمة قد جرى تلقنها بالاكتساب، وأنه يمكن اجتناب الأخطاء الباهظة التكلفة. فهم ليسوا وحدهم في مجازفة القيام بهذا المشروع الكبير، كما كان يمكن أن يكون حالهم منذ سنين مضت حينما كانت بلدان رائدة تمهّد الطريق في مضمار هذه التكنولوجيا".

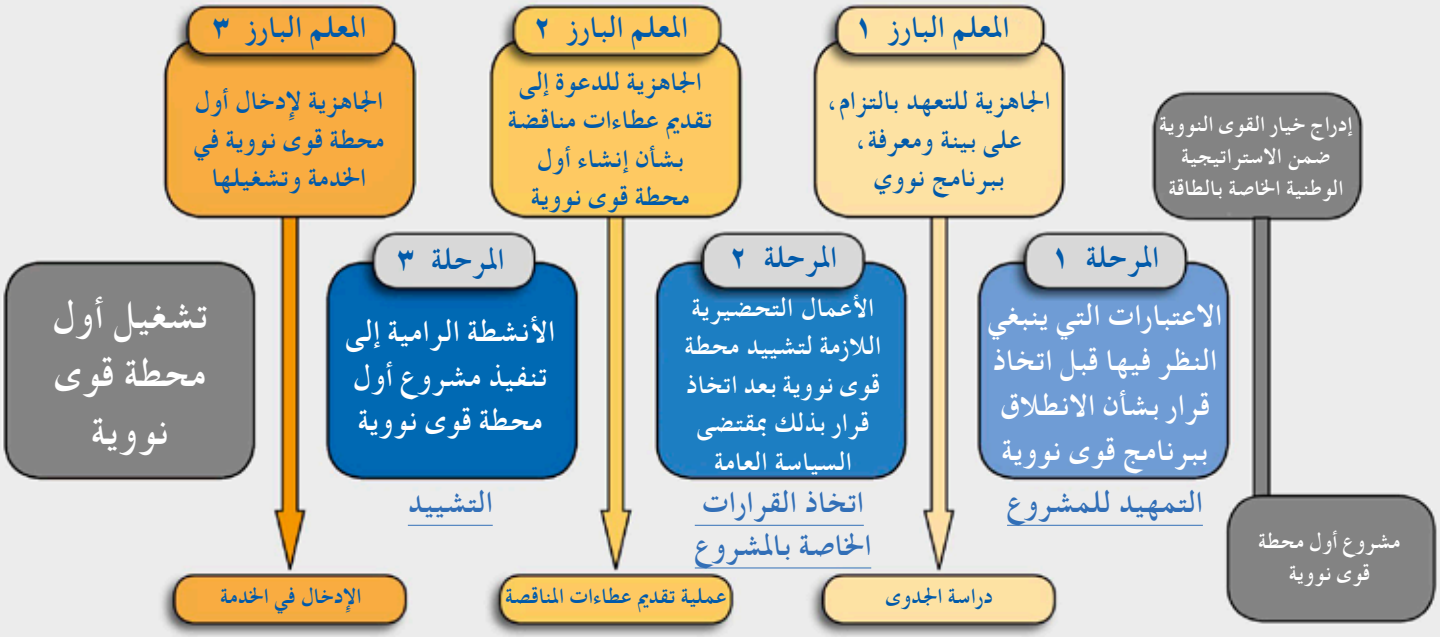
وإن الدول الأعضاء في الوكالة، التي تنشط في سبيل استحداث برنامج قوى نووية، وكذلك البلدان التي تنظر في اتخاذ قرار في هذا الشأن، تتشارك في مواجهة عدة تحديات رئيسية. فهي تحتاج إلى إيجاد طريقة لترسيخ الدعم اللازم لمشروع من شأنه أن يقدم عائدا على الاستثمار بعد عدة سنوات من اتخاذ القرار بمباشرة مسار القوى النووية. وتقول السيدة ستارز "إن من الأرجح أن يكون بمستطاع بلد ما أن يوطد السياسة العامة بشأن الأخذ بالقوى النووية، إذا كانت جميع الجهات الفاعلة الحكومية الرئيسية وأصحاب المصلحة الرئيسيين متوافقين جميعا معا في التزامهم بإنجاز هذا المشروع الباهر. وهذا هو واحد من الأغراض الرئيسية لإشراك أصحاب المصلحة على نحو منهجي".

وبالنسبة إلى كثير من البلدان النامية، يمكن أن يصبح الاستثمار الرأسمالي الكبير نسبيا اللازم لتمويل تشييد المفاعل النووي واحدة من العقبات الكبرى في هذا الصدد. ومن ثم فإن الوكالة الدولية للطاقة الذرية تدعم البلدان في استبانة الوسائل الكفيلة بمعالجة المخاطر المالية.

وهناك مسألة أخرى تنشأ في سياق التخطيط وهي الحاجة إلى قوى عاملة نووية تتمتع بالخبرة، والتي يُحتمل أن لا تكون موجودة عند اتخاذ القرار بالأخذ بالقوى النووية. وتوضح السيدة ستارز بأن تنمية الموارد البشرية هي مشكلة من قبيل معضلة "الدجاجة والبيضة": "كيف يمكن البلد أن يدّرب أشخاصا على تشغيل محطة القوى النووية بأمان، في حال عدم وجود محطة قوى نووية؟ وبالأمارة نفسها، تحتاج البلدان إلى أن تكون على معرفة بكيفية استخدام الأشخاص المتمرسين بالخبرة، إذا لم تكن بعد محطة القوى النووية في طور التشغيل". والجواب على ذلك يكمن في التخطيط لتكوين قوة عاملة وتنمية الموارد البشرية اللازمة، وهما مجالان تقدّم الوكالة الدعم فيهما أيضا.

وثمة تحد آخر، وهو التصرف في النفايات، يحتاج إلى تبيانه بوضوح من خلال التوعية البعيدة المدى في الوصول إلى أصحاب المصلحة والجمهور العام. وتوضح السيدة ستارز بقولها "إن التخطيط بشأن التصرف في النفايات هو أشبه باتخاذ قرار بخصوص كيفية وتوقيت هبوط الطائرة قبل أن تُقلع تلك الطائرة". كذلك فإن الأمان النووي هو مجال آخر في غاية الأهمية يخضع للتمحيص عن كثب من قِبل أصحاب المصلحة والجمهور العام. فقد حدث عقب حادث فوكوشيما

برنامج تطوير البنى التحتية النووية



دايتشي النووي أن "اهتزت ثقة الجمهور بالقوى النووية. ومع ذلك فإننا نرى في تلك البلدان التي تواصل بنشاط المسار في استخدام برنامج للقوى النووية، وكذلك في بعض البلدان التي لديها برامج قوى نووية وطيدة، أن عاطفة الجمهور العام ليّنة العريكة إذ تحولت إلى موقف عاطفي مؤيد".

ومنذ وقوع حادث فوكوشيما دايتشي النووي في آذار/مارس ٢٠١١، بدأت إحدى الدول الأعضاء في الوكالة إنشاء محطتها الأولى للقوى النووية. وكان هذا تطورا جديرا بالانتباه لأنها كانت المرة الأولى خلال ٢٧ سنة أن باشر بلد مستجد في هذا المضمار تشييد محطته النووية الأولى. وأصدر بلدان آخران طلب كل منهما للحصول على محطته الأولى للقوى النووية، وقررت ستة بلدان أخرى إدخال القوى النووية، وهي تعمل بنشاط على إعداد البنى التحتية المتعلقة بذلك.

وإن كل البلدان التي تعمل على ادخال القوى النووية من شأنها أن تعمد إلى اتخاذ قرارات هامة الشأن بخصوص البنى التحتية اللازمة خلال العقود الزمنية المقبلة. وتستدعي تلك العملية الخاصة باتخاذ القرارات أمورا أكثر بكثير من الاعتبارات التقنية، ومنها مثلا اختيار تكنولوجيا خاصة بالمفاعلات، أو اختيار الموقع، أو بناء القدرات. وتنوه السيدة ستارز بأن "الوكالة الدولية للطاقة الذرية تقدم إرشادات عقلانية ومنظمة بشأن الأخذ بالقوى النووية، وذلك من خلال نهج "المعالم البارزة" المرحلية، الذي يزود الدول الأعضاء بمنهجية يمكنها اتباعها لتحديد معالم التقدم أثناء مراحل التخطيط ولإثبات التزامها بالأمان النووي والسيطرة على المواد النووية. وهي تشدد على الحاجة إلى بناء توافق في الآراء بشأن قرار من شأنه أن يؤثر في أجيال كثيرة".

وقد أعيد النظر على نحو مستفيض في الإرشادات التي تقدمها الوكالة، وذلك بعد حادث فوكوشيما دايتشي النووي. وفي حين يظل نهج المعالم البارزة صالحا، فسوف ينصّب قدر أكبر من التشديد على دور الجهة المالكة–المشغلة التي تقع على عاتقها المسؤولية الرئيسية عن الأمان.

وهناك اهتمام متنام لدى الدول الأعضاء في الوكالة بالدعم الذي تقدمه الوكالة في استعراض البنى التحتية الخاصة بالقوى النووية بأسلوب منهجي ومتكامل. وقد طلب المشغلون الراسخون والمستجدون على حد سواء إجراء استعراضات أقران شاملة دولية تنظمها الوكالة لتقدير التقدم المحرز في الأخذ بالقوى النووية، أو في توسيع نطاق برنامج قائم. وتستخلص السيدة ستارز بقولها "إن الوكالة، بهذه الإرشادات بشأن المعالم البارزة، قد حدّدت مقياسا أعلى بخصوص البلدان التي تود أن تثبت إحراز تقدم في هذا الصدد؛ ونتيجة لذلك فإننا نرى أن هذه الإرشادات تثني على قيمتها البلدان المستجدة والبلدان المشغلة الراسخة، لأنها تكفل وجود برنامج للقوى النووية أكثر أمانا وأكثر استدامة".

حلول للتصرف في النفايات

قامت فنلندا ببناء منظومة كبيرة من الأنفاق الجوفية المحفور في الصخر الصلب، مصممة لكي تدوم ١٠٠ ٠٠٠ سنة على الأقل. وسوف يكون موضع المستودع النهائي في أولكيلوتو، على مسافة ٣٠٠ كم تقريبا شمال غربي هلسنكي. (الصورة من: بوسيفا، فنلندا)

بغية التخلص على نحو مأمون وآمن من النفايات المشعة العالية مستوى النشاط الإشعاعي الطويلة العمر، لا بد من تخزين هذه المواد لفترة من الزمن تُعد طويلة جدا مقارنة بخبرتنا الزمنية اليومية. ومن الضروري تصميم مرافق التخلص الجوفية وإنشاؤها في ظروف جيولوجية ملائمة يمكن التثبت بثقة من احتوائها للنفايات الخطرة وعزلها عن بيئتنا لمئات الآلاف من السنين.

وعلى مدى تلك الفترة من الزمن، التي يجب أثناءها ضمان أمان نظام مستودعات النفايات المنشأة تحت سطح الأرض، يضمحل النشاط الإشعاعي في النفايات هبوطا إلى مستوى لا يمكن أن يشكل خطرا على الناس أو على البيئة. وكما أن السجل الآثاري يمكن أن يساعد على تصور تلك الفترة الطويلة من الزمن. ذلك أن المناخات تتغير، والمحيطات تنبجس وتتلاشى، والأنواع الأحيائية تتطور خلال مئة واحدة من الألفيات. وتشهد الصخور على كل هذه التغيرات. وقد عمد الجيولوجيون في سياق بحثهم عن مستودعات آمنة للتخلص الطويل الأمد من النفايات المشعة العالية مستوى النشاط الإشعاعي إلى تحديد التكوينات الصخرية التي ثبت استقرارها الراسخ طيلة ملايين من السنين. ومن المتوقع أن تظل هذه التكوينات الجيولوجية مستقرة لملايين السنين، ويمكن أن تصلح لاستخدامها تكوينات تُؤوي مستودعات النفايات.

وتشمل النفايات التي تنطوي على أعلى نسبة من المحتويات المشعة الوقود النووي المستهلك، عندما يُعلن عنه بأنه نفاية، والمنتجات الثانوية من أنشطة إعادة معالجة الوقود. وهذا النوع من النفايات المشعة العالية مستوى النشاط يجب عزلها بعناية عن المحيط الحيوي. وفي الرأي الذي يتوافق عليه الخبراء الدوليون أنه يجب استخدام تكوينات جيولوجية عميقة في باطن الأرض لإيواء المستودعات النهائية الخاصة بالتخلص الآمن من هذه النفايات. وفي الوقت الراهن، يباشر عدد من البلدان الأخذ بطريقة التخلص الجيولوجي من النفايات العالية مستوى النشاط الإشعاعي. وتوجد من قبل مرافق جيولوجية في ألمانيا والولايات المتحدة للتخلص من النفايات المنخفضة مستوى النشاط الإشعاعي والمتوسطة المستوى أيضا.

وهناك مواقع أخرى في كل من السويد وفرنسا وفنلندا، يجري تطويرها لأغراض التخلص من النفايات المشعة العالية مستوى النشاط الإشعاعي والوقود النووي المستهلك؛ ومن المزمع أن تبدأ عمليات وضع النفايات في العشرينات من هذا القرن، وذلك رهنا بالحصول على موافقة الجهات الرقابية.

وفي عدة بلدان، يقوم العلماء باختبار تقنيات التخلص من النفايات وتقصي الظروف الجيولوجية في مختبرات مبنية خصيصا تحت سطح الأرض من أجل التيقن من أن النفايات في

المستودع سوف تظل معزولة عن الناس والبيئة طيلة مدة ١٠٠٠٠ جيل من الأجيال المقبلة. ومن الناحية النمطية، يقيّم خبراء الأمان أمان المستودعات على مدى فترة قد تبلغ مليون سنة، أو قد تتجاوز ذلك في بعض الحالات.

وقد أثبتت الأبحاث التي أنجزت في هذه المختبرات الجوفية صلاحية التخلص من النفايات في الملح (ألمانيا) والصخور المتبلورة (كندا واليابان وسويسرا والسويد)، والصلصال اللّدن (بلجيكا)، والحجر الصلصالي (فرنسا وسويسرا). وتخطط روسيا لإنشاء مختبر أبحاث تحت سطح الأرض في منطقة كراسنويارسك في سيبيريا الوسطى، وذلك بدءا من عام ٢٠١٥. كما تخطط الصين لإنشاء مختبر أبحاث تحت سطح الأرض، من المزمع أن يكون في طور التشغيل قبل عام ٢٠٢٠.

عاملة في نفق جوفي في فورسمارك، وهي قرية على الساحل الشرقي في أبلاند في السويد.
(الصورة من: SKB السويد)

وفي بلجيكا، يوجد مرفق الأبحاث الجوفي للموقع التجريبي للتخلص من النفايات العالية مستوى النشاط، واسمه المختصر بالإنكليزية (HADES)، وهو يقع في بيئة من التكوينات الصلصالية على عمق يربو على ٢٢٠ مترا تحت سطح الأرض. وهو يُعد مرفق الأبحاث الرئيسي في بلجيكا للقيام بالأبحاث التجريبية بشأن التخلص الجيولوجي العميق من النفايات المشعة.

وتضطلع الجمهورية التشيكية بأبحاث بشأن خيارات المستودعات الجيولوجية، التي من شأنها أن تؤدي إلى وضع النفايات العالية مستوى النشاط الإشعاعي في كتلة صخرية صوّانية، أو في بيئة مماثلة؛ وهو مفهوم تصميمي يمكن مقارنته بتصاميم السويد وفنلندا.

وفي فنلندا، بدأ العلماء منذ السبعينات أبحاثا بشأن مستودع نهائي للنفايات. وفي كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٢، قدمت "بوسيفا"، الشركة الفنلندية التي تتولى مهمة تحديد موقع لمستودع للوقود المستهلك وتنفيذ إنشائه، طلب رخصة لبناء المستودع في منطقة أولكيلووتو، التي تقع على مسافة ٣٠٠ كم تقريبا شمال غربي هلسنكي. ومن المقرر أن تُباشر في عام ٢٠٢٠ عمليات وضع النفايات في المستودع، شريطة منح الرخصة من قِبل الجهة الرقابية.

وفي مختبر جوفي يقع خارج منطقة بور في شمال شرقي فرنسا، تضطلع الوكالة الفرنسية للتصرف في النفايات المشعة (آندرا) باختبار قدرة الصخور على احتواء وعزل النفايات المشعة العالية مستوى النشاط طيلة عدة مئات أو عدة آلاف من السنين.

وفي اليابان، يقوم مشروع ميزونامي لمختبر الأبحاث الجوفي بأعمال التقصي والتحليل والتقييم الخاصة بالبيئة الجيولوجية العميقة، وتطوير التكنولوجيات الهندسية المراد تطبيقها بخصوص موقع عميق تحت سطح الأرض. ويقوم مختبر ثان، يقع في منطقة هورونوبه، على جزيرة هوكّايدو، بدراسات بشأن البيئة الجيولوجية العميقة في الصخور الترسبية.

وفي السويد، اختارت الشركة السويدية للتصرف في الوقود والنفايات النووية (SKB) موقعا لمرفق للتخلص من النفايات بالقرب من منطقة فورسمارك على الساحل الشرقي من مقاطعة أبلاند، وقدمت طلبا للحصول على رخصة لبناء مستودع الوقود المستهلك، وذلك في آذار/مارس ٢٠١١؛ ويجري النظر في الطلب حاليا من جانب الجهة الرقابية.

في الرأي الذي يتوافق عليه الخبراء الدوليون أنه استخدام تكوينات جيولوجية عميقة في باطن الأرض لإيواء المستودعات النهائية الخاصة بالتخلص الآمن من هذه النفايات.

وأما سويسرا فلديها اثنان من مختبرات الأبحاث تحت سطح الأرض – واحد في منطقة الألب السويسرية، حيث يوجد موقع غريمزل للاختبارات، والثاني هو مرفق أبحاث يقع في مونت تيري – يوفران بيئتين لاختبارات واقعية للظروف الجيولوجية والمعدات والخيارات المتاحة للتخلص من النفايات المشعة العالية مستوى النشاط الإشعاعي.

بناء ثقة الجمهور العام في القوى النووية

من المسلم به أن إشراك أصحاب المصلحة في أي برنامج للقوى النووية هي عملية حاسمة الأهمية لنجاح ذلك البرنامج. وأما الإخفاق في المشاركة الفعّالة في العمل مع أصحاب المصلحة، ومنهم مثلا مقررو السياسات العامة وصانعو القرارات، ووسائط الإعلام، وأعضاء المجتمعات المحلية والجمهور العام، فيمكن أن يؤدي إلى عواقب سلبية، كما تقول بريندا باغانوني، الاختصاصية في مجال إشراك أصحاب المصلحة، التي تعمل في قسم هندسة القوى النووية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وأما اهتزاز ثقة الجمهور فقد يؤدي إلى حالات تأخر؛ وحالات تكبّد الجهة المشغلة للمحطة النووية، وكذلك البلد كله، تكاليف باهظة، وكما تنطوي على مصاعب جمة يواجهها السكان الذين هم في حاجة إلى الطاقة.

الغرض من إشراك أصحاب المصلحة هو مساعدة الناس على فهم الأساس المنطقي الذي تستند إليه قرارات السلطات المختصة.

وقد أخذت تزداد الطلبات المقدمة من الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، التي تلتمس فيها من الوكالة المساعدة في جهودها الرامية إلى إشراك أصحاب المصلحة في هذا المضمار. وتستجيب الوكالة إلى هذه الطلبات من خلال تنظيم الدورات التدريبية ووضع المبادئ التوجيهية من أجل التشارك في الخبرات والتجارب، ومن خلال استعراض استراتيجيات الاتصال الوطنية. وفي جميع هذه الأنشطة، تشجع الوكالة بقوة الدول الأعضاء على إشراك أصحاب المصلحة في جميع مراحل دورة عمر برنامج القوى النووية. ومع أن لكل بلد جماعات محددة خاصة به من أصحاب المصلحة من ذوي الاحتياجات والشواغل الفريدة، فإن هنالك بعض المبادئ التي تُطبق على نطاق واسع في هذا الصدد.

وقد بينت بوضوح السيدة باغانوني ضرورة "الانفتاح والشفافية، والتفهم لأن الغرض من إشراك أصحاب المصلحة لا يعني دائما كسب القبول التام من جانب الجمهور العام؛ بل إن الهدف الذي يرمي إليه ذلك هو مساعدة الناس على فهم الأساس المنطقي الذي تستند إليه قرارات السلطات المختصة".

وتدعو الوكالة علاوة على ذلك إلى أن تباشر البلدان الحوار مع أصحاب المصلحة حالما يكون برنامج ما للقوى النووية قيد النظر، وذلك لتبيان تطبيق المحاسبة على المسؤولية وبناء الثقة، وكذلك بغية الوصول إلى الأجيال الشابة.

وقد أدت في بعض الأحيان الطبيعة المعقدة التي تتسم بها التكنولوجيا النووية إلى جعل الخبراء يقللون من تقدير أهمية التواصل. وتوضح السيدة باغانوني بقولها "إننا كثيرا ما سمعنا الخبراء يقولون: "نحن نعلم ما هو الأفضل لكم. ونحن نعلم أنها مأمونة. ثقوا بنا؛ وأما اليوم فإن وسائط الإعلام حاضرة دائما في كل مكان، والمعلومات باتت متاحة بيسر وسهولة، وأصبحت المصداقية لا تستند إلى الكفاءة وحدها، بل كذلك إلى المقدرة على توضيح الأسباب التي دعت إلى اتخاذ قرار ما".

غير أن التشارك في المعلومات المعقدة بأسلوب يمكن أن يفهمه الجمهور العام ليس سوى جزء من مسار هذه العملية. ذلك أنه يجب على أوساط الصناعة النووية والسلطات المختصة أن تستمع إلى دواعي قلق أصحاب المصلحة. وتقول أيضا السيدة باغانوني "إن الإصغاء لهم والتعاطف مع دواعي قلقهم أمران مهمان. ثم بعد ذلك يتعين عليكم أن تعنوا، حيثما كان ممكنا، بمعالجة تلك الدواعي المقلقة".

وينبغي لجميع المؤسسات المشاركة أن تبلّغ بوضوح عن دورها في برنامج القوى النووية، وكذلك دور أصحاب المصلحة في هذه العملية. وتذكر السيدة باغانوني "أن من المهم جدا توضيح توقعات أصحاب المصلحة مباشرة، وذلك لكي يعلموا ما هو نوع التأثير الذي قد يمارسونه على البرنامج".

وبغية مباشرة العملية، لا بد من تحديد هوية أصحاب المصلحة، بما في ذلك الجماعات التي لديها دواعي قلق حرجة تجاه القوى النووية. وتضيف السيدة باغانوني بقولها "إن المشاركة مع أصحاب المصلحة تعني الانفتاح أيضا على الجانب الآخر، أي على التحدي. وإنكم بقبولكم ذلك التحدي يمكنكم أن تسعوا إلى احترام آراء الآخرين".

تدريب القوة العاملة النووية المأمولة غداً

ابدأوا بالأطفال. هذه هي الرسالة التوجيهية التي يريد أن ينقلها برايان مولوي، أحد خبراء الموارد البشرية في قسم هندسة القوى النووية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، إلى أي بلد ينظر في مسألة استهلال أو توسيع برنامج للقوى النووية. وذلك لأن الأنشطة المعنية بالرياضيات والعلوم، ضمن إطار المناهج الدراسية المقررة أو خارج إطارها، في المدارس الثانوية، وحتى الابتدائية منها، ذات أهمية حاسمة للجهود التي سوف تبذل في المستقبل لاختيار وتوظيف العاملين في محطات القوة النووية؛ ويقول: "عليكم أن تحفزوا اهتمام الأطفال بالعلوم والفيزياء والهندسة. ومع أن من الضروري أن يكون التعليم قوياً بما يكفي لتعليمهم، فلابد أيضاً من أن يحوز على اهتمامهم".

وإن تعيين المهندسين من ذوي الكفاءة العالية الذين يحتاج إليهم تشغيل محطات القوى النووية يُعتبر تحدّياً آخذا في الازدياد، حتى بالنسبة إلى برامج القوى النووية الجارية حالياً، وذلك بسبب ما يحدث من ظهور موجة من حالات التقاعد يرافقها في آن معاً ازدياد في الطلب العالمي عليهم. ولكن المهندسين على الرغم من أهميتهم الأساسية، فهم عنصر واحد فحسب من العناصر التي يتكون منها ملاك الموظفين في أي محطة للقوى النووية. والواقع أن معظم المستخدمين في محطات القوى النووية ليسوا من خريجي الجامعات بل إنهم فئات من ذوي المهارات من التقنيين والكهربائيين والعمال المتخصصين في اللحام الكهربائي والتركيب والتجميع والإصلاح، وغيرهم من الأشخاص من صنائع مشابهة. ويحاجج السيد مولوي بأن هذا الجزء من القوة العاملة يحتاج إلى مزيد من التركيز، فيقول "إن الأمر يتعلق بإقامة توازن بين التركيز على الاختصاصيين الجامعيين والمهنيين من ذوي المهارات"، ويضيف بقوله إن البلدان التي تنظر تنفيذ برامج قوى نووية كثيراً ما تنحو في البدء إلى التركيز على نحو لا موجب له على المهندسين النوويين.

وإن التخطيط لتهيئة القوة العاملة النووية المرتقبة للمستقبل يبدأ في فترة قد تبلغ ١٠ سنين قبل لزوم توظيف الأشخاص المدربين. وذلك لأن التعليم والتدريب يبدآن من سنّة مبكّره من المرحلة المدرسية، عندما يكون المنهاج الدراسي المقرّر مشتملا منذ حينذاك على أساس راسخ في العلوم والرياضيات. ويقول السيد مولوي أيضا "إن بناء مستوى معرفي في المجتمع من خلال نظام التعليم ومن خلال التوعية البعيدة المدى، يحتاج إلى عدة سنوات من تدريس العلوم والرياضيات وكذلك إلى التدريب. وأما المكونات الرئيسية الأخرى في إدارة الموارد البشرية في ميدان القوى النووية فتشمل التثقيف المتواصل والتخطيط لتعاقب الموظفين وذلك لضمان التحسّب لتبدّل الموظفين ولكي يتسنى تبديل الموظفين المهرة في مسار تعاقب يجري بسلاسة. وتقدم الوكالة الدولية للطاقة الذرية إلى الدول الأعضاء فيها خدمات دعم واسعة النطاق في تنوعها في مجال إدارة الموارد البشرية من خلال تنظيم حلقات عمل وعقد اجتماعات تقنية وإجراء عمليات التقييم وإسداء المشورة المهنية في هذا المجال.

تقدم الوكالة للدول الأعضاء فيها خدمات دعم واسعة النطاق في مجال إدارة الموارد البشرية، من خلال تنظيم حلقات عمل وعقد اجتماعات تقنية وإسداء المشورة المهنية. (الصورة من: الوكالة)

وتقدم مبادئ توجيهية في هذا الخصوص في منشورات صادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومنها مثلاً: المعالم البارزة لتطوير بنية أساسية وطنية للقوى النووية، وإدارة الموارد البشرية في ميدان القوى النووية، وتخطيط القوى العاملة لأغراض برامج القوى النووية الجديدة. كما إن الاستعراضات المتكاملة للبنية الأساسية النووية، التي تضطلع بها الوكالة، تسلّط الأضواء على قضية تنمية الموارد البشرية باعتبارها واحدة من القضايا التسع عشرة الخاصة بالبنية الأساسية. ولدى الوكالة فريق عامل تقني معني بإدارة الموارد البشرية في ميدان الطاقة النووية يتولى إسداء المشورة وتقديم الدعم في كل مجالات إدارة الموارد البشرية. ووضعت الوكالة أيضاً منهاجاً دراسياً أساسياً للهندسة النووية يمكن أن تطبقّه الجامعات.

ومن خلال اعتماد خطة عمل الوكالة بشأن الأمان النووي، أكدّت الدول الأعضاء في الوكالة أهمية إدارة الموارد البشرية. ويدعو واحد من الإجراءات الإثنى عشر الواردة في خطة العمل البلدان التي لديها برامج قوى نووية عاملة أو في طور التخطيط إلى تعزيز برامج بناء القدرات من أجل "مواصلة ضمان توافر الموارد البشرية الكافية والكفؤة الضرورية للنهوض بمسؤولياتها بشأن استخدام التكنولوجيات النووية على نحو آمن ومسؤول ومستدام". وتدعو خطة العمل أيضاً أمانة الوكالة إلى تقديم المساعدة حسبما تطلبه الدول الأعضاء.

ومع أن هذه المساعدة يشتدّ الطلب عليها في البلدان المستجدّة في هذا الميدان، فإن إدارة الموارد البشرية، وفقاً لما ذكره السيد مولوي، تتّسم بالقدر نفسه من الأهمية أيضاً في البلدان التي تشغّل من قبلُ محطات قوى نووية. وقد سلط الضوء أيضا على نهج مفيد في المثال الخاص بطلب حكومة فنلندا بأن تستعرض المرافق الكهربائية العامة القدرة النووية الوطنية كشرط لإصدار التصريح بشأن أيّ توسيع في هذا الصدد. وكما يقول السيد مولوي "إن تلك المؤسسات تنظر إلى ما إذا كان لديها الموارد البشرية الكافية لبناء وتشغيل المحطات على المدى الطويل. وهذا نموذج جيد جداً".

الأمان النووي من خلال التعاون الدولي

كان الحادث النووي الذي وقع في فوكوشيما داييتشي أسوأ حادث يقع في مرفق نووي منذ حادث تشيرنوبيل في عام ١٩٨٦. فقد تسبب في إشاعة حالة من القلق العميق لدى الجمهور العام، وأضرّ بالثقة في القوى النووية. وعقب ذلك الحادث، بات من اللازم جداً على الصعيد العالمي تعزيز معايير الأمان النووي والاستجابة إلى حالات الطوارئ. والوكالة الدولية للطاقة الذرية تقود المسار في استحداث نهج عالمي في هذا الصدد، كما أن خطة عمل الوكالة بشأن الأمان النووي توفّر إطاراً شاملاً، وتؤدي مفعولها باعتبارها قوة دافعة بالغة الأهمية لاستبانة الدروس المستفادة ولتنفيذ الإجراءات اللازمة لتحسين الأمان.

ويُعنى بقضية تعزيز الأمان النووي من خلال عدد من التدابير المقترحة في خطة العمل التي تتضمّن ١٢ إجراءا رئيسياً تركّز على عمليات تقييم الأمان على ضوء ذلك الحادث. وقد أُحرز تقدم جدير بالتنويه في تقييم مواطن الضعف في محطات القوى النووية، وتعزيز الخدمات التي تقدمها الوكالة بخصوص استعراضات الأقران، وإدخال تحسينات على قدرات الاستعداد للطوارئ والاستجابة السريعة في التصدي لها، وتعزيز بناء القدرات والحفاظ عليها، وكذلك توسيع نطاق التواصل والتشارك في المعلومات مع الدول الأعضاء والمنظمات الدولية والجمهور العام، وتعزيزهما. وأحرز تقدم أيضاً في إعادة النظر في معايير الأمان التي وضعتها الوكالة، والتي لاتزال تُطبّق على نطاق واسع من جانب الجهات الرقابية والقائمين بتشغيل المحطات وأوساط الصناعة النووية عموماً، مع ازدياد الانتباه إلى مسألة منع وقوع الحوادث والتركيز عليها، وخصوصاً الحوادث العنيفة، وكذلك إلى الاستعداد للطوارئ والتصدي لها.

تعزيز إطار الأمان النووي العالمي

يتبدى في معايير الأمان الصادرة عن الوكالة توافق في الآراء على الصعيد الدولي حول ما يشكّل مستوى عالياً من الأمان من أجل حماية الناس والبيئة من الإشعاعات المؤيّنة. وبغية تقديم المساعدة إلى الدول الأعضاء في تنفيذ هذه المعايير وإتاحة الإمكانية للتشارك في الخبرات والأفكار المتبصِّرة، توفر الوكالة طائفة متنوعة من الخدمات الاستشارية وتوفد بعثات استعراض الأقران بشأن مسائل التصميم واختيار المواقع والهندسة والتشغيل والإشعاعات وأمان النقل، وكذلك الحماية من الإشعاعات والتصرف المأمون في النفايات المشعة.

وتمثل معايير الوكالة بشأن الأمان مجموعة من الإرشادات التوجيهية والمتطلبات والمعايير المتوائمة والمقبولة دولياً. وبغية مواصلة تحسين هذه المعايير، فإننا نعنى بجميع التعقيبات المقدمة من الدول الأعضاء بشأن تنفيذها، ثم ندمج هذه المعلومات فيما يصدر لاحقاً من الصيغ المنقّحة للمعايير؛ وهذا يساعد على كفالة استمرار تلبيتها لاحتياجات الدول الأعضاء. والعملية الإجرائية المتّبعة في استعراض وتنقيح معايير الوكالة بشأن الأمان، في أعقاب حادث فوكوشيما داييتشي النووي لا تختلف في جوهرها عما كان متبعاً من قبل. وهذا إنما هو إيضاح عملي آخر للجهود المتواصلة سعياً إلى بلوغ مستويات من الأمان أعلى من أيما وقت مضى.

ومنذ حادث فوكوشيما داييتشي النووي، جرى تحسين تصاميم كثير من محطات القوى النووية القائمة، وكذلك تصاميم محطات قوى نووية جديدة. وهذا يشمل اتخاذ تدابير إضافية من أجل التخفيف من وطأة العواقب الناتجة عن سلسلة من الحوادث المتتالية المعقدة التي تشتمل على إخفاقات وحوادث عنيفة متعددة. وقد دعم تجهيز محطات قوى نووية قائمة بنظم ومعدات تكميلية تتميز بقدرات جديدة، مما يساعد على درء الحوادث العنيفة والتخفيف من حدة عواقبها. وتم توفير إرشادات توجيهية في جميع محطات القوى النووية القائمة بشأن التخفيف من حدة عواقب الحوادث العنيفة، حيث إن كل جماعات المالكين البائعين، والتي هي جماعات ذات مصلحة، تشمل البائعين والمالكين لذلك التصميم من المفاعلات الخاص ببائع معين، وضعوا مبادئ توجيهية بشأن التصدي للحوادث العنيفة (SAMGs) ذات طابع عام، لكي تُستخدم كأساس لوضع صيغة من هذه المبادئ التوجيهية خاصة بمحطة قوى نووية معيّنة. وإن الوكالة تشجع بقوة على وضع المبادئ التوجيهية الخاصة بكل محطة قوى نووية بعينها، وذلك من خلال بعثات الاستعراضات التي يقوم بها الأقران، التي توفدها وكالتنا. وقد أصبحت تصاميم محطات القوى النووية الجديدة تتضمن الآن النظر بعين الاعتبار في سيناريوهات الحوادث العنيفة واستراتيجيات التصدي لها.

إن المعايير والأدلة والمدونات ضرورية جداً لتشغيل المرافق النووية؛ ولكنها ليست كافية. ذلك أنه لابد من أن يكون تنفيذها مصحوباً باستعراضات يقوم بها أقران من الخبراء. ومن ثم فإن تعزيز إطار الأمان النووي العالمي وتوسيع نطاقه إنما يعتمد على الالتزام القوي وعلى التعاون التام والمشاركة التعاونية والانخراط الكامل من جانب أوساط المجتمع النووي بكليته بغية دعم العمل المتواصل الذي تضطلع به الوكالة الدولية للطاقة الذرية من أجل أجيال المستقبل.

دنيس فلوري، نائب المدير العام، مدير إدارة الأمان والأمن النوويين.

تحقيق الاستدامة النووية من خلال الابتكار

في عام ٢٠٠٠، أقرت الدول الأعضاء في الوكالة بضرورة التآزر والتنسيق في أنشطة البحث والتطوير من أجل دفع مسار الابتكار الذي من شأنه أن يكفل إتاحة الإمكانية لكي تساعد الطاقة النووية على تلبية الاحتياجات إلى الطاقة على نحو مستدام في القرن الحادي والعشرين. واتباعاً لقرار صادر عن المؤتمر العام للوكالة، تم إنشاء "مجموعة مفكرين" ومحفل للتحاور دوليين. والهيئة التي تشكلت نتيجة لذلك، وهي المشروع الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود النووي الابتكارية (مشروع إنبرو)، تساعد حائزي التكنولوجيا النووية ومستعمليها على التنسيق على الصعيدين الوطني والدولي في مجال الدراسات والأبحاث والأنشطة الأخرى اللازمة لإنجاز ابتكارات في ميدان تصميم المفاعلات ودورات الوقود النووية. ويشارك حالياً في هذا المشروع ٣٨ بلداً بالإضافة إلى المفوضية الأوروبية. وتضم هذه المجموعة اقتصادات نامية ومتقدمة النمو على حد سواء، تمثل ما نسبته أكثر من ٧٥٪ من سكان العالم و٨٥٪ من الناتج المحلي الإجمالي.

ويضطلع مشروع إنبرو بمشاريع تعاونية فيما بين الدول الأعضاء في الوكالة، تُعنى بتحليل السيناريوهات الخاصة بالتنمية وبدراسة كيف يمكن أن تساعد الطاقة النووية في دعم أهداف الأمم المتحدة الخاصة بالتنمية المستدامة في القرن الحادي والعشرين. ويمكن أن تطبق الدول الأعضاء في الوكالة نتائج هذه المشاريع على استراتيجياتها الوطنية بشأن الطاقة النووية، كما يمكن أن تؤدي إلى تعاون دولي تنتج عنه ابتكارات نافعة في مجال تكنولوجيا الطاقة النووية ونشرها. وعلى سبيل المثال، فإن مشروع إنبرو يعنى بدراسة 'المرحلة الختامية' من دورة الوقود النووي، بما في ذلك إعادة دورة استخدام الوقود المستهلك، من أجل زيادة كفاءة استخدام الموارد والتقليل من أعباء التخلص من النفايات.

كما إن مخططي الطاقة النووية على الصعيد الوطني وخبراء مشروع إنبرو التابع للوكالة يعملون معاً على إجراء تقييمات لنظم الطاقة النووية (NSEAs) على الصعيد الوطني، مما يساعد أولئك المخططين على اتخاذ قرارات متبصّرة بخصوص استدامة خططهم الاستراتيجية لنشر الطاقة النووية. ويؤدى هذا العمل التقييمي باتباع منهجية مشروع إنبرو، وهي أداة استحدثت من خلال تعاون واسع جداً مع خبراء من الدول الأعضاء، من أجل تقدير ما إذا كانت استراتيجية ما بشأن نظم الطاقة النووية، بما في ذلك الخيارات التكنولوجية المعنية، تلبي الاحتياجات إلى الطاقة على نحو مستدام في السنين المقبلة. وتوضع في الحسبان عدة مجالات رئيسية في هذا الخصوص، ومنها مثلاً اقتصاديات الطاقة التنافسية؛ والبنى الأساسية القانونية والمؤسسية والصناعية الوطنية؛ ووطأة التأثير على البيئة؛ ومقاومة الانتشار؛ والحماية المادية؛ وخصائص الأمان المتأصلة في المفاعلات ودورات الوقود النووي.

ويعنى أيضاً مشروع إنبرو بدراسة الابتكارات الحالية في تكنولوجيا المفاعلات. وعلى سبيل المثال، أُعدت دراسات حالات وحللت بغية اكتساب فهم أفضل بشأن أداء خصائص الأمان الخاملة في مفاعل الماء الثقيل المضغوط المتقدم في الهند ومفاعل القوى المتقدم (APR+) في جمهورية كوريا. وقد قام أعضاء من مشروع إنبرو على نحو مشترك باستقصاء التحديات التكنولوجية الخاصة بتبريد قلوب المفاعلات التي تعمل عند درجات حرارة عالية في المفاعلات السريعة المتقدمة ومفاعلات درجات الحرارة العالية والنظم المدفوعة بالمعجلات التي تستخدم مبردات بالفلزات السائلة والأملاح المصهورة. وتطرقت دراسة في إطار مشروع إنبرو أيضاً إلى المسائل القانونية والمؤسسية ذات الصلة بإدخال محطات القوى النووية القابلة للنقل في هذا المضمار. وترمي النتائج المتوخاة من دراسات مشروع إنبرو إلى مساعدة المعنيين بتطوير التكنولوجيا على الاطلاع عن كثب على التكنولوجيات الابتكارية التي يمكن أن تؤدي إلى تبسيط مسار استحداث ونشر الجيل التالي من محطات القوى النووية والمسائل ذات الصلة بذلك التي لا بد من معالجتها.

ومنذ حادث فوكوشيما دايتشي النووي، بات يوجه مزيد من الانتباه إلى إيجاد السبل الكفيلة بمنع وقوع الحوادث العنيفة وبالتخفيف من حدة عواقبها، بما في ذلك مسألة إطلاق المواد المشعة إلى البيئة. وسوف تعنى دراسة جديدة في إطار مشروع إنبرو بتمحيص متطلبات الأمان وما يتصل بها من الابتكارات التقنية والمؤسسية التي يمكن أن تمنع حالات إطلاق المواد المشعة التي تقتضي نقل الناس أو إجلاءهم من جوار محطة القوى النووية في حالة وقوع حوادث نووية.

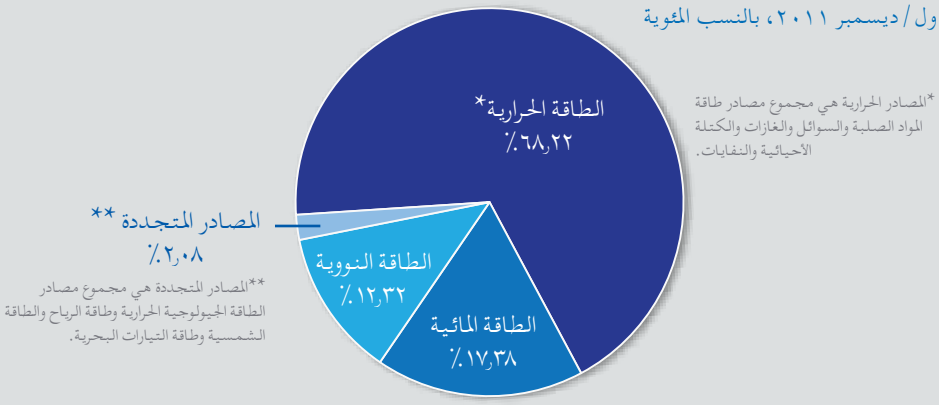
وإن مجموعة مشروع إنبرو والمحفل الدولي المعني بالجيل الرابع من المفاعلات (GIF) هما المجموعتان التعاونيتان الدوليتان المتعددتا الأطراف الوحيدتان اللتان تدعمان أنشطة البحث والتطوير بخصوص الجيل الرابع من المفاعلات النووية. ويقوم المحفل الدولي بالتنسيق بين أنشطة البحث بشأن ستة نظم طاقة نووية من الجيل التالي، والمفاعلات السريعة المبردة بالصوديوم، والمفاعلات السريعة المبردة بالرصاص، والمفاعلات السريعة المبردة بالغاز والمفاعلات المبردة بالملح المصهور، والمفاعلات فوق الحرجة المبردة بالماء، والمفاعلات الفائقة الحرارة. ويتعاون خبراء مشروع إنبرو والمحفل الدولي معاً ويتبادلون المعلومات عن المشاريع التي تحظى باهتمام مشترك. ويعرض المحفل الدولي بانتظام وضعية التطوير التقني الخاصة بكل المفاعلات التي هي قيد التطوير داخل بلدان الدول الأعضاء المشاركة في المحفل. ويتعاون مشروع إنبرو والمحفل الدولي بصفة رئيسية في مجالات الأمان ومقاومة الانتشار واقتصاديات المفاعلات النووية الابتكارية.

وفي عام ٢٠١٠، أنشأ مشروع إنبرو محفل التحاور الدولي بشأن استدامة الطاقة النووية. ومنذ ذلك الحين، أخذت تدعى كل الدول الأعضاء في الوكالة وجماعات أصحاب المصلحة المؤهلين إلى المشاركة في تبادل آراء تقني واسع النطاق عن المواضيع ذات الاهتمام المشترك المتعلقة بالاستدامة النووية.

إحصاءات رئيسية

مساهمة كل نوع من الوقود في توليد الكهرباء

حتى كانون الأول/ديسمبر ٢٠١١، بالنسب المئوية



*المصادر الحرارية هي مجموع مصادر طاقة المواد الصلبة والسوائل والغازات والكتلة الأحيائية والنفايات.

**المصادر المتجددة هي مجموع مصادر الطاقة الجيولوجية الحرارية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية وطاقة التيارات البحرية.

المصدر: الوكالة

مجموع عدد المفاعلات على الصعيد العالمي، في آذار/مارس ٢٠١٣

البلد	قيد التشغيل	صافي اجمالي القدرة الكهربائية (ميغاواط)	قيد التشييد
الأرجنتين	٢	٩٣٥	١
أرمينيا	١	٣٧٥	
إسبانيا	٨	٧٥٦٠	
ألمانيا	٩	١٢٠٦٨	
الإمارات العربية المتحدة			١
أوكرانيا	١٥	١٣١٠٧	٢
إيران (جمهورية–الإسلامية)	١	٩١٥	
باكستان	٣	٧٢٥	٢
البرازيل	٢	١٨٨٤	١
بلجيكا	٧	٥٩٢٧	
بلغاريا	٢	١٩٠٦	
الجمهورية التشيكية	٦	٣٨٠٤	
جمهورية كوريا	٢٣	٢٠٧٣٩	٤
جنوب أفريقيا	٢	١٨٦٠	
روسيا	٣٣	٢٣٦٤٣	١١
رومانيا	٢	١٣٠٠	
سلوفاكيا	٤	١٨١٦	٢
سلوفينيا	١	٦٨٨	
السويد	١٠	٩٣٩٥	
سويسرا	٥	٣٢٧٨	
الصين	١٨	١٣٨٦٠	٢٨
فرنسا	٥٨	٦٣١٣٠	١
فنلندا	٤	٢٧٥٢	١
كندا	١٩	١٣٥٠٠	
المكسيك	٢	١٥٣٠	
المملكة المتحدة	١٦	٩٢٣١	
الهند	٢٠	٤٣٩١	٧
هنغاريا	٤	١٨٨٩	
هولندا	١	٤٨٢	
الولايات المتحدة الأمريكية	١٠٣	١٠٠٦٨٠	٣
اليابان	٥٠	٤٤٢١٥	٢
المجموع	**٤٣٧**	**٣٧٢٦١٣**	**٦٨**
	يشمل المجموع ٦، مفاعلات في تايون، الصين		يشمل المجموع مفاعلين في تايون، الصين

المصدر: الوكالة

المساهمون

يوكيا أمانو
ألكسندر بيتشكوف
إليانور كودي
إليزابيث دايك
أيهان إيفرينزل
دنيس فلوري
ساسا غوريسك
ساشا هنريك
لوليا إليوت
بيتر كايزر
ليزيت كيليان
برونا ليكوسويس
سوزان لويوف
بريان مولوي
ألان مكدونالد
روث مورغات
ريتشارد مورفي
برينداباغانوتي
بيتر ريكوود
آن ستارز
فيرنيس توث
غريغ ويب

ISSN 1819-1800 13-07966

INTERNATIONAL MINISTERIAL CONFERENCE

Nuclear Power in the 21st Century

ST. PETERSBURG • 27 – 29 JUNE 2013

Organized by the

IAEA
International Atomic Energy Agency

Hosted by the Government of the Russian Federation

through the
State Atomic Energy Corporation
"Rosatom"

ROSATOM

In cooperation with the OECD/Nuclear Energy Agency

OECD
BETTER POLICIES FOR BETTER LIVES

NEA

CN–206