IAEA
تسخير الذرة من أجل السلام

مجلس المحافظين
المؤتمـــــر العـــام

GOV/INF/2010/12-GC(54)/INF/5
٧ أيلول/سبتمبر ٢٠١٠

توزيع عام
عربي
الأصل: انكليزي

نسخة مخصصة للاستخدام الرسمي

البند الفرعي ٦(أ) من جدول الأعمال المؤقت للمجلس
(الوثيقة GOV/2010/38)
البند ١٦ من جدول أعمال المؤتمر
(الوثيقة GC(54)/1)

حالة القوى النووية وآفاقها على الصعيد الدولي

تقرير من المدير العام

موجز

طلب المؤتمر العام في قراريه GC(50)/RES/13، وGC(51)/RES/14 أن تقدّم الأمانة، كل سنتين، "تقريراً شاملاً منفصلاً عن الحالة الدولية للقوى النووية وآفاقها، بدءاً من عام ٢٠٠٨" ويتضمّن هذا التقرير ما استجد من معلومات وتطورات منذ عام ٢٠٠٨، وهو لا يعيد سرد المعلومات التي تضمّنها تقرير عام ٢٠٠٨ التي لم تتغير.

حالة القوى النووية وآفاقها على الصعيد الدولي

تقرير من المدير العام

ألف- التطورات التي طرأت منذ عام ٢٠٠٨

١- شهدت السنتان الماضيتان مفارقات فيما يتعلق بالقوى النووية. ففي عامي ٢٠٠٨ و٢٠٠٩ على حد سواء، أعيد النظر في التوقعات المتعلقة بنمو هذه القوى في المستقبل في اتجاه تصاعدي رغم الأزمة المالية العالمية وانخفاض القدرة النووية المنشأة لمدة سنتين. ولم يتم ربط أي مفاعلات جديدة بالشبكة الكهربائية في عام ٢٠٠٨، مما جعلها السنة الأولى منذ عام ١٩٥٥ التي لم تشهد ربط مفاعل جديد واحد على الأقلّ بالشبكة. وفي عام ٢٠٠٩، تم ربط مفاعلين جديدَين بالشبكة. وبدأت مع ذلك أعمال التشييد في عشرة مفاعلات في عام ٢٠٠٨، وهو أكبر عدد منذ عام ١٩٨٧، كما بدأت أعمال التشييد في اثني عشر مفاعلا في عام ٢٠٠٩، فتواصل بذلك الاتجاه التصاعدي المستمر الذي بدأ في عام ٢٠٠٣.

٢- ولم يكن للأزمة الاقتصادية والمالية العالمية التي بدأت في خريف عام ٢٠٠٨ سوى تأثير محدود إجمالا على ما يبدو على خطط تنمية القوى النووية. وجاءت خطط التوسع في الصين وفي أماكن أخرى من آسيا لتعوّض عن الإعلان عن حالات التأخر في بناء مشاريع جديدة في أوروبا وأمريكا الشمالية.

٣- ولم تتحسّن ثقة عامة الجمهور في القوى النووية سوى قليلاً. وصحيح أن ثقة عامة الجمهور تعتمد على السياقات الوطنية ويصعب تجميعها، إلا أن استطلاعات الرأي التي أجريت في بعض البلدان كشفت عن زيادة قبول القوى النووية.

٤- وخلال السنتين الماضيتين استمر الشعور بالقلق إزاء تقدم القوة العاملة في العمر المؤلفة من موظفين متمرّسين، وتم التصدي لذلك بواسطة زيادة عدد الشركات التجارية التي أصبحت منخرطة في الصناعة النووية وفي البرامج التعليمية والتدريبية ذات الصلة في عدة بلدان. وبالإضافة إلى ذلك، تم إطلاق عدد من البرامج التعاونية الثنائية في التعليم والتدريب في مجال القوى النووية.

٥- وقبلت الإمارات العربية المتحدة بمناقصة قدّمها اتحاد شركات تقوده شركة كوريا للقوى الكهربائية لإمدادها بما قدره ١٤٠٠ ميغاواط(كهربائي) من القوى النووية بحلول عام ٢٠٢٠. وقد سجّلت هذه الصفقة أول

مناقصة ناجحة يحصل عليها بلد "وافد جديد" وبروز جمهورية كوريا كمصدّر لتكنولوجيا المفاعلات النووية. ويحتفظ اتحاد الشركات الذي تقوده شركة كوريا للقوى الكهربائية بنصيب من عمليات تشغيل المحطات طيلة جزء كبير من عمر المحطة، الأمر الذي يُعدّ كذلك بمثابة تطوّر، في الوقت الذي أعلنت فيه الإمارات العربية المتحدة عن خطط لزيادة مشاركتها المحلية في برنامجها الوطني للقوى النووية.

٦- وفي نيسان/أبريل ٢٠٠٩، استضافت حكومة الصين مؤتمراً وزاريا دوليا بشأن الطاقة النووية في القرن الحادي والعشرين في بيجين لاستعراض حالة وآفاق القوى النووية، بما في ذلك التقدم المحرز في تطور التكنولوجيا، ولمناقشة الإجراءات اللازمة لمزيد من التوسع في القوى النووية. وأشار البيان الختامي الذي قدّمه رئيس المؤتمر إلى أنه "فيما أعربت الغالبية العظمى من المشاركين عن احترامها لحق كل دولة على حدة في تحديد سياستها الوطنية بشأن الطاقة وفقاً لالتزاماتها الدولية، فقد شدّدت على أن الطاقة النووية، باعتبارها تكنولوجيا أثبتت فعاليتها وتكنولوجيا نظيفة ومأمونة وقادرة على المنافسة، ستُسهم بشكل متزايد في التنمية المستدامة للبشرية على امتداد القرن الحادي والعشرين وما بعده."

٧- وأشار المؤتمر الدولي المعني بالمفاعلات السريعة ودورات الوقود المتصلة بها، الذي عُقد في كيوتو باليابان في عام ٢٠٠٩، إلى أن العديد من البلدان تُدرج مرة أخرى، في جدول أعمال البحوث في الأوساط الأكاديمية والصناعية، تطور التكنولوجيا والبحوث في مجال المفاعلات السريعة ودورة الوقود المرتبطة بها. وتخطط الصين لصنع مفاعل بحوث سريع في عام ٢٠١٠، وأعلنت اليابان استئناف مفاعل مونجو السريع النموذجي الصناعي أعماله في أيار/مايو ٢٠١٠. وقد مضت ١٨ عاما منذ أن انعقد آخر مؤتمر دولي حول هذا الموضوع، واستنادا إلى الأنشطة في الاتحاد الروسي والصين والهند وأماكن أخرى، تم الاتفاق على عقد مثل هذا المؤتمر مرة كل ثلاث سنوات.

٨- وفي مجال التصرف في النفايات، أعلنت الولايات المتحدة الأمريكية في عام ٢٠٠٩ أنها استصدرت طلب ترخيص لمستودع جيولوجي في جبل يوكا، مما يشير بالفعل إلى حدوث تغير في السياسة والعودة إلى التخزين المؤقت.

٩- ولم يتم إحراز سوى تقدّم ضئيل أو لا يذكر على الإطلاق بشأن الإقرار في مؤتمر الأطراف في بروتوكول كيوتو في كوبنهاغن في كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٩ بمساهمة القوى النووية في التخفيف من آثار تغير المناخ.

١٠- وإدراكاً لأهمية التعاون الدولي في المجال الرقابي، تبذل الجهات الرقابية من ذوي الخبرة جهوداً في سبيل تحسين تنسيق المساعدة المقدمة للبلدان التي تشرع في الأخذ بالقوى النووية. وبعد المناقشات التي أجريت في اجتماع الفريق الدولي للأمان النووي وكبار المسؤولين الرقابيين في عام ٢٠١٠، بما في ذلك المناقشات في العامين ٢٠٠٩ و٢٠١٠، استهلت الدول محفلا تعاونيا رقابيا، يضم دولاً لديها برامج قوى نووية قائمة ودولاً تدرس إمكانية الأخذ بالقوى النووية، ويسّرت الوكالة تنظيم ذلك المحفل وروّجت لتحسين التعاون والتنسيق لبناء القدرات الرقابية.

١١- وأحرز تقدّم في الجهود التي بُذلت في سبيل وضع آليات كفيلة بأن تكون البلدان واثقة في إمدادات مأمونة من الوقود. وفي آذار/مارس ٢٠١٠، أبرمت الوكالة اتفاقا مع الاتحاد الروسي لإنشاء احتياطي دولي من اليورانيوم الضعيف الإثراء يمكن إتاحته لأي دولة في حالة حدوث انقطاع لا علاقة له بأي اعتبارات تقنية أو تجارية في إمدادات اليورانيوم الضعيف الإثراء لاستخدامه في محطات القوى النووية.

١٢- وفي آذار/مارس ٢٠١٠، استضافت الحكومة الفرنسية ومنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي المؤتمر الدولي بشأن الحصول على الطاقة النووية المدنية. ويهدف هذا المؤتمر إلى ترويج استخدام القوى النووية استخداما سلمياً ومسؤولاً، ومناقشة كيفية استخدام التعاون الثنائي والمتعدد الأطراف لمساعدة البلدان التي ترغب في خوض تجربة القوى النووية لكي تفي بالتزاماتها الدولية. وخلال المؤتمر، شدّد الرئيس الفرنسي على سبعة مواضيع حاسمة لتحقيق نهضة نووية ناجحة، هي: التمويل، والشفافية، والتعليم والتدريب، والأمان، وعدم الانتشار، والحصول على الوقود النووي، والتصرف في الوقود المستهلك وفي النفايات. وفي مجال التعليم والتدريب، أعلن الرئيس إنشاء معهد دولي للطاقة النووية من شأنه أن يضم مدرسة دولية للطاقة النووية.

١٣- وعُقد المؤتمر الدولي حول تنمية الموارد البشرية للأخذ ببرامج القوى النووية والتوسع فيها، وذلك في أبو ظبي، بالإمارات العربية المتحدة، في آذار/مارس ٢٠١٠. وأكّد المؤتمر على أهمية اعتماد نهج متوازن إزاء تنمية الموارد البشرية بحيث يشدد على بناء القدرات والخبرات في جميع مجالات الميدان النووي ذات الصلة بدلاً من التركيز على مجالات مختارة فقط. وتم الإعلان عن مبادرة ترمي إلى إجراء عدد من الدراسات الاستقصائية بشأن الاحتياجات والإمدادات في ميدان الموارد البشرية في كل جانب من جوانب القوى النووية، وإلى صوغ أدوات لتخطيط القوى العاملة تستفيد منها البلدان التي تدرس إمكانية وضع برامج قوى نووية جديدة. ومن الجوانب الأخرى التي نوقشت، كيفية الإبقاء على العاملين في المجال النووي وكيفية استقطاب شباب عامل ونساء لهذا المجال.

١٤- وفي حزيران/يونيه ٢٠١٠، تغيّرت تسمية "الشراكة العالمية في مجال الطاقة النووية" لتصبح "الإطار الدولي للتعاون في مجال الطاقة النووية" واعتمدت بيان مهام جديد. وكان الهدف من التغيرات توفير إطار أوسع، ومشاركة دولية أكثف واتباع أسلوب أنجع في استكشاف قضايا هامة تتصل بالتوسع في الطاقة النووية.

باء- الحالة الراهنة للقوى النووية

باء-١- استخدام الطاقة النووية

١٥- في الوقت الحالي، تولّد الطاقة النووية أقل بقليل من ١٤% من الإمدادات الكهربائية في العالم، و٥,٧% من إجمالي الطاقة الأولية المستخدمة على الصعيد العالمي.

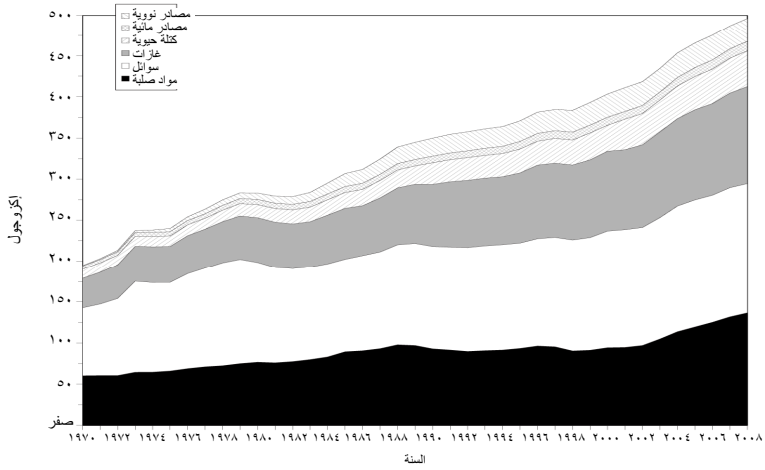
١٦- وتتزايد الإمدادات العالمية من الطاقة كما تتزايد كمية الطاقة التي يستخدمها الفرد الواحد. وقد شهدت الاحتياجات الإجمالية للطاقة على صعيد العالم ارتفاعاً بمعدل ضعفين ونصف، ما بين عامي ١٩٧٠ و٢٠٠٨، إذ ارتفعت من ٤,٦٤ بليون طن من المكافئ النفطي إلى ١١,٩ بلايين طن من المكافئ النفطي (من ١٩٥ إلى ٤٩٩ إكزوجول)[١].

---

١ إكزوجول واحد=١٠-١٨ جول أو ٢,٧٨ ×١٠ ٥ غيغاواط في الساعة (ثوريوم) أو ٣١,٧ غيغاواط في السنة.

١٧- ويُبرز الشكل باء-١ مساهمة مصادر الطاقة المختلفة في تنويع مصادر الطاقة على الصعيد العالمي طوال هذه الفترة. وقد ارتفعت حصة القطاع النووي من أقل بقليل من ٠,٥% في عام ١٩٧٠ إلى أكثر من ٧% في التسعينات، ثم انخفضت إلى ٥,٧% بحلول عام ٢٠٠٨.

١٨- وهناك حالياً ٢٩ بلداً تشغِّل ٤٤١ محطة، بقدرة إجمالية تبلغ ٣٧٥ غيغاواط(كهربائي). ويجري العمل على تشييد ٦٠ وحدة إضافية (حتى ٢٦ آب/أغسطس ٢٠١٠)، بقدرة إجمالية تبلغ ٥٨,٦ غيغاواط(كهربائي). وخلال عام ٢٠٠٩، أنتجت القوى النووية ٢٥٥٨ بليون كيلوواط/ساعة من الكهرباء. ولدى القطاع الصناعي اليوم أكثر من ١٤ ٠٠٠ مفاعل-سنة خبرة.



الشكل باء-١ - حصة مصادر الطاقة في الإنتاج العالمي الإجمالي للطاقة، ١٩٧٠-٢٠٠٨.

الجدول باء- ١ استخدام مختلف أنواع الوقود (بالإكزوجول) والنسبة المئوية لمساهمة (%) هذه الأنواع في توليد الكهرباء خلال عام ٢٠٠٨.

المنطقة	المصادر الحرارية (أ)		المصادر المائية		المصادر النووية		المصادر المتجددة (ب)		المجموع	
	معدل الاستخدام (إكزوجول)	%	معدل الاستخدام (إكزوجول)	%	معدل الاستخدام (إكزوجول)	%	معدل الاستخدام (إكزوجول)	%	معدل الاستخدام (إكزوجول)	%
أمريكا الشمالية	٢٥,١٣	٦٦,١٥	٢,٣٢	١٣,٧٢	٩,٧٦	١٩,٠٤	٠,٧٦	١,٠٩	٣٧,٩٨	١٠٠
أمريكا اللاتينية	٥,١٤	٣٩,١٥	٢,٥٦	٥٧,٥٤	٠,٣٢	٢,٣٨	٠,٣٩	٠,٩٣	٨,٤١	١٠٠
أوروبا الغربية	١٦,٠٦	٥٢,٤٥	١,٨٩	١٧,٠٦	٨,٩٧	٢٦,٦٨	٠,٧٢	٣,٨١	٢٧,٦٤	١٠٠
أوروبا الشرقية	١٨,١٨	٦٤,٥٩	١,١٢	١٧,٠٤	٣,٦٤	١٨,٣٠	٠,٠٣	٠,٠٧	٢٢,٩٦	١٠٠
أفريقيا	٥,٧٣	٨٠,٥١	٠,٣٧	١٦,٩٥	٠,١٤	٢,١١	٠,٠٥	٠,٤٣	٦,٢٩	١٠٠
الشرق الأوسط وجنوب آسيا	١٩,٠٩	٨٧,٥٤	٠,٦٢	١١,٤٧	٠,١٦	٠,٩٩	٠	٠,٠٠	١٩,٨٧	١٠٠
شرق آسيا والمحيط الهادئ	٦,٧٨	٨٨,٩٢	٠,٢٥	٩,٢٩			٠,٣٩	١,٧٩	٧,٤١	١٠٠
الشرق الأقصى	٤٣,٤٦	٧٤,٢٧	٢,٦٥	١٥,٢٣	٥,٣٥	١٠,١٥	٠,٤٩	٠,٣٥	٥١,٩٥	١٠٠
المجموع العالمي	١٣٩,٥٧	٦٧,١٥	١١,٧٧	١٧,٦٦	٢٨,٣٤	١٤,٠٣	٢,٨٣	١,١٦	١٨٢,٥١	١٠٠

(أ) العمود المعنون 'المصادر الحرارية' يمثل مجموع المواد الصلبة والسائلة والغازية والكتل الحيوية والنفايات.

(ب) العمود المعنون 'المصادر المتجددة' يشمل الطاقة الجيولوجية الحرارية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية وطاقة التيارات البحرية.

١٩- وتتفاوت مساهمة الطاقة النووية في إجمالي كميات الكهرباء المولّدة بحسب المنطقة (الجدولان باء-١ وباء-٢). ففي أوروبا الغربية، تمثّل الطاقة الكهربائية المولّدة نووياً حوالى ٢٧% من إجمالي الكهرباء المولّدة. وفي أمريكا الشمالية وأوروبا الشرقية، تمثل حوالى ١٨%، فيما لا تمثل سوى ٢,١% في أفريقيا و٢,٤% في أمريكا اللاتينية. وفي الشرق الأوسط، تمثّل الطاقة النووية ١٠% من توليد الكهرباء، كما أنها تمثّل ١%[٢] في الشرق الأوسط وجنوب آسيا. وخلال السنتين الماضيتين، انخفضت مساهمة توليد الطاقة النووية في إنتاج الكهرباء في العالم من ١٥% إلى أقل من ١٤%، ويُعزى ذلك أساسا إلى ارتفاع إجمالي توليد الكهرباء في العالم دون زيادة توليد الطاقة النووية.

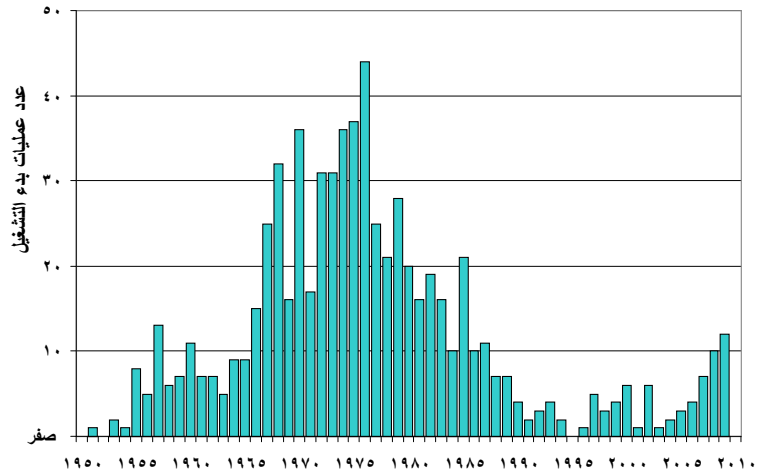
٢٠- وقد ارتفع عدد المفاعلات قيد التشييد من٣٣ مفاعلا بطاقة إجمالية تبلغ ١٩٣ ٢٧ ميغاواط (كهربائي) في نهاية عام ٢٠٠٧ إلى ٦٠ مفاعلا بطاقة إجمالية تبلغ ٥٨٤ ٥٨ ميغاواط (كهربائي) في ٢٦ آب/أغسطس ٢٠١٠. ويشهد العديد من البلدان التي لديها برامج قوى نووية قائمة زيادة كبيرة في الاستثمار في محطات القوى النووية المقبلة. ومن أصل هذه المحطات الـ٦٠، كان يجري تشييد إحدى عشرة محطة قبل عام ١٩٩٠، ومن بين هذه المحطات الإحدى عشرة، يُتوقع إدخال ثلاث محطات منها فقط في الخدمة في السنوات الثلاث المقبلة. وثمة عدد قليل من المفاعلات التي كان يجري تشييدها منذ عشرين عاماً والتي تشهد في الوقت الحالي قليلاً من التقدم والنشاط. وفي عام ٢٠٠٨، بدأت أعمال التشييد في ١٠ مفاعلات و١٢ مفاعلا في عام ٢٠٠٩ (انظر الشكل باء-٢)، فتواصل بذلك الاتجاه التصاعدي المستمر الذي بدأ في عام ٢٠٠٣. وجميع عمليات بدء التشييد البالغ عددها ٢٢ عملية التي بدأت في عامي ٢٠٠٨ و٢٠٠٩ كانت في مفاعلات الماء المضغوط في ثلاثة بلدان، هي: الاتحاد الروسي وجمهورية كوريا والصين.

---

٢ لا توجد محطات قوى نووية في منطقة جنوب شرق آسيا والمحيط الهادئ، لذا فإن القطاع النووي لا يمثل أي كهرباء مولّدة في المنطقة المذكورة.

الجدول باء- ٢ مفاعلات القوى النووية في العالم (٢٦ آب/أغسطس ٢٠١٠)

المنطقة	قيد التشغيل		قيد التشييد		الكهرباء المولّدة بواسطة المحطات النووية في عام ٢٠٠٩
	عدد المفاعلات	القدرة الصافية ميغاواط(كهربائي)	عدد المفاعلات	القدرة الصافية ميغاواط(كهربائي)	(تيراواط في الساعة)
أمريكا الشمالية	١٢٢	١١٣٣١٦	١	١١٦٥	٨٨٢
أمريكا اللاتينية	٦	٤١١٩	٢	١٩٣٧	٣٠
أوروبا الغربية	١٢٩	١٢٢٩٥٦	٢	٣٢٠٠	٧٩٦
أوروبا الوسطى والشرقية	٦٧	٤٧٣٧٦	١٧	١٣٧٤١	٣١٠
أفريقيـا	٢	١٨٠٠			١٣
الشرق الأوسط وجنوب آسيا	٢١	٤٦١٤	٦	٣٧٢١	١٧
الشرق الأقصى	٩٤	٨٠٥١٦	٣٢	٣٤٨٢٠	٥١٠
العالم	٤٤١	٣٧٤٦٩٧	٦٠	٥٨٥٨٤	٢٥٥٨



الشكل باء-٢- عمليات بدء تشييد محطات القوى النووية بحسب السنة. المصدر، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ٢٠١٠

باء-٢- تكنولوجيا المفاعلات المتوافرة

٢١- من أصل المفاعلات التجارية قيد التشغيل، نجد أن ٨٢% تقريباً هي مفاعلات مهدّأة[٣] ومبرّدة بالماء الخفيف؛ و١٠% هي مفاعلات مهدأة بالماء الثقيل ومبرّدة بالماء الثقيل؛ و٤% مفاعلات مبرّدة بالغاز؛ و٣% مفاعلات مبرّدة بالماء ومهدّأة بالغرافيت. وهناك مفاعل مهدّأ ومبرّد بالمعدن السائل. ويرد في الجدول باء-٣ عدد محطات القوى النووية العاملة حالياً وأنواعها وصافي ما تولده من قوى كهربائية. وفي عام ٢٠١٠، بلغ متوسط قدرة المفاعلات العاملة ٨٥٠ ميغاواط (كهربائي).

---

٣ بعض مفاعلات الماء الخفيف مهدّأة بالغرافيت.

الجدول باء- ٣ التوزيع الحالي لأنواع المفاعلات[٤]

البلد	PWR		BWR		GCR		PHWR		LWGR		FBR		المجموع	
	العدد	ميغاواط (كهربائي)	العدد	ميغاواط (كهربائي)	العدد	ميغاواط (كهربائي)	العدد	ميغاواط (كهربائي)	العدد	ميغاواط (كهربائي)	العدد	ميغاواط (كهربائي)	العدد	ميغاواط (كهربائي)
الأرجنتين							٢	٩٣٥					٢	٩٣٥
أرمينيا	١	٣٧٥											١	٣٧٥
أسبانيا	٦	٦٠٠٦	٢	١٥١٠									٨	٧٥١٦
ألمانيا	١١	١٤٠٣٣	٦	٦٤٥٧									١٧	٢٠٤٩٠
أوكرانيا	١٥	١٣١٠٧											١٥	١٣١٠٧
باكستان	١	٣٠٠					١	١٢٥					٢	٤٢٥
البرازيل	٢	١٨٨٤											٢	١٨٨٤
بلجيكا	٧	٥٩٣٤											٧	٥٩٣٤
بلغاريا	٢	١٩٠٦											٢	١٩٠٦
الجمهورية التشيكية	٦	٣٦٧٨											٦	٣٦٧٨
جمهورية كوريا	١٧	١٥٩٤٣					٤	٢٧٢٢					٢١	١٨٦٦٥
جنوب أفريقيا	٢	١٨٠٠											٢	١٨٠٠
روسيا	١٦	١١٩١٤							١٥	١٠٢١٩	١	٥٦٠	٣٢	٢٢٦٩٣
رومانيا							٢	١٣٠٠					٢	١٣٠٠
سلوفاكيا	٤	١٧٦٢											٤	١٧٦٢
سلوفينيا	١	٦٦٦											١	٦٦٦
السويد	٣	٢٧٩٩	٧	٦٥٠٤									١٠	٩٣٠٣
سويسرا	٣	١٧٠٠	٢	١٥٣٨									٥	٣٢٣٨
الصين	١١	٨٧٤٨					٢	١٣٠٠					١٣	١٠٠٤٨
فرنسا	٥٨	٦٣١٣٠											٥٨	٦٣١٣٠
فنلندا	٢	٩٧٦	٢	١٧٤٥									٤	٢٧٢١
كندا							١٨	١٢٥٦٩					١٨	١٢٥٦٩
المكسيك			٢	١٣٠٠									٢	١٣٠٠
المملكة المتحدة	١	١١٨٨			١٨	٨٩٤٩							١٩	١٠١٣٧
الهند			٢	٣٠٠			١٧	٣٨٨٩					١٩	٤١٨٩
هنغاريا	٤	١٨٨٩											٤	١٨٨٩
هولندا	١	٤٨٧											١	٤٨٧
الولايات المتحدة الأمريكية	٦٩	٦٦٩٤٥	٣٥	٣٣٨٠٢									١٠٤	١٠٠٧٤٧
اليابان	٢٤	١٩٢٨٦	٣٠	٢٧٥٣٧									٥٤	٤٦٨٢٣
المجموع	٢٦٩	٢٤٨٢٩٥	٩٢	٨٣٨٣٤	١٨	٨٩٤٩	٤٦	٢٢٨٤٠	١٥	١٠٢١٩	١	٥٦٠	٤٤١	٣٧٤٦٩٧

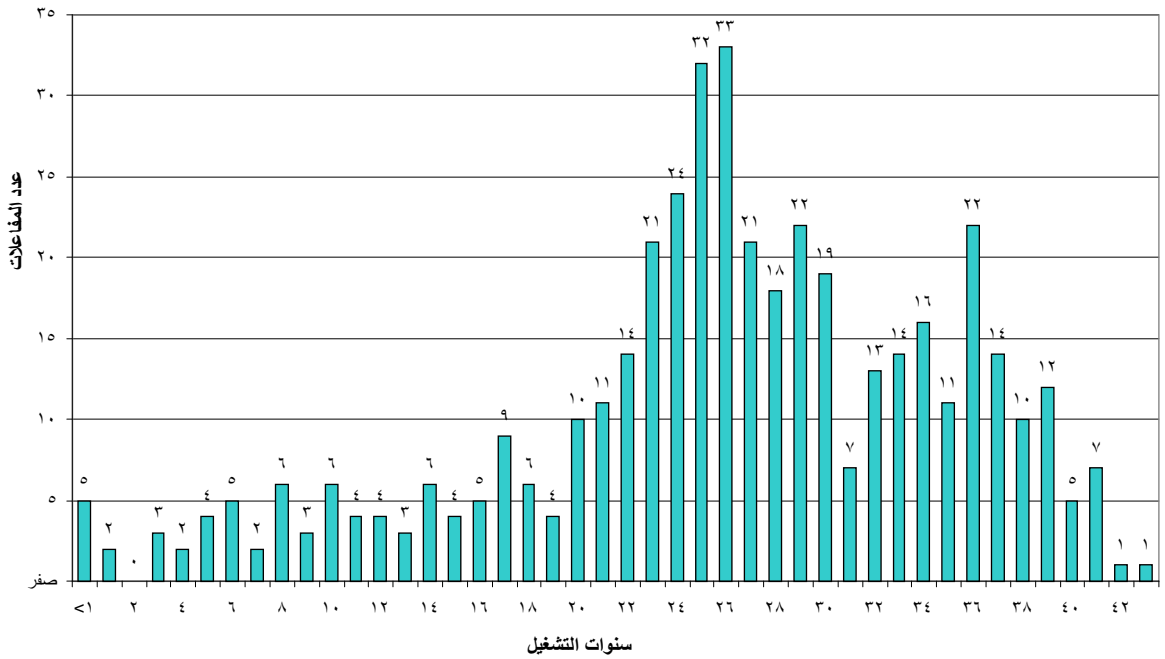
يشمل المجموع ست وحدات، بقدرة إجمالية تبلغ ٤٩٨٠ ميغاواط(كهربائي)، في تايوان، الصين.
PWR: مفاعل ماء مضغوط، BWR: مفاعل ماء مغلي؛ GCR: مفاعل مبرد بالغاز؛ PHWR: مفاعل ماء ثقيل مضغوط؛ LWGR: مفاعل مبرد بالماء الخفيف ومهدأ بالغرافيت؛ FBR: مفاعل سريع التوليد.

باء-٣- الموارد البشرية

٢٢- رغم أن الوكالة ومنظمات دولية أخرى لا تقوم بجمع إحصاءات شاملة، فإنه يقدَّر أن جميع محطات القوى النووية قيد التشغيل في العالم أجمع قد وظّفت خلال عام ٢٠٠٩ أكثر من ٠٠٠ ٢٥٠ شخص. ويبيّن الشكل باء-٣، أن ما يناهز ثلاثة أرباع العدد الإجمالي من المفاعلات التي هي قيد التشغيل اليوم يفوق عمرها ٢٠ سنة، وربع هذا العدد يتجاوز عمره ٣٠ سنة. وقد تقاعد الجيل الذي كان وراء تشييد وتشغيل هذه المحطات عن العمل أو سيتقاعد قريباً. ولدى منظمات عديدة من المنظمات المرخّصة بتشغيل هذه المحطات مشاريع جارية أو يجري النظر فيها لبناء وحدات جديدة، وتفتقر هذه المنظمات إلى موظفين متمرّسين وتعاني من فقدان المعارف وهي تبحث عن إحلال الموظفين المتقاعدين للعمل في أسطولها القائم وإيجاد موظفين في الوقت ذاته للعمل في المشاريع الجديدة.

---

٤ حتى ٢٦ آب/أغسطس ٢٠١٠.



الشكل باء-٣- عدد محطات القوى النووية قيد التشغيل، بحسب عمرها التشغيلي، في العالم حتى ٢٦ آب/أغسطس ٢٠١٠ (يرجى ملاحظة أن عمر المفاعل يحدّد استناداً إلى تاريخ ربطه بالشبكة للمرة الأولى)

٢٣- وتختلف الشواغل إزاء احتمال وجود حالات عجز في عدد الأشخاص المؤهّلين باختلاف البلدان. فبالنسبة للبلدان التي توسّع برامجها للقوى النووية، يتمثل التحدي في تعزيز برامجها التعليمية والتدريبية القائمة للحصول على قوة عاملة مؤهّلة في أسرع وقت تحتاجها فيه. أما البلدان التي تخطط لتزويد جهات أخرى بالتكنولوجيا النووية، فليس عليها فقط أن تلبي احتياجاتها الوطنية من الموارد البشرية، بل يجب عليها أيضا أن تتمكّن من نقل القدرات التعليمية والتدريبية مع التكنولوجيا التي تنقلها. وتبيّن التجارب أن البلدان التي تبدأ باستخدام القوى النووية ستحتاج إلى الاعتماد بصورة كبيرة على الجهة التي تزوّدها بالتكنولوجيا لكي تساعدها على تدريب أشخاص مؤهّلين للتشييد والترخيص وبدء التشغيل. وعلاوة على ذلك، ستكون البلدان المزوِّدة للتكنولوجيا مُطالبة بإتاحة فرص لتطوير القدرات الوطنية والبرامج التدريبية المحلية اللازمة. ويساعد التعاون بين البلدان ذات الخبرة في هذا المجال والبلدان الحديثة العهد به على سد فجوة الخبرات. وقد أقامت فرنسا، مثلا، في السنتين الماضيتين روابط تعاونية في مجال التعليم والتدريب مع الأردن وبولندا.

٢٤- وحدّد *المؤتمر الدولي بشأن تنمية الموارد البشرية للأخذ ببرامج القوى النووية والتوسّع فيها*، الذي عُقد في أبوظبي بالإمارات العربية المتحدة في آذار/مارس ٢٠١٠، الخطوات التي يمكن للحكومات والأوساط الصناعية والمرافق والجامعات أن تتخذها لتعيين القوة العاملة اللازمة للصناعة النووية العالمية والإبقاء على هذه القوة وتحسينها. واعتبر المؤتمر وضع أسس للمقارنة وتقاسم الدروس المستخلصة كوسائل هامة نحو تحقيق تلك الخطوات. وانصب التركيز بوجه خاص على تعيين الجيل القادم من العاملين وكذلك على زيادة مشاركة المرأة في القوة العاملة النووية. ويمكن جعل العمل في المجال النووي أكثر جاذبية بالنسبة لهذه الفئات عن طريق مثلا منح مرونة أكثر في ساعات العمل، وإتاحة فرص للتعاون والإرشاد والتقدير.

٢٥- وللحصول على معطيات ديموغرافية عن القوة العاملة في العالم، أعلِن في مؤتمر أبوظبي أن الوكالة ومنظمات أخرى ستُطلق مبادرة للاضطلاع بالأنشطة التالية على نطاق عالمي: استقصاء الموارد البشرية في محطات القوى النووية القائمة، بما في ذلك استقصاء مشغّلي هذه المحطات ومورّديها؛ واستقصاء الطلب والعرض من الموارد البشرية فيما يتعلق بالهيئات الرقابية النووية؛ واستقصاء المنظمات والبرامج التعليمية التي تدعم القوى النووية؛ ووضع أدوات لتخطيط القوى العاملة لفائدة البلدان التي تدرس إمكانية وضع برامج جديدة للقوى النووية أو التي تستحدث برامج جديدة من هذا النوع؛ ودمج ما سبق ذكره في قاعدة بيانات يسهل الوصول إليها ويمكن استخدامها لتخطيط العرض والطلب من الموارد البشرية على الصعيدين العالمي أو الوطني.

باء-٤- المرحلة الاستهلالية لدورة الوقود

٢٦- خلال السنتين المشمولتين منذ إصدار هذا التقرير لآخر مرة، كانت أبرز أنشطة التوسع في المرحلة الاستهلالية لدورة الوقود هي الأنشطة التي اضطُلِع بها في مجال التنقيب عن اليورانيوم وتعدينه. ويجري تعدين اليورانيوم في الوقت الحاضر في ١٩ بلداً، مع العلم بأن ٨ من هذه البلدان[٥] تستحوذ على ٩٣% من القدرة العالمية. ويتم حالياً توفير ٣٥% من احتياجات اليورانيوم عن طريق إمدادات ثانوية — يورانيوم مخزون أو مواد عسكرية سابقة — ومواد أعيد تدويرها. وبعد حوالي ٢٠ عاما من انخفاض أسعار اليورانيوم، ارتفعت أسعار السوق الفورية ارتفاعاً كبيراً بعد عام ٢٠٠٤، بمعدل بلغ عشرة أضعاف، نتيجة لتزايد الطلب وانخفاض الإمدادات الثانوية. وبعد بلوغ الأسعار الفورية قيمة الذروة في عام ٢٠٠٧، هاهي الآن تبلغ خمسة أضعاف السعر المسجل قبل عام ٢٠٠٤. وتوجد أكبر القدرات التصنيعية للوقود في الاتحاد الروسي وفرنسا والولايات المتحدة الأمريكية واليابان.

باء-٥- التصرّف في النفايات المشعّة والإخراج من الخدمة

٢٧- رغم عدم وجود أي مستودع جيولوجي للنفايات القوية الإشعاع قيد الاستخدام في الوقت الحالي، فقد قطعت السويد وفرنسا وفنلندا شوطاً كبيراً في تطوير مثل هذه المستودعات. وتعمل فنلندا على بناء نفق استكشافي لعمق التخلص إلى جانب وضع خطة للترخيص ببناء مستودع في عام ٢٠١٢ لكي تبدأ عملية التخلص النهائي في عام ٢٠٢٠. وأعلنت الولايات المتحدة الأمريكية مؤخراً استصدار طلب ترخيص لبناء وتشغيل مرفق لخزن النفايات في جبل يوكا، وعيّنت لجنة تُدعى Blue Ribbon Commission on America's Nuclear Future (لجنة الشريط الأزرق المعنية بالمستقبل النووي الأمريكي) لكي تقدّم توصيات من أجل إيجاد حل مأمون وطويل الأمد للتصرف في الوقود النووي الأمريكي المستهلك وفي النفايات النووية الأمريكية بما في ذلك جميع البدائل.

٢٨- ومنذ أواخر عام ٢٠٠٩، تم إغلاق ١٢٣ مفاعلا من مفاعلات القوى. ومن بين هذه المفاعلات، تم تفكيك ١٥ مفاعلا تفكيكا تاماً، وكانت العمليات جارية لتفكيك ٥١ مفاعلاً، وتم وضع ٤٨ مفاعلا في حالة تطويق مأمون، وتم إقبار ٣ مفاعلات، ولم تكن استراتيجيات الإخراج من الخدمة قد حُدّدت بعدُ بالنسبة لستة مفاعلات إضافية.

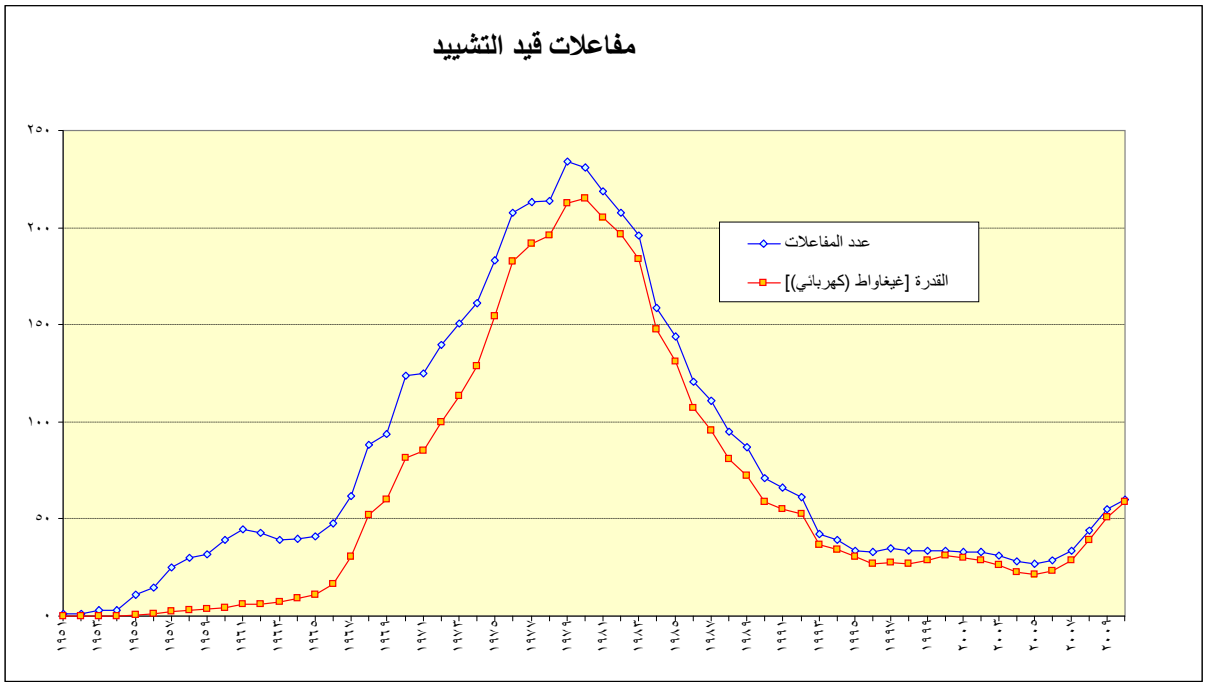
---

٥ الاتحاد الروسي، وأستراليا، وأوزبكستان، وكازخستان، وكندا، وناميبيا، والنيجر والولايات المتحدة الأمريكية.

باء-٦- القدرة الصناعية

٢٩- وصل عدد محطات القوى النووية قيد الإنشاء إلى ذروته في عام ١٩٧٩ حيث بلغ ٢٣٣ مفاعلاً، بالمقارنة بما كان عليه طوال السنوات الخمس عشرة السابقة، أي ما بين ٣٠ و٥٥ مفاعلاً (أنظر الشكل باء-٤). وبلغ عدد المفاعلات قيد التشييد حتى ٢١ تموز/يوليه ٢٠١ ما قدره ٦١ مفاعلا.

٣٠- وهناك بعض الدلائل تشير إلى أن القلق الذي كان سائدا في الماضي إزاء قدرة الصناعة على تلبية الطلب على مكوّنات أساسية (مثل أوعية الضغط والسبائك المشكّلة الرئيسية)، هو قلق بدأ يتبدّد بفضل الاستثمارات في المرافق. ويتم بناء قدرات جديدة في اليابان على يد الشركتين اليابانيتين "Japan Steel Works" و"Japan Casting & Forging Corporation"، وفي الصين على يد المجموعة "Shanghai Electric Group"، وفي جمهورية كوريا (Doosan)، وفي فرنسا (Le Creusot)، وفي الجمهورية التشيكية (Plzeň)، وفي الاتحاد الروسي (OMZ Izhora and ZiO-Podolsk). وقد وضعت الشركة اليابانية "Japan Steel Works"، على سبيل المثال، خططاً لمضاعفة قدرتها بثلاثة أضعاف بحلول عام ٢٠١٢. وأعلنت الصين أنها تملك القدرة على إنتاج المعدات الثقيلة الضرورية لستة مفاعلات ضخمة في السنة، وقالت المجموعة "Shanghai Electric Group" إنها ستملك القدرة على إنتاج سبائك مشكّلة عريضة للمحطة من طراز AP1000 مع نهاية عام ٢٠١٠.



الشكل باء-٤- عدد المفاعلات قيد التشييد في الفترة من ١٩٥١ إلى ٢٠٠٨ (والقدرة الإجمالية للمفاعلات).

جيم- آفاق التطبيقات المستقبلية للطاقة النووية

جيم-١- الآفاق في البلدان التي تستخدم فعلاً القوى النووية

٣١- انخفض عدد البلدان التي لديها محطات قوى نووية قيد التشغيل منذ عام ٢٠٠٨ بسبب إغلاق مفاعل إغنالينا في ليتوانيا. ولكن ليتوانيا تخطط لكي تشيّد، في العقد القادم، محطة جديدة تحل محل المحطة المغلقة، وقد يتم ذلك بالاشتراك مع بلدان البلطيق المجاورة لها.

٣٢- وفي البلدان الـ٢٩ التي لديها محطات قوى نووية قيد التشغيل، تتراوح الحصة التي تولّدها هذه المحطات من الكهرباء الوطنية بين ٧٦% من الكهرباء في فرنسا، و٢% من الكهرباء في الهند والصين. يكمن الفارق بين توقّعي الوكالة المنخفض والمرتفع بشأن القوى النووية، كما ترد مناقشته أدناه، في مجموع القدرات المنشأة في ٢٩ بلداً بدأت فعلاً باستخدام القوى النووية، وفي الزيادة التي يشهدها عدد البلدان التي لديها قوى نووية.

٣٣- ويتضمن الجدول جيم-١ استعراضاً للمعلومات المتاحة عن خطط التوسع لدى البلدان التي لديها محطات قوى نووية قيد التشغيل. ويشمل ذلك ما قدّمته الدول الأعضاء من معلومات إلى المؤتمر العام في دورته لعام ٢٠٠٩ وغير ذلك من المواقف التي أدلت بها علناً.

٣٤- وتم تصنيف كلٍّ من البلدان الـ٢٩ ضمن إحدى مجموعات الجدول جيم-١، الذي يوفّر بالتالي مؤشراً عن النوايا المستقبلية المتوقعة للبلدان الـ٢٩ التي تستخدم فعلاً القوى النووية.

الجدول جيم-١ موقف البلدان التي لديها محطات قوى نووية قيد التشغيل

وصف المجموعة	عدد البلدان
تنوي التخلي تدريجياً عن المحطات النووية عندما تبلغ المحطات القائمة نهاية عمرها التشغيلي أو عند بلوغ خرج قوى تراكمي متفق عليه	٢
تستعرض الاحتياجات من الطاقة وتفكّر في الطاقة النووية كخيار ممكن	٥
تسمح باقتراح محطات جديدة ولكن دون توفير أي محفّزات.	٤
تدعم تشييد محطة/محطات جديدة	٥
لديها محطة/محطات قيد التشغيل	١٣

جيم-٢- الآفاق في البلدان التي تدرس إمكانية بدء استخدام القوى النووية

٣٥- في السنوات الأخيرة، أعرب العديد من البلدان في كل منطقة من العالم، عن اهتمام جديد أو متجدّد بالقوى النووية. وفي سياق تزايد الطلبات على الطاقة لدعم النمو والتنمية الاقتصاديين، والتصدي لأوجه القلق إزاء تغير المناخ، وتقلب أسعار الوقود الأحفوري، وكذلك تحسين سجلات الأمان والأداء، تعرب ٦٥ بلدا تقريبا عن اهتمامها بدراسة إمكانية بدء استخدام القوى النووية، أو تخطط بالفعل لاستخدامها. ويأتي ذلك بعد قطيعة دامت قرابة ١٥ عاماً، وهي فترة نشأت فيها الأسواق الدولية ونظم الطاقة والشواغل الاستراتيجية. وتعيش البلدان التي بدأت باستخدام القوى النووية ظروفاً تختلف اليوم عن الظروف التي عاشتها في الماضي، وتتصدى لها بأساليب جديدة وابتكارية. ويمكن للبلدان التي تخطط للتوسع في برامجها القائمة للقوى النووية، والتي لم يشيّد البعض منها مفاعلات جديدة لأكثر من عقد من الزمن، أن تتقاسم بعض هذه القضايا مع غيرها.

٣٦- ومما يدل أيضا على تزايد الاهتمام بهذا المجال زيادة عدد مشاريع الوكالة للتعاون التقني المتصلة بالقوى النووية بثلاثة أضعاف. فقد كان هناك ١٣ مشروعاً في دورة ٢٠٠٧-٢٠٠٨، وهناك ٣٥ مشروعاً في الدورة الحالية، ٢٠٠٩-٢٠١١. ومنذ عام ٢٠٠٩، كان هناك ٥٨ بلداً مشاركاً في مشاريع وطنية و/أو إقليمية تتصل بالأخذ بالقوى النووية من خلال برنامج الوكالة للتعاون التقني.

٣٧- ويبيّن الجدول جيم-٢ عدد البلدان في مراحل مختلفة من مراحل دراسة برنامج للقوى النووية أو تطوير برنامج للقوى النووية. وكانت بعض البلدان التي يُطلق عليها أحياناً "الوافدون النوويون الجدد"، مثل بنغلاديش وفييت نام ومصر، تخطط بالفعل منذ مدة للأخذ بالقوى النووية. وثمة بلدان أخرى، مثل بولندا، تُنعش خيار القوى النووية بعد اختصار الخطط مع تغير الحكومات وتغير الرأي العام. وثمة بلدان أخرى مثل الأردن وأوروغواي ومنغوليا تدرس للمرة الأولى إمكانية الأخذ بالقوى النووية. والعامل المشترك بين هذه البلدان هو أنها تدرس جميعها إمكانية وضع برامج للقوى النووية أو تخطط لذلك أو تبدأ في تنفيذها، وأنها لم تربط محطة أولى للقوى النووية بالشبكة.

٣٨- وصرّحت جمهورية إيران الإسلامية بخطط لاستكمال أعمال إدخال محطتها الأولى للقوى النووية في الخدمة قريباً.

٣٩- ومن أصل ٦٥ بلداً أبدت اهتمامها ببدء استخدام القوى النووية، يقع ٢١ بلداً في منطقة آسيا والمحيط الهادئ، و٢١ بلداً في منطقة أفريقيا، و١٢ بلداً في أوروبا (معظمها من أوروبا الشرقية)، و١١ بلداً في أمريكا اللاتينية.

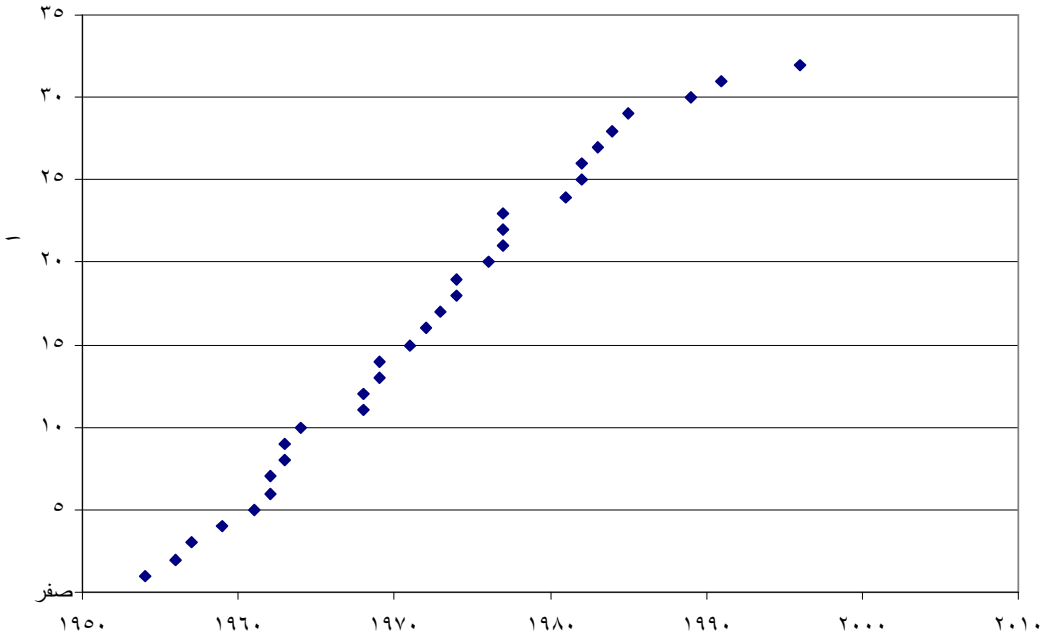
الجدول جيم- ٢ مواقف البلدان التي ليس لديها محطات قوى نووية قيد التشغيل

وصف المجموعة	عدد البلدان
لا تخطط لإنشاء محطات قوى نووية، ولكنها مهتمة بدراسة المسائل المرتبطة ببرنامج خاص بالقوى النووية[٦]	٣١
تدرس إمكانية إقامة برنامج نووي للإيفاء باحتياجاتها المعيّنة من الطاقة، مع إشارة قوية إلى نيتها في المضي قدماً	١٤
تُحضرّ فعلياً لبرنامج قوى نووية محتمل دون اتخاذ قرار نهائي	٧
قررت البدء باستخدام القوى النووية وبدأت إعداد البنية الأساسية الملائمة لذلك	١٠
أعدّت المناقصة الخاصة بتوريد محطة قوى نووية	
طلبت محطة قوى نووية جديدة	٢
بدأت بتشييد محطة قوى نووية جديدة	١

٤٠- وقد كان معدّل انضمام بلدان جديدة إلى قائمة البلدان التي تشغّل محطات للقوى النووية معدلا ثابتا طيلة مطلع الثمانينات (الشكل جيم-١). وكان هناك ثلاثة بلدان فقط من البلدان التي ربطت محطتها الأولى للقوى النووية بالشبكة في حقبة ما بعد تشرنوبيل، وهي رومانيا والصين والمكسيك. ولدى البلدان التي تخطط اليوم لتكون لديها محطتها الأولى للقوى النووية فجوة في الخبرات مدتها ١٥ عاما. ومن بين البلدان التي أعربت عن اهتمامها بأن تكون لديها محطتها النووية الأولى، حددت ٢٥ بلدا تاريخا مستهدفا لتشغيل المحطة للمرة الأولى قبل عام ٢٠٣٠، بما في ذلك ١٤ بلدا حدّدت هذا التاريخ بين عام ٢٠١٥ وعام ٢٠٢٠، وإذا تحقق ذلك فسيفضي إلى تسجيل أكبر عدد من البلدان الجديدة التي تدخل إنتاج الطاقة النووية في فترة قصيرة كهذه.

---

٦ استنادا إلى المشاركة في برنامج التعاون التقني الحالي من خلال مشاريع إقليمية/وطنية للتعاون التقني أو استنادا إلى بيانات أدلِيت أمام المؤتمر العام للوكالة.



الشكل جيم-١ - السنة التي يبدأ فيها بلد جديد تشغيل محطته النووية الأولى.

٤١- يتّسق الجدولان جيم-١ وجيم-٢ إجمالاً مع التوجهات المعبّر عنها في توقعي الوكالة المنخفض والمرتفع الموصوفين أدناه، أي أنه ما زال هناك عدم تيقّن ملموس بشأن التوقعات الخاصة بالقوى النووية، كما أن الازدياد المتوقع في استخدام القوى النووية قد ينتج عن التوسع في البلدان التي لديها نظم قوى نووية قائمة أكثر ممّا قد ينتج عن بلدان تستهل برامج قوى نووية جديدة، وأن حوالي ٢٥ بلداً جديداً قد تكون لديه محطة أولى للقوى النووية قيد التشغيل بحلول عام ٢٠٣٠ وفقاً للتوقع المرتفع، مقابل ١٠ بلدان جديدة فقط وفقاً للتوقع المنخفض.

جيم-٣- الدوافع المحتملة للأخذ بالقوى النووية

٤٢- ذكر تقرير عام ٢٠٠٨ سبعة عوامل محتملة تدفع إلى الأخذ بالقوى النووية. ولا توجد معلومات كثيرة مستجدّة تستحق الذكر سوى في حالتين اثنتين.

جيم-٣-١- أسعار الوقود الأحفوري

٤٣- سيكون توليد القوى التي تعمل بالفحم وبالغاز الطبيعي هي البدائل الأساسية للقوى النووية في الأجلين القريب والمتوسط. وقد كانت أسعار المادتين متقلبة في السنوات الأخيرة. وارتفعت أسعار الفحم بأكثر من الضعف من عام ٢٠٠٣ إلى منتصف عام ٢٠٠٨ في معظم المناطق من العالم، ولكنها عادت وانخفضت بنسبة ٧٠% بين تموز/يوليه وكانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٨. وبدت عليها علامات الانتعاش في الآونة الأخيرة. وبالمثل، شهدت أسعار الغاز، التي ارتفعت بأكثر من الضعف بالتوازي مع أسعار الفحم، انخفاضاً في عام ٢٠٠٩ ولكنها عادت وارتفعت قليلا في الرُبع الثاني من عام ٢٠١٠. وكان ارتفاع أسعار الفحم والغاز في الفترة بين العامين ٢٠٠٣ و٢٠٠٨ سببا في تزايد التوقعات بالنسبة للقوى النووية. وشهدت أسعار اليورانيوم كذلك

بعض التقلب، إذ ارتفعت لتصل حد الذروة في عام ٢٠٠٧ قبل أن تنخفض في عام ٢٠٠٩. ولكن حصة تكاليف اليورانيوم من مجمل تكاليف التوليد هي أصغر من حصة تكاليف الفحم والغاز، لذلك يُحتمل أن يكون لتكاليف الوقود المتقلبة والمتزايدة تأثير في القرارات الاستثمارية بالنسبة للمحطات التي تعمل بالوقود الأحفوري أكبر من تأثيرها في القرارات السياسية بالنسبة للمحطات النووية.

جيم-٣-٢- البيئة

٤٤- كان مؤتمر الأطراف في بروتوكول كيوتو (COP-15)، الذي عُقد في كوبنهاغن في كانون الأول/ديسمبر ٢٠٠٩، تتويجا لعملية تفاوضية دامت سنتين لتعزيز التعاون الدولي في مجال تغير المناخ. ومن المهام الأساسية التي أدّاها المؤتمر إبرام اتفاق بيئي دولي جديد بأهداف طموحة ترمي إلى خفض انبعاثات غازات الدفيئة في الأجل المتوسط، وهو اتفاق سيكون ساريا في عام ٢٠١٢. وقد كانت المفاوضات صعبة وركزت على تحديد أهداف انبعاثات غازات الدفيئة، لا سيما من البلدان غير الموقعة على بروتوكول كيوتو. وعلى عكس الوصمة المنسوبة للقوى النووية في الوقت الحالي في آلية التنمية النظيفة والتنفيذ المشترك، لم يعد هناك في النص الذي أعدّه الفريق العامل المخصص المعني بالعمل التعاوني الطويل الأجل بموجب الاتفاقية، أي إشارة تستبعد القوى النووية من 'إجراءات التخفيف الملائمة وطنيا'. وتعتبر هذه المسألة خطوة إلى الأمام نحو الاعتراف بدور الطاقة النووية كخيار فعال للتخفيف.

جيم-٤- توقعات النمو في القوى النووية

٤٥- يعرض الجدول جيم-٣ أحدث توقعات الوكالة المستوفاة لقدرة التوليد النووية، مصنَّفة حسب مناطق العالم. وفي التوقع المنخفض، تزداد القدرة النووية من ٣٧٢ غيغاواط(كهربائي) في عام ٢٠٠٨ إلى ٥١١ غيغاواط (كهربائي) في عام ٢٠٣٠. أما في التوقع المرتفع، فتزداد إلى ٨٠٧ غيغاواط(كهربائي).

٤٦- ورغم أن عام ٢٠٣٠ يشمل قرابة ٢٥ بلداً جديداً، فإن الزيادة العالمية في التوقع المرتفع تأتي أساساً من زيادات في البلدان الـ٢٩ التي تملك قوى نووية بالفعل. كما يشمل التوقع المنخفض نحو عشرة بلدان جديدة ربما تكون أولى محطاتها للقوى النووية قيد التشغيل بحلول عام ٢٠٣٠.

٤٧- كما تشتمل وثيقة "*آفاق الاقتصاد العالمي*" التي تنشرها وكالة الطاقة النووية على توقعات للقوى النووية يجري استيفاؤها بانتظام. وتتضمن هذه الوثيقة دائماً سيناريو مرجعياً وبدائل، وليس توقعات منخفضة ومرتفعة كتلك التي تضعها الوكالة. وقد ارتفع السيناريو المرجعي التي تضعه وكالة الطاقة النووية ارتفاعاً طفيفاً في الأعوام الأخيرة، أما السيناريو البديل الأحدث الذي وضعته تلك الوكالة، والذي يفترض تدابير إضافية لحصر تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند مستوى ٤٥٠ جزءا للمليون من مكافئ ثاني أكسيد الكربون، فهو يتصوّر أن القوى النووية في عام ٢٠٣٠ ستكون أعلى بنسبة ٥٠% مما يمكن أن تكون عليه في السيناريو المرجعي[٧].

---

٧ الوكالة الدولية للطاقة، *توقعات الطاقة العالمية لعام ٢٠٠٩* ، منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، باريس (٢٠٠٩).

الجدول جيم-٣ تقديرات القدرة النووية على توليد الكهرباء (مقدَّرةً بالغيغاواط(كهربائي))

المنطقة	٢٠٠٨	٢٠١٠		٢٠٢٠		٢٠٣٠	
		منخفضة	عالية	منخفضة	عالية	منخفضة	عالية
أمريكا الشمالية	١١٣,٣	١١٤	١١٥	١٢٦	١٣٠	١٢٧	١٦٨
أمريكا اللاتينية	٤,٠	٤,٠	٤,٠	٦,٩	٨,٠	١٠,٨	٢٣
أوروبا الغربية	١٢٢,٥	١١٩	١٢٢	٩٠	١٣١	٨٢	١٥٨
أوروبا الشرقية	٤٧,٥	٤٧	٤٧	٦٨	٨١	٨٣	١٢١
أفريقيا	١,٨	١,٨	١,٨	٢,٨	٤,١	٦,١	١٧
الشرق الأوسط وجنوب آسيا	٤,٢	٧	١٠	١٣	٢٤	٢٠	٥٦
جنوب شرق آسيا والمحيط الهادئ						٠	٥,٢
الشرق الأقصى	٧٨,٣	٧٩	٨٠	١٣٨	١٦٥	١٨٣	٢٥٩
المجموع العالمي	٣٧١,٦	٣٧٢	٣٨٠	٤٤٥	٥٤٣	٥١١	٨٠٧

٤٨- وتشير توقعات أخرى إلى انتشار واسع جداً في النطاق المحتمل لاستخدام الطاقة النووية مستقبلاً. وتقوم الرابطة العالمية للطاقة النووية بنشر سيناريوهات عالية ومنخفضة ومرجعية للقدرة النووية مرة كل عامين. ويبيّن النطاق الوارد ضمن التوقعات المستوفاة التي قدّمتها الرابطة المذكورة في عام ٢٠٠٩ بالنسبة لعام ٢٠٣٠، من ٢٤٨ غيغاواط(كهربائي) إلى ٨١٥ غيغاواط(كهربائي)، غموضاً أكثر بقليل من السنتين الماضيتين. وتتشابه التوقعات المرتفعة التي وضعتها الرابطة النووية العالمية مع تلك التي وضعتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية وهي أعلى بنسبة ١٠% تقريبا من السيناريو الوارد في الوثيقة "آفاق الاقتصاد العالمي" والذي يحصر تركيزات غازات الدفيئة عند مستوى ٤٥٠ جزءا للمليون.

جيم-٥- التوقعات الخاصة بالتطبيقات غير الكهربائية

٤٩- توجد بالفعل خبرات مكتسبة في المجال النووي في سوق الحرارة والبخار في نطاق درجات حرارة أكثر انخفاضاً. واحتمال التوسع أكثر في هذه الخبرات وارد على ما يبدو على المدى القصير في مجالات تحلية المياه، والتدفئة واسعة النطاق، واستخلاص النفط الثالثي. وثمة إمكانات هائلة لاستخدام الطاقة النووية، ضمن نطاق درجات الحرارة/البخار الأكثر ارتفاعا، لإنتاج الهيدروجين وللصناعات البتروكيميائية، بما في ذلك إنتاج أنواع الوقود السائل لقطاع النقل. وثمة عدة قطاعات صناعية (مثل الصناعات الكيميائية والصناعات البتروكيميائية، وصناعات الورق واللباب، والصناعات الغذائية، وصناعة السيارات، وصناعة المنسوجات، إلخ) تشهد طلباً عاليا على الكهرباء والحرارة/البخار بمستويات مختلفة من درجات الحرارة والضغط. ومن شأن تطوير محطات مزدوجة الاستخدام، لإنتاج الكهرباء واستخدام البخار لأغراض العمليات الصناعية، أن يعود بفوائد اقتصادية كبيرة، ويمكن زيادة هذه الفوائد أكثر بنشر مصادر بخارية وحرارية مرتفعة الحرارة، ويحتمل أن يكون ذلك من خلال المفاعلات المرتفعة الحرارة.

دال- التحديات التي تواجه التوسّع النووي

دال-١- أهم القضايا والاتجاهات المؤثرة على التوسّع النووي في المدى القريب

٥٠- ناقش تقرير عام ٢٠٠٨ تسع قضايا واتجاهات رئيسية. وتقدّم الفقرات التالية استيفاء بشأن أربع من هذه القضايا والاتجاهات التي شهدت تطوّرات تجدر الإشارة إليها.

دال-١-١ التنافسية الاقتصادية والتمويل

٥١- تتفاوت توقعات تكاليف التوليد النووي بالنسبة للمحطات الجديدة (بما يشمل تكاليف إدارة المحطة وتشغيلها، وتكاليف الوقود) بشكل كبير بين مختلف البلدان من حوالى ٣٠ دولاراً للميغاواط/ساعة إلى قرابة ٨٠ دولاراً للميغاواط/ساعة، في حال استخدام معدل خصم قدره ٥%. وبالمقارنة، تتراوح تكاليف التوليد في المحطات العاملة بالغاز بين حوالي ٣٥ دولاراً للميغاواط/ساعة و١٢٠ دولاراً للميغاواط/ساعة، أيضاً في حال استخدام معدل خصم قدره ٥%. وتظهر توقعات وكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي بشأن تكاليف توليد الكهرباء أنه، في أحد عشر بلداً قدّم تقديرات لتكاليف توليد الكهرباء في المحطات النووية وتلك العاملة بالوقود الأحفوري على حدّ سواء، يُتوقع أن تكون كلفة القوى النووية أدنى دائماً من كلفة القوى المولّدة بالغاز في جميع البلدان المعنية عند استخدام معدل خصم قدره ٥%، وفي خمسة من أصل البلدان الأحد عشر عند استخدام معدل خصم قدره ١٠%. وتقل كلفة القوى النووية بشكل دائم عن كلفة القوى المولّدة باستخدام الفحم في تسعة من البلدان الأحد عشر عند استخدام معدل خصم قدره ٥%، وفي ثمانية من البلدان الأحد عشر عند استخدام معدل خصم قدره ١٠%[٨].

٥٢- وتتفاوت عبر البلدان القيمة الاقتصادية التي يعطيها المستثمرون للمستوى الشديد التدنّي في انبعاثات غازات الدفيئة الناجمة عن القوى النووية. ففي البلدان التي لا تضع قيوداً على انبعاثات غازات الدفيئة، لا يتم تعليق قيمة اقتصادية ملموسة على الاكتفاء بإطلاق مستويات منخفضة جداً من غازات الدفيئة. أمّا في البلدان التي تضع قيوداً أو تفرض ضرائب على هذا النوع من الانبعاثات، تتسم الانبعاثات المنخفضة بقيمة اقتصادية فعلية. ومن شأن التنافسية الاقتصادية للقوى النووية أن تتحسن في المدى القريب لو تأهل القطاع النووي للمشاركة في المخططات العالمية لتبادل الكربون المرتبطة بتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة.

٥٣- ولم يكن للأزمة المالية والاقتصادية التي بدأت في خريف عام ٢٠٠٨ سوى أثر بسيط على مشاريع القوى النووية، وحتى أن التوقعات المعلن عنها في عام ٢٠٠٩ شهدت ارتفاعاً، كما ورد في القسم جيم-٤. فبادئ ذي بدء، لم تؤثر الأزمة سلباً على الحوافز الأطول أمداً لاستعمال الطاقة النووية، ومن أهم هذه الحوافز تزايد الطلب على الطاقة نتيجة للنمو السكاني والتنمية الاقتصادية، والاهتمام بتكاليف توليد ثابتة وقابلة للتنبؤ بها، والشواغل بشأن أمن الطاقة وحماية البيئة، ولاسيما تغيّر المناخ. ومن جهة ثانية، فإن الأزمة خلّفت أثراً أعمق

٨ وكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، *التكاليف المتوقعة لتوليد الكهرباء: طبعة عام ٢٠١٠* ، وكالة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، باريس (٢٠١٠).

على المشاريع التي يستغرقُ إطلاقُها فتراتٍ زمنية قصيرة. ويؤدي توقع حصول انخفاض في نمو الطلب على المدى القريب إلى تخفيض الضغط على القرارات المتعلقة بالاستثمارات القصيرة الأجل، فيما أن الفترات الزمنية الطويلة اللازمة لإطلاق المشاريع النووية تتيح المجال لمزيد من التحليل ولقدر أدنى من الاستعجال في التحضير. وبالتالي، فقد أثرت الأزمة سلباً على غالبية المشاريع النووية التي ما زالت في مراحل التخطيط المبكرة، أي قبل سنوات من موعد الاضطرار إلى اتخاذ القرارات التمويلية. وبالتالي لم يتم تأجيل أو إلغاء سوى عدد قليل من خطط التوسع النووي، وما زالت قائمة الطلبات الجديدة طويلة. ومن جهة ثالثة، بينما يبدو أن التكاليف الاستثمارية في ميدان القوى النووية تضاعفت منذ عام ٢٠٠٤، فإن التكاليف الاستثمارية لخيارات التوليد غير النووية ارتفعت هي أيضاً، وكانت إعادة تنظيم الاقتصاديات النسبية لخيارات توليد الكهرباء هامشية فقط، وهذا في حال أعيد تنظيمها على الإطلاق.

٥٤- ولا يقصد بذلك القول إن الأزمة المالية والاقتصادية لم تؤثر مطلقاً على الأعمال في ميدان القوى النووية. فقد اعتُبرت من العوامل المساهمة في حالات التأخير أو التأجيل على المدى القصير التي طرأت على المشاريع النووية في بعض مناطق العالم، لاسيما في أوروبا وأمريكا الشمالية. فعلى سبيل المثال، جمّدت شركة فاتنفال، لمدة تتراوح بين ١٢ و١٨ شهراً، اتخاذ قراراتها بشأن تشييد أية مفاعلات جديدة في المملكة المتحدة، مبررة ذلك بالركود الاقتصادي ووضع السوق. وأعلن الاتحاد الروسي أنه، على مدى السنوات العدّة المقبلة، سيخفّض وتيرة التوسّع في إنشاء المفاعلات المخطط لها من مفاعلين في السنة إلى مفاعل واحد، وذلك بسبب الأزمة المالية والانخفاض المتوقع في استخدام الكهرباء. وبحلول نهاية عام ٢٠٠٩، كان قد تم تعليق استعراض ٥ مفاعلات من أصل المفاعلات الثمانية والعشرين المشمولة ضمن ١٨ طلباً من طلبات الترخيص الموحّدة في الولايات المتحدة الأمريكية، وذلك بناء على طلب مقدّمي الطلبات. وفي جنوب أفريقيا، مدّدت شركة إسكوم جدولها الزمني بالنسبة لمفاعلها المقبل المخطط له لفترة سنتين حتى عام ٢٠١٨.

دال-١-٢- نظرة عامة الجمهور

٥٥- في العديد من البلدان، تبدّل موقف الجمهور حيال القوى النووية في السنوات الأخيرة. وازداد دعم الجمهور للقوى النووية نتيجة الإقرار بالشواغل المرتبطة بالتغيّر المناخي وبنقص الخيارات الممكنة عملياً والمعقولة من حيث الكلفة. ويعود جزء من التغير الذي تشهده نظرة عامة الجمهور للقوى النووية إلى التوليد الناجح للطاقة النووية على مدى السنوات العشرين الماضية، وأيضاً إلى النظرة بأنه يمكن للطاقة النووية أن تقدّم مساهمة قيّمة في كبح الاحترار العالمي. ويمكن للخبرة الناجحة المستمرة في ميدان الإخراج من الخدمة والتصرف في الوقود المستهلك أن تساهم أيضاً في زيادة الثقة لدى عامة الجمهور. ولكن، في دول أخرى، ما زالت شواغل عامة الجمهور تشكل عائقاً كبيراً أمام توسيع برامج القوى النووية أو استهلالها.

دال-١-٣- التصرف في الوقود المستهلك والنفايات والتخلص منها

٥٦- ما زال الجزء الأكبر من الوقود المستهلك في العالم يخزن في أحواض المفاعلات أو في المستودعات. بيد أن الخزن هو مجرد مرحلة مؤقتة في جميع استراتيجيات التصرف في الوقود المستهلك، ويمكن للتخلص النهائي من الوقود المستهلك، أو من النفايات القوية الإشعاع الناتجة عن إعادة معالجة الوقود المستهلك، أن يستغرق عقوداً من الزمن. ويتواصل تراكم الوقود المستهلك بكميات متزايدة، ويلزم خزنه لفترات من الزمن أطول من تلك المخطط لها في البداية (أكثر من ١٠٠ عام). وفضلاً عن ذلك، تشهد تصاميم الوقود تطوراً يتيح معدلات حرق أعلى بكثير من تلك التي روعيت أصلاً في أساس تصميم العديد من أنواع وسائل الخزن. لذا، يلزم

إخضاع العديد من العمليات الفيزيائية والكيميائية والحرارية المختلفة مثلاً للبحوث والاختبارات بغية التحقق من استمرار قابلية تشغيل المخازن والوقود المستهلك وموثوقيتها وأمانها وأمنها، وبغية التحقق من أنه يمكن، في النهاية، نقل الوقود المستهلك على نحو مأمون وآمن من أماكن الخزن إلى أماكن إعادة المعالجة أو التخلص.

٥٧- ولدى عدد من البلدان، مثل الاتحاد الروسي وفرنسا والهند واليابان، برامج جارية لإعادة تدوير الوقود المستهلك. ولكن، نظراً لكون الخزن النهائي ضرورياً أياً كان الخيار المعتمد للمرحلة الختامية من دورة الوقود، فإن كل بلد من البلدان يحتاج إلى إمكانيات التخلص. وثمة حاجة لدعم الخيارات والمبادرات والمشاريع ذات الصلة بالتخلص النهائي. كما يلزم توفير دعم خاص للبلدان المستجدة في وضع الاستراتيجيات للتصرف في الوقود المستهلك.

٥٨- وباتت تكنولوجيا الإخراج من الخدمة متاحة وناضجة؛ ومن شأن مراعاة مسألة الإخراج من الخدمة في المراحل المبكرة أن تتيح التوصل إلى تحسين ملموس في مستويات المخاطر الإشعاعية، والجرعات، وكميات النفايات ونوعها، وفي الجداول الزمنية والتكاليف.

دال-١-٤- العلاقة بين الشبكات الكهربائية وتكنولوجيا المفاعلات

٥٩- إن شبكات توزيع الكهرباء في ١٧ بلداً من أصل البلدان الإحدى والثلاثين التي تدرس أو تخطط لاستخدام القوى النووية هي ذات قدرة لا تتعدّى ٥ غيغاواط، ممّا يجعلها، بناء على المبدأ الإرشادي المرتكز على نسبة ١٠%، أصغر من أن تستوعب الغالبية العظمى من تصاميم المفاعلات المعروضة حالياً من دون الاضطرار إلى تحسين التواصلات فيما بين شبكات التوزيع الدولية. كما أن قضايا الشبكات قد تفرض قيوداً على الخيارات التكنولوجية بالنسبة لبلدان أخرى لديها شبكات تقلّ قدرتها عن ١٠ غيغاواط(كهربائي).

دال-٢- القضايا الرئيسية التي تواجه الانتشار الطويل الأجل

٦٠- الاستيفاء الرئيسي الذي طرأ على المعلومات الواردة في هذا القسم يتعلق بالتقديرات الخاصة بموارد اليورانيوم.

٦١- فقد أظهر أحدث التقديرات الخاصة بالموارد العالمية من اليورانيوم، الذي نشرته وكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي بالاشتراك مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام ٢٠١٠، اكتشافَ مواردِ يورانيوم تقليديةٍ تبلغ ٦,٣ مليون طن من اليورانيوم. ويمكن تحقيق بعض التحسينات في استخدام الموارد الطبيعية (إلى حدّ مضاعفة مُخرجات الطاقة) فيما يخصّ الجيل الحالي من المفاعلات عن طريق تقليص نسبة اليورانيوم-٢٣٥ الموجودة في مخلّفات محطات الإثراء، وإعادة استخدام اليورانيوم والبلوتونيوم المستخرجين من الوقود المستهلك، وزيادة معدّلات حرق الوقود وتحديث نظم المحطات (مثل تركيب توربينات أكثر فعالية).

هاء- تطوّر تكنولوجيا المفاعلات ودورة الوقود[٩]

هاء-١- التطوّرات في مجال تكنولوجيا المفاعلات النووية والتكنولوجيا الداعمة لها

هاء-١-١- مفاعلات الماء الخفيف (LWRs)

٦٢- إن الصين، بالإضافة إلى برنامجها الواسع النطاق في ميدان القوى النووية المكوّن من مفاعلات ماء مضغوط ومفاعلات قوى مبردة بالماء ومهدّأة بالماء ومفاعلات ماء ثقيل مورّدة بواسطة جهات بائعة أجنبية، قامت بالفعل بتطوير وتشغيل تصاميمها الخاصة المحلية المتوسطة الحجم من مفاعلات الماء المضغوط. وفضلاً عن ذلك، طوّرت الشركة الوطنية النووية الصينية محطة CNP-1000 النووية القابلة للتطوير والتي تنطوي على الخبرة المستقاة من تصميم وتشييد وتشغيل المحطات القائمة في الصين. وهناك الآن وحدتا CNP-1000 قيد التشغيل حالياً (لينغاو-١ و-٢)، ويجري العمل على تشييد وتخطيط وحدات إضافية عدة. وتضطلع المؤسسة الحكومية لتكنولوجيا القوى النووية، المُنشأة في أيار/مايو ٢٠٠٧، بالمسؤولية عن استيعاب تكنولوجيا محطة AP-1000 من وستنغهاوس لتطوير التصميم الصيني الكامن الواسع النطاق CAP1400، إلى جانب عدد من مفاهيم المفاعلات المتقدمة الأخرى، بما فيها المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم والمفاعل فوق الحرج المبرد بالماء.

٦٣- وقد اختير مستوى قدرة مفاعل الماء المضغوط الأوروبي البالغ ١٦٠٠ ميغاواط(كهربائي) وأكثر لتحقيق اقتصاديات الحجم المرتبطة بأحدث سلسلة من مفاعلات الماء المضغوط المشغّلة في فرنسا (السلسلة N4) وألمانيا (السلسلة كونفوي Konvoi). وتخطط مؤسسة كهرباء فرنسا لبدء تشييد مفاعل ماء مضغوط أوروبي في بانلي Penly، ابتداءً من عام ٢٠١٢. وثمة وحدتان من مفاعل ماء مضغوط أوروبي قيد التشييد حالياً في الصين، وهما الوحدتان ١ و٢ من محطة تايشان. وتعمل الهيئة الرقابية النووية الأمريكية حالياً على استعراض تصميم مفاعل الماء المضغوط الأوروبي للولايات المتحدة الذي طورته آريفا AREVA من أجل المصادقة على التصميم في الولايات المتحدة، كما تستعرضه المديرية العامة البريطانية لشؤون الصحة والأمان من أجل التقييم العام للتصميمات.

٦٤- وتعمل آريفا أيضاً مع شركة ميتسوبيشي للصناعات الثقيلة ضمن إطار ائتلاف مشترك لتطوير مفاعل الماء المضغوط ATMEA-1 بقدرة ١١٠٠ ميغاواط(كهربائي) وأكثر، ومع عدة شركات أوروبية لتوزيع الكهرباء من أجل تطوير مفاعل الماء المغلي KERENA بقدرة ١٢٥٠ ميغاواط(كهربائي) وأكثر.

---

٩ تقوم التقييمات الواردة في هذا القسم على أساس المعلومات المتوافرة لدى الأمانة عند إعداد هذه الوثيقة، بما يشمل المعلومات الواردة من مصادر متاحة عموماً، ولذا فإنها قد لا تكون شاملة أو كاملة الدقة.

٦٥- وفي اليابان، يجري تحقيق مزايا التوحيد القياسي والبناء النمطي بفضل وحدات مفاعل الماء المغلي المتقدّم الكبير الذي صممته جنرال إلكتريك وهيتاشي وتوشيبا[١٠]. وقد اقتُرح تشييد عدة مفاعلات ماء مغلي متقدمة كبيرة في الولايات المتحدة الأمريكية.

٦٦- وفي اليابان أيضاً، طوّرت شركة ميتسوبيشي للصناعات الثقيلة مفاعل الماء المضغوط المتقدم، الذي هو كناية عن نسخة أوسع نطاقا من مفاعل الماء المضغوط الكبير المتقدّم الذي صممته شركة ميتسوبيشي للصناعات الثقيلة ووستنغهاوس من أجل الوحدتين تسوروغا–٣ وتسوروغا–٤. وعرضت شركة ميتسوبيشي للصناعات الثقيلة نسخة معدة للولايات المتحدة من مفاعل الماء المضغوط المتقدم، ويشار إليها برمز US-APWR، إلى الهيئة الرقابية النووية للمصادقة على تصميمها. وتخضع نسخة مخصصة لأوروبا من المفاعل ذاته، ويشار إليها برمز EU-APWR، للتقييم بناء على متطلبات شركات الكهرباء الأوروبية.

٦٧- وإلى جانب أهداف الطاقة المستدامة من خلال التحويل العالي (معدل تحويل يساوي أو يفوق ١,٠) للنظائر الخصبة إلى نظائر انشطارية، تعمل هيتاشي في اليابان على تطوير مفاعل الماء المغلي الكبير المتجدد الموارد ذي التهدئة المنخفضة، فيما تعمل الوكالة اليابانية للطاقة الذرية على تطوير المفاعل المهدأ بالماء تهدئة منخفضة.

٦٨- وفي جمهورية كوريا يجري تحقيق فوائد التوحيد القياسي والبناء النمطي بفضل المحطات النووية الكورية المعيارية البالغة قدرتها ١٠٠٠ ميغاواط(كهربائي). وثمة عشر محطات من هذا النوع قيد التشغيل التجاري. واستفادت شركة كوريا للهيدرولوجيا والقوى النووية من الخبرات المتراكمة لتطوير نسخة محسّنة، أي مفاعل القوى المحسّن على النحو الأمثل بقدرة ١٠٠٠ ميغاواط(كهربائي)، ويجري العمل حالياً على تشييد أربعة من هذه المفاعلات في شين–كوري–١ و–٢ وفي وولسونغ–١ و–٢، ومن المزمع وصلها بشبكات التوزيع بين عامي ٢٠١٠ و٢٠١٢. ويجري العمل على تطوير مفاعل قوى متقدم بقدرة ١٠٠٠ ميغاواط(كهربائي)، ويتّسم بمزايا أمان ومزايا اقتصادية معزّزة ومن المتوقع استكماله بحلول عام ٢٠١٢.

٦٩- ويستند مفاعل APR-1400 الذي تنتجه شركة كوريا للهيدرولوجيا والقوى النووية على الخبرات المستفادة من محطة القوى النووية النمطية الكورية KSNP بفضل مستوى أعلى من القوى لتحقيق اقتصاديات الحجم. ويجري العمل على تشييد أول وحدتين من طراز APR-1400 في شين–كوري–٣ و–٤، وقد أسند عقد إلى محطة القوى النووية النمطية الكورية لتشييد ٤ مفاعلات من طراز APR-1400 في الإمارات العربية المتحدة. والأنشطة جارية حالياً في جمهورية كوريا على تصميم مفاعل قوى متقدم +APR تناهز قدرته ١٥٠٠ ميغاواط(كهربائي)، على أمل استكمال التصميم المعياري بحلول عام ٢٠١٢.

٧٠- وفي الاتحاد الروسي، جرى تصميم محطات متطورة من المفاعلات المبردة والمهدّأة بالماء ارتكازاً على الخبرات المستقاة من تشغيل المحطات من طراز WWER-1000. ويجري العمل حالياً على تشييد وحدتين من طراز WWER-1000 في موقعي كالينين وفولغودونسك، ووحدتين من طراز WWER-1200 في موقعي نوفوفورونيز–٢ ولينينغراد–٢. ومن المخطط له تشييد وحدات إضافية من طراز WWER-1200 قبل حلول عام ٢٠٢٠ في محطات القوى النووية في نوفوفورونيز ولينينغراد وفولغودون وكورسك وسمولنسك وكولا. وسيتم تشييد وحدة تطورية من طراز WWER-1000 في بيلين ببلغاريا، باستخدام بعض سمات أساس التصميم لمفاعل

---

١٠ يجري العمل أيضاً على تشييد مفاعلي ماء مغلي متقدمين كبيرين في تايوان، الصين.

AES-2006. وقد تم توصيل وحدتين تطوريتين من طراز WWER-1000 بشبكة توزيع الكهرباء في تيانوان بالصين، ويجري العمل حالياً على تشييد المزيد من الوحدات من طراز WWER-1000 في الهند.

٧١- وفي الولايات المتحدة الأمريكية، صادقت الهيئة الرقابية النووية في عام ١٩٩٧ على التصاميم الخاصة بمفاعل كبير متقدم يعمل بالماء المضغوط (نظام هندسة الحرق ٨٠+) ومفاعل ماء مغلي متقدم كبير (من إنتاج جنرال إلكتريك). وتمت المصادقة في عام ١٩٩٩ على تصميم مفاعل AP-600 المتوسط الحجم من إنتاج وستنغهاوس مع نظم أمان خاملة. وقد طوّرت وستنغهاوس مفاعل AP-1000 مطبّقة تكنولوجيات الأمان الخاملة المطوّرة لمفاعل AP-600، وذلك بهدف تخفيض النفقات الرأسمالية بالاعتماد على اقتصاديات الحجم. ويجري العمل حالياً على استعراض أحد التعديلات المدخلة على اعتماد الهيئة النووية الوطنية لتصميم مفاعل AP-1000 في عام ٢٠٠٦.

٧٢- وتدأب جنرال إلكتريك على تصميم مفاعل الماء المغلي الاقتصادي المبسط الكبير من خلال تطبيق اقتصاديات الحجم وتكنولوجيا النظام الخامل النمطي. ووصل مفاعل الماء المغلي الاقتصادي المبسط الأوروبي حالياً إلى مرحلة استعراض المصادقة على التصميم لدى الهيئة.

٧٣- ومن المرجح أن يُطلب توفير نموذج أولي أو محطة إيضاحية للنظم فوق الحرجة المبردة بالماء، التي اختارها المحفل الدولي للجيل الرابع من المفاعلات للتطوير. وضمن نظام فوق الحرج، يعمل المفاعل عند مستوى أعلى من النقطة الحرجة الخاصة بالماء (٢٢,٤ ميغاباسكال و٣٧٤ درجة مئوية) ممّا ينتج عنه فعالية حرارية ذات مستوى أعلى منها في مفاعلات الماء الخفيف ومفاعلات الماء الثقيل الحالية. ومن المتوقع أن تتراوح نسب الفعالية الحرارية بين ٤٠% و٤٥% في ظل تصميمات مبسطة للمحطات. وأحد الأمثلة على ذلك يتمثل في مفهوم المفاعل فوق الحرج الكبير العامل بطريقة ديناميكية حرارية والذي تعكف على تطويره شركتي توشيبا وهيتاشي بالاشتراك مع جامعة طوكيو. وتقدّم المفوضية الأوروبية الدعم لمشروع مفاعل الماء الخفيف العالي الأداء من أجل صنع مفاعل ماء خفيف فوق الحرج يعمل بطريقة ديناميكية حرارية. وهناك أيضاً أنشطة جارية في ميدان المفاهيم فوق الحرجة العاملة بطريقة ديناميكية حرارية في الجامعات ومراكز البحوث ومنظمات التصميم القائمة في كل من كندا والصين وألمانيا والهند واليابان وجمهورية كوريا والاتحاد الروسي وأوكرانيا والولايات المتحدة الأمريكية.

هاء-١-٢- مفاعلات الماء الثقيل (HWR)

٧٤- يتم أيضاً، في عدد من البلدان، تطوير تصاميم مفاعلات ماء ثقيل متقدمة. ففي كندا، تعمل شركة الطاقة الذرية الكندية على مفهوم مفاعل كاندو ٦ المعزز القائم على أساس أحدث محطات كاندو ٦ المنشأة في كينشان بالصين، والذي تم الارتقاء به ليفي بأحدث المقاييس والمعايير ويلبي آخر المتطلبات الرقابية. وتعمل شركة الطاقة الذرية الكندية أيضاً على تطوير نسخة كبيرة تطورية متقدمة من مفاعل كاندو، ACR-1000، ويستخدم هذا المفاعل اليورانيوم الطفيف الإثراء وهو مبرد بالماء الخفيف، كما أنه ينطوي على تحسينات مستقاة من أنشطة بحث وتطوير منفّذة على مدى العقود المنصرمة. كما أن شركة الطاقة الذرية الكندية تعمل، ضمن إطار مبادرة المحفل الدولي للجيل الرابع من المفاعلات، على تطوير تصميم خاص بمفاعل ابتكاري يعمل بأنابيب الضغط تتم تهدئته بالماء الثقيل ويتم تبريده بماء خفيف فوق الحرج.

٧٥- وفي الهند، تم تنفيذ عملية تطويرية لتصميم مفاعلات الماء الثقيل منذ مشروعي راجستان–١ و–٢. والأبحاث جارية أيضاً على تصاميم مفاعلات تعمل بأنابيب الضغط مهدّأة بالماء الثقيل وذات مبرّد مائي فوق الحرج يعمل بطريقة ديناميكية حرارية.

هاء-١-٣- المفاعلات المبرَّدة بالغاز

٧٦- تخطط الصين لتشييد مفاعل مرتفع الحرارة مبرّد بالغاز – نمطي حصوي القاع بقدرة ٢٥٠ ميغاواط، وهو ذو دورة (توربينة بخارية) غير مباشرة في شيداووان. وفي أفريقيا الجنوبية، تم تغيير تصميم المفاعل النمطي الحصوي القاع الإيضاحي بقدرة ١٦٥ ميغاواط حيث تم اعتماد مفهوم توربينة بخارية قادرة على توليد الكهرباء أو يمكن استعمالها لأغراض المعالجة. وأدى هذا التغيير إلى تأخير في مشروع المفاعل النمطي الحصوي القاع، وقد بات مستقبل هذا المفاعل يشكل موضوع مناقشات مكثّفة في جنوب أفريقيا.

هاء-١-٤ المفاعلات السريعة

٧٧- يشكل مستوى استخدام الموارد عاملاً مهماً في تحقيق استدامة الصناعة النووية على المدى البعيد. وتتيح المفاعلات الطيفية السريعة مع إعادة تدوير الوقود تعزيزاً ملموساً لمؤشرات الاستدامة. بالتالي، فإن تطوير البحوث والتكنولوجيات المتعلقة بالمفاعلات السريعة وبدورات الوقود المرتبطة بها عاد، في العديد من البلدان، ليظهر على جداول أعمال منظمات البحوث والمنظمات الصناعية، وكذلك لدى الجهات الأكاديمية.

٧٨- وتشمل المعالم المرحلية البارزة الفورية والمقبلة في ميدان تطوير المفاعلات السريعة ما يلي: بدء التشغيل المزمع للمفاعل السريع التجريبي الصيني، الذي حقق أول مستوى حرجية له في تموز/يوليه ٢٠١٠؛ وإعادة إطلاق نموذج مونجو الأولي الصناعي في اليابان خلال شهر أيار/مايو ٢٠١٠؛ وبدء التشغيل المخطط له ما بين عامي ٢٠١١ و٢٠١٣ لمفاعلي قوى سريعين في الهند والاتحاد الروسي (المفاعل النموذجي السريع التوليد ومفاعل BN-800، على التوالي)؛ والتشييد المزمع في حوالى عام ٢٠٢٠ للنموذج الأولي من مفاعل ASTRID الفرنسي السريع؛ بالإضافة إلى مزيد من مشاريع مفاعلات إيضاحية وتجارية متقدمة من المخطط تنفيذها في الفترة من عام ٢٠٢٠ إلى عام ٢٠٥٠ في كل من الهند واليابان وجمهورية كوريا والاتحاد الروسي.

٧٩- وباتت الصين على وشك بلوغ أول مرحلة أساسية في عملية تطوير التكنولوجيا الخاصة بمفاعلها السريع مع بدء التشغيل المتوقع قريباً للمفاعل التجريبي الصيني السريع بقدرة ٦٥ ميغاواط(حراري)، الذي حقق

أول مستوى حرجية له في تموز/يوليه ٢٠١٠. ويجري العمل على التصميم المفاهيمي للمفاعل السريع الإيضاحي الصيني الذي تتراوح قدرته بين ٦٠٠ و٩٠٠ ميغاواط(كهربائي). والنموذج المقبل، الذي يخضع للدراسة حالياً، والمؤدي إلى الاستخدام التجاري لتكنولوجيا المفاعلات السريعة في حوالى عام ٢٠٣٠ هو المفاعل الإيضاحي الصيني السريع التوليد والذي تتراوح قدرته بين ١٠٠٠ و١٥٠٠ ميغاواط(كهربائي). وبحلول عام ٢٠٥٠، تتوقع الصين زيادة قدراتها النووية لتصل إلى ما يتراوح بين ٢٤٠ و٢٥٠ غيغاواط(كهربائي)، على أن يتم توليدها بشكل رئيسي باستخدام مفاعلات سريعة التوليد.

٨٠- وفي فرنسا، يتم تحديد أنشطة تطوير تكنولوجيا المفاعلات السريعة بواسطة قانونين برلمانيين فرنسيين وهما: قانون ١٣ تموز/يوليه ٢٠٠٥ الذي يضع المبادئ الإرشادية للسياسات المتصلة بالطاقة، وقانون ٢٨ تموز/يوليه ٢٠٠٦ الذي يحدد السياسات الخاصة بالتصرف المستدام في النفايات المشعة ويطلب أعمال البحث والتطوير الخاصة بالمفاعلات النووية الابتكارية بغية التحقق، أولاً، أنه بحلول عام ٢٠١٢ سيكون من الممكن إجراء تقييم للتوقعات الصناعية الخاصة بهذا النوع من المفاعلات، وثانياً، أن نموذجاً أولياً لأحد المفاعلات سيوضع قيد التشغيل بحلول ٣١ كانون الأول/ديسمبر ٢٠٢٠ (بالإضافة إلى استهلال التشغيل الصناعي لهذه التكنولوجيا في الفترة ما بين عامي ٢٠٤٠ و٢٠٥٠). وللإيفاء بأحكام هذين القانونين، تعمل لجنة الطاقة الذرية وشركاؤها الصناعيون (مؤسسة كهرباء فرنسا وآريفا) على تنفيذ برنامج إنمائي طموح في مجال البحث والتطوير، ويرمي هذا البرنامج إلى تصميم ونشر نموذج أولي تتراوح قدرته بين ٣٠٠ و٦٠٠ ميغاواط(كهربائي) من مفاعل ASTRID السريع المبرّد بالصوديوم.

٨١- وضمن إطار مشاريع يوراتوم، تدأب لجنة الطاقة الذرية أيضاً على متابعة دراسات التصميم المفاهيمي الخاصة بالنموذج الأولي التجريبي لمفاعل يدعى ALLEGRO تتراوح قدرته بين ٥٠ و٨٠ ميغاواط(حراري).

٨٢- وفي الهند، من المخطط تحقيق المستوى الأول من الحرجية في المفاعل النموذجي السريع التوليد المقام في كالباكام بقدرة ٥٠٠ ميغاواط(كهربائي)، علماً بأن تصميم هذا المفاعل تم محلياً بواسطة مركز إنديرا غاندي للبحوث الذرية وقد شيّدته مؤسسة بهافيني BHAVINI. وتتوقع الخطوة التالية أن يتم، بحلول عام ٢٠٢٣، تشييد ست مفاعلات إضافية من نوع المفاعل النموذجي السريع التوليد العاملة بوقود مصنوع من مزيج أكسيدي اليورانيوم والبلوتونيوم (وحدة مزدوجة في كالباكام وأربعة مفاعلات قدرة الواحد منها ٥٠٠ ميغاواط(كهربائي) في موقع جديد سيتم تحديده لاحقاً). وسيتبع تصميم هذه المفاعلات السريعة التوليد الستة نهجاً قائماً على أساس التحسينات المرحلية المدخلة على التصميم الأول لمفاعل كالباكام النموذجي السريع التوليد. ولما بعد عام ٢٠٢٠، تتركز الاستراتيجية الوطنية الهندية على مفاعلات سريعة التوليد وعالية الكفاءة تناهز قدرتها ١٠٠٠ ميغاواط(كهربائي)، وعلى استحداث مجمّعات طاقة متعددة الوحدات تتشارك في موقعها مع مرافق خاصة بدورة الوقود قائمة على أساس تكنولوجيا إعادة المعالجة الحرارية الكيميائية.

٨٣- وفي اليابان، حدّدت وزارة التربية والثقافة والرياضة والعلوم والتكنولوجيا "سياسة البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا دورة المفاعلات السريعة التوليد"، استناداً إلى "الخطة الأساسية للعلوم والتكنولوجيا" للفترة ٢٠٠٦–٢٠١١ التي قام فيها مجلس سياسات العلوم والتكنولوجيا، التابع لمكتب رئاسة الوزارة اليابانية، بتعيين تكنولوجيا دورة المفاعلات السريعة التوليد على أنها إحدى التكنولوجيات الرئيسية ذات الأهمية على الصعيد الوطني.

٨٤- وقد أعلنت اليابان إعادة إطلاق النموذج الأولي لمفاعل مونجو السريع في أيار/مايو ٢٠١٠، وبدأ العمل في الموقع حيث كان قد تم تعليق العمليات طوال خمسة عشر عاماً نتيجة حريق اندلع فيه في عام ١٩٩٥. ومن المتوقع بلوغ المستويات التشغيلية التامة بحلول عام ٢٠١٣. ومن المتوقع أن تؤدي أنشطة تصميم ونشر المفاعل السريع الياباني إلى إدخال مفاعل سريع إيضاحي في حوالى عام ٢٠٢٥ وإلى التشغيل التجاري لتكنولوجيا التوليد السريع في حوالى عام ٢٠٥٠. وستتحقق هذه الأهداف على أساس الخبرات التشغيلية التي يتوقع اكتسابها بفضل النموذج الأولي لمفاعل مونجو السريع وعلى أساس نتائج مشروع تطوير تكنولوجيا دورة المفاعلات السريعة (الذي استُهل في عام ٢٠٠٦)، الذي سيطور تكنولوجيات ابتكارية ترمي إلى تحقيق التنافسية الاقتصادية والتوصل إلى مستوى عالٍ من الموثوقية والأمان للجيل الجديد من المفاعلات السريعة التوليد.

٨٥- وتؤدّى أنشطة تطوير المفاعلات السريعة الخاصة بجمهورية كوريا ضمن إطار المحفل الدولي للجيل الرابع من المفاعلات. وفي الوقت الحالي، تتركز أنشطة البحث والتطوير على تصميم قلب المفاعل، وأنظمة نقل الحرارة، ونظم البنية الميكانيكية. وعلى وجه الخصوص، يشمل عمل البحث والتطوير اختباراً لدورة خاملة للتخلص من حرارة الاضمحلال، ونظم دورة برايتون القائمة على مزيج الكبريت وثاني أكسيد الكربون، واختبار للتفاعل بين الصوديوم وثاني أكسيد الكربون، وتكنولوجيا الصوديوم. ويجري تنفيذ العمل التصميمي على مفاهيم ابتكارية خاصة بمفاعل سريع مبرد بالصوديوم وبدورات الوقود. وتخطط جمهورية كوريا لتطوير ونشر مفاعل سريع إيضاحي بحلول الفترة ٢٠٢٥–٢٠٢٨.

٨٦- أمّا البرنامج الروسي المسمى "برنامج الهدف الاتحادي لتكنولوجيا القوى النووية من أجل نظم توليد جديدة للفترة ٢٠١٠–٢٠٢٠"، فيرمي إلى تعزيز أمان الطاقة النووية وحل قضايا الوقود المستهلك. وقد وضعت روسيا خطة متوسطة الأمد للتركيز على تكنولوجيا المفاعلات السريعة من دون تشييد مفاعلات ماء خفيف جديدة. وسيتواصل تشغيل مفاعلات الماء الخفيف القائمة وسيستخدم وقودها المستهلك كوقود للجيل الجديد من المفاعلات السريعة. ويقوم برنامج المفاعلات السريعة الروسي على أساس الخبرات التشغيلية المكثّفة في ميدان المفاعلات السريعة المبردة بالصوديوم ذات الأحجام التجريبية والصناعية. وقامت روسيا أيضاً بتطوير تكنولوجيا المفاعلات السريعة المبردة بالفلزات السائلة الثقيلة (الرصاص وسبائك الرصاص والبيزموث المنصهرين) وباكتساب الخبرات في ميدان هذه التكنولوجيا. وتعكف روسيا حالياً على تشييد مفاعل BN-800 المبرد بالصوديوم والعامل بمزيج من أكسيدي اليورانيوم والبلوتونيوم، ومن المتوقع وضعه قيد التشغيل بحلول عام ٢٠١٣. ويشمل برنامج تطوير المفاعلات السريعة إطالة العمر التشغيلي للمفاعل التجريبي BOR-60 والمفاعل الصناعي BN-600، كما يشمل تصميم المفاعل التجريبي الجديد MBIR، وهو مفاعل بقدرة ١٠٠ ميغاواط(حراري)/٥٠ ميغاواط(كهربائي) مبرد بالصوديوم ويعمل بمزيد من أكسيد اليورانيوم والبلوتونيوم، ومن المخطط استخدامه كبديل لمفاعل BOR-60. وسيتم، ضمن إطار البرنامج، وعلى نحو متزامن، تطوير تكنولوجيات المفاعلات السريعة القائمة على استخدام المبرّدات المصنوعة من الصوديوم والرصاص ومن سبائك الرصاص والبيزموث المنصهرين (أي مفاعلات SFR، وBREST-OD-300، وSVBR-100 على التوالي)، بالإضافة إلى دورة الوقود الخاصة بكل من هذه المفاعلات. ويتواصل العمل أيضاً على تصميم المفاعل التجاري السريع المتقدم الكبير والمبرّد بالغاز طراز BN-K.

٨٧- وكان النهج البرنامجي السابق المتبع في الولايات المتحدة الأمريكية يركّز على تحسين تدريجي للتكنولوجيات القائمة بغية إتاحة النشر القصير الأمد (حوالى ٢٠ عاماً) للمفاعلات السريعة. وكان ذلك مدفوعاً بضرورات تحسين الاستفادة من جبل يوكا. وقد ساهمت خصائص جبل يوكا والجدول الزمني للمشروع بتحديد التحديات المرتبطة بهذا النهج، وبالخيارات المناظرة لذلك فيما يخص التكنولوجيات والنظم المتكاملة (بعبارات

أخرى، التنسيق مع الاستراتيجية/الخطط الوطنية الخاصة بالتخلص الجيولوجي). وقد أدّى هذا النهج 'الصناعي' إلى عواقب بارزة منها تخصيص استثمارات محدودة جداً مخصصة للبحوث وتطوير التكنولوجيات، وللابتكارات الجديدة في الأدوات اللازمة لصياغة فهم أفضل للمبادئ الأساسية.

٨٨- ويتركز النهج البرنامجي الأمريكي الحالي على نشر طويل الأمد لتكنولوجيات دورة الوقود، وعلى التحليل البدئي لتشكيلة واسعة من الخيارات، وعلى استخدام أدوات العلوم الحديثة ونُهُجها المصممة لحل التحديات وتطوير تكنولوجيات ذات أداء أفضل.

٨٩- ويتمثل أحد الأهداف الرئيسية للبرنامج الأمريكي في وضع استراتيجية متكاملة للتصرف في النفايات. ويركّز هذا العمل على القدرات التنبّؤية لفهم أداء المستودعات. وأحد نقاط التركيز الرئيسية للبحوث يكمن في مجال تكنولوجيات فصل الوقود المستخدم. ويجري استقصاء خيارات ابتكارية طويلة الأمد من خلال استخدام التجارب الصغيرة الحجم، وتطوير النظريات، بالإضافة إلى النمذجة والمحاكاة لصوغ فهم أساسي. ويهدف هذا العمل إلى تقليص حجم النفايات. وتشكل الوقاية والرقابة المعززة على المواد هدفاً أساسياً آخر لبرنامج المفاعلات السريعة الخاص بالولايات المتحدة. وفي هذا المجال، يركز العمل على إعداد تقنيات متقدمة توفّر إمكانية آنية للتصرف في المواد النووية مع تقييم متواصل للأرصدة (بما في ذلك للمرافق الصناعية ذات الإنتاجية الضخمة).

٩٠- وتشمل الأنشطة المحددة في ميدان البحث والتطوير إعداد "مفاعل متقدّم لإعادة التدوير" لإغلاق دورة الوقود، وإعداد المفاعل السريع الضروري للنظم النهائية المستقبلية القادرة على تحويل/استخدام عناصر ما وراء اليورانيوم. وعلى المدى القريب، يتركز الاهتمام على تكنولوجيا مبردات الصوديوم. وفيما يخص النشر المستقبلي لتكنولوجيا المفاعلات السريعة، يركّز برنامج الولايات المتحدة على مجالين بحثيين رئيسيين اثنين هما: تخفيض التكاليف الرأسمالية، وضمان الأمان (بما يشمل مستوى عالٍ من موثوقية النظم).

هاء-٢- التطوّرات في تكنولوجيا دورة الوقود النووي والتكنولوجيا الداعمة لها

٩١- يجري حالياً استقصاء تكنولوجيات جديدة مائية وغير مائية لإعادة معالجة الوقود المستهلك الناتج عن مفاعلات الماء الخفيف، ممّا يتيح تقليصاً ملموساً في كميات النفايات المولّدة. ولاختبار التكنولوجيات الجاري تطويرها وتحقيق المستويات العليا لاستخدامها، يجري العمل على إقامة مرافق إيضاحية صناعية تجريبية.

٩٢- وللتخلص من النفايات القوية الإشعاع، يجري العمل التطويري على استقصاء مواقع ملائمة وحواجز اصطناعية معيّنة، وعلى إجراء تقييمات للأمان وتطبيق تكنولوجيا تغليف النفايات داخل كبسولات والتخلص منها.

واو- التعاون في ميدان توسيع الطاقة النووية وتطوير التكنولوجيات

٩٣- ارتفع عدد أعضاء المحفل الدولي للجيل الرابع من المفاعلات (محفل الجيل الرابع) ليصل إلى ١٣ عضواً[١١]. ويرمي هذا المحفل إلى تطوير جيل جديد من نظم الطاقة النووية التي توفّر مزايا في المجال الاقتصادي ومجالات الأمان والموثوقية والاستدامة، ويمكن نشرها تجارياً بحلول عام ٢٠٣٠.

٩٤- وفي نهاية عام ٢٠٠٩، كان ٣١ عضواً قد انضموا إلى مشروع الوكالة الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (إنبرو)[١٢]. ويتاح ما يحققه مشروع إنبرو من نتائج لجميع الدول الأعضاء في الوكالة. ويضطلع مشروع إنبرو بأنشطة في المجالات التالية، غالباً من خلال مشاريع إنبرو التعاونية، التي يتعاون فيها أعضاء المشروع بشأن مسائل مواضيعية معيّنة:

(أ) استراتيجيات نظم طاقة نووية طويلة المدى باستخدام منهجية إنبرو، مثلما هي الحال بالنسبة لما يعرف باسم 'تقييمات نظم الطاقة النووية'؛

(ب) وتحليل وإرساء رؤى عالمية وتصورات ومسارات تهدف إلى التطوير المستدام للمجال النووي في القرن الحادي والعشرين عن طريق نمذجة النظام العالمي للطاقة النووية؛

(ج) والتوصل إلى ما قد يلزم من ابتكارات في ميدان التكنولوجيا النووية ومن ترتيبات مؤسساتية لاستهلال العمل بالابتكارات التكنولوجية؛

(د) وعقد محفل حوار بشأن الابتكارات في ميدان الطاقة النووية، لإرساء التواصل بين مالكي التكنولوجيات النووية ومستخدميها.

٩٥- ويعمل مشروع إنبرو ومحفل الجيل الرابع على تنسيق أنشطتهما من خلال خطة عمل مشتركة وضعت أصلاً في شباط/فبراير ٢٠٠٨ وجرى استيفاؤها مؤخراً خلال الاجتماع التنسيقي الرابع لإنبرو ومحفل الجيل الرابع، في شهر آذار/مارس ٢٠١٠. وباتت الآن تشمل اتفاقات بشأن التنسيق في المجالات التالية: تبادل المعلومات العامة، وأوجه التآزر في طرائق التقييم (مع التشديد على مقاومة الانتشار)، والتعاون في الدراسات الراهنة، والحوار الشامل بين مالكي التكنولوجيا النووية ومستخدميها. وفي حزيران/يونيه ٢٠١٠، عقدت في

---

١١ الاتحاد الروسي والأرجنتين والبرازيل وجمهورية كوريا وجنوب أفريقيا وسويسرا والصين وفرنسا وكندا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية واليابان واليوراتوم.

١٢ أعضاء مشروع إنبرو هم الاتحاد الروسي والأرجنتين وأرمينيا وأسبانيا وألمانيا وإندونيسيا وأوكرانيا وإيطاليا وباكستان والبرازيل وبلجيكا وبلغاريا وبيلاروس وتركيا والجزائر والجمهورية التشيكية وجمهورية كوريا وجنوب أفريقيا وسلوفاكيا وسويسرا وشيلي والصين وفرنسا وكازاخستان وكندا والمغرب والهند وهولندا والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والمفوضية الأوروبية. ولعشرة بلدان أخرى صفة مراقب إذ أنها تنظر في الانضمام إلى عضوية المشروع أو أنها تشارك فيه على الصعيد العامل.

فيينا حلقة عمل منظمة بشكل مشترك بعنوان "الجوانب المرتبطة بالتشغيل والأمان للمفاعلات السريعة المبرّدة بالصوديوم".

٩٦- الولايات المتحدة الأمريكية هي من أطلق في البداية الإطار الدولي للتعاون في مجال الطاقة النووية في عام ٢٠٠٦ باعتباره الشراكة العالمية في مجال الطاقة النووية. وأعيدت تسمية هذا الإطار في حزيران/يونيه ٢٠١٠ وبات مكوّناً من ٢٦ بلداً مشاركاً و٣٠ بلداً مراقباً[١٣]، بالإضافة إلى ٣ منظمات دولية مراقبة، بما فيها الوكالة. ولدى الشراكة حالياً فريقان عاملان، أحدهما معني بتطوير البنى الأساسية والثاني معني بخدمات الوقود الموثوقة. ويعقد الفريق العامل المعني بتطوير البنى الأساسية حلقات عمل ثنائية السنوات حول مواضيع تثير اهتمام البلدان المستجدة، مثل تنمية الموارد البشرية والتصرف في النفايات والتمويل. أمّا الفريق العامل المعني بخدمات الوقود الموثوقة فيروّج لإقامة الترتيبات التقنية والمؤسساتية التي يمكن لمشغلي محطات القوى النووية أن يعتمدوا عليها لإمدادهم بالوقود النووي الكافي لتشغيل المفاعل على مدى عمره التشغيلي. ويخضع الفريقان العاملان لإشراف لجنة توجيهية ولجنة تنفيذية على المستوى الوزاري.

٩٧- وفي أيار/مايو ٢٠٠٨، أنشئ المركز الدولي لإثراء اليورانيوم في شرق سيبيريا بقرار من كازاخستان والاتحاد الروسي. وقد انضم كل من أوكرانيا وأرمينيا إلى المركز أيضاً. ويعدُّ المركز خطوة في الاقتراح الذي طرحه الرئيس فلاديمير بوتن عامَ ٢٠٠٦ بإنشاء "شبكة مراكز دولية توفر خدمات دورة الوقود النووي، بما في ذلك الإثراء، على أساس خالٍ من التمييز وخاضع لإشراف الوكالة". كما تمضي المناقشات قُدُماً بخصوص مشروع مشترك بين كازاخستان والاتحاد الروسي لبناء مصنع إثراء آخر في أنغارسك Angarsk.

٩٨- وفي نوفمبر ٢٠٠٩، أذن مجلس المحافظين للمدير العام توقيع اتفاق مع الاتحاد الروسي بشأن إنشاء احتياطي دولي مكون من ١٢٠ طناً من اليورانيوم الضعيف الإثراء في حالة حدوث انقطاع لا علاقة له بأي اعتبارات تقنية أو تجارية في إمدادات اليورانيوم الضعيف الإثراء لاستخدامه في محطات القوى النووية. ويتمتع المدير العام منفرداً بصلاحية تحرير اليورانيوم الضعيف الإثراء من الاحتياطي، وفقاً لمعايير واردة في الاتفاق المبرم مع الاتحاد الروسي. ويكون الاتحاد الروسي ملزماً بإصدار جميع الأذونات والرخص اللازمة لتصدير اليورانيوم الضعيف الإثراء، كما يسدّد البلد الذي يتلقى هذا اليورانيوم السعر للوكالة مسبقاً بحسب سعر السوق السائد.

٩٩- وفيما يتعلق بمجال الأمان، بدأ العمل على تحسين كفاءة العملية الرقابية من خلال مشروع يرمي إلى تحقيق مزيد من التعاون وقدر معزَّز من التقارب بين المتطلبات والممارسات في إطار برنامج تقييم التصميمات المتعدد الجنسيات[١٤]. وقد طور البرنامج المذكور عملية تتيح تعيين المواقف المشتركة بشأن مسائل معيّنة متصلة بتصاميم المفاعلات الجديدة بين الهيئات الرقابية التي تضطلع بعمليات استعراض تصاميم محطات القوى النووية الجديدة. وقد تم بالفعل، في العديد من الجوانب، تحقيق درجة ملموسة من الاتساق على الصعيد العام، وذلك على شكل معايير أمان صادرة عن الوكالة. وسيتم تحقيق مزيد من الاتساق من خلال البناء على أساس هذه الوثائق المتفق عليها دولياً. ولاحظ فريق خبراء تابع للبرنامج المذكور أن مجمل الاعتبارات الوطنية تتسم بمستوى عام

١٣ البلدان المشاركة في "الشراكة العالمية في مجال الطاقة النووية" هي: الاتحاد الروسي والأردن وأستراليا واستونيا وأرمينيا وأوكرانيا وإيطاليا وبلغاريا وبولندا وجمهورية كوريا ورومانيا وسلوفينيا والسنغال والصين وعمان وغانا وفرنسا وكازاخستان وكندا والكويت وليتوانيا والمغرب والمملكة المتحدة وهنغاريا والولايات المتحدة الأمريكية واليابان.

١٤ الأعضاء الحاليون في برنامج تقييم التصميمات المتعدد الجنسيات هم: الاتحاد الروسي وجمهورية كوريا وجنوب أفريقيا والصين وفرنسا وفنلندا وكندا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية واليابان.

من المتطلبات التصميمية التي تتساوق مع متطلبات أمان الوكالة فيما يخص تطبيق نهج قطعي، كالدفاع في العمق، ومعايير العطل الوحيد وهوامش الأمان، من جملة أمثلة أخرى. وعلى نحو مماثل، هناك أوجه تشابه في تطبيق الطرائق الاحتمالية استكمالاً للنهج القطعي. ويتمثل هدف برنامج تقييم التصميمات المتعدد الجنسيات في الاستفادة من أوجه التشابه القائمة بين المدوّنات والمعايير الصادرة عن الوكالة وتلك الصادرة عن جهات أخرى مثل قواعد الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين؛ وقواعد التصميم والابتكار الخاصة بالمكوّنات الميكانيكية للجزر النووية في مفاعلات الماء المضغوط، فرنسا؛ ومدوّنة صناعة القوى النووية الكورية. والتقدم الذي سبق إحرازه حتى الآن في مجالات معيّنة يظهر أن تحقيق مستوى أوسع من التعاون والتقارب هو أمر ممكن ومرغوب فيه على حد سواء، فيما تحتفظ الجهات الرقابية الوطنية بالصلاحية السيادية فيما يخص قرارات الترخيص والقرارات الرقابية.