

HEINRICH BÖLL STIFTUNG

سلسلة منشورات عن علوم البيئة

# اقتصاد الطاقة النووية: آخر المستجدات

تأليف: ستيف توماس

تحرير: مؤسسة هينرش بل

تشرين ثاني ٢٠١١

## اقتصاد الطاقة النووية: آخر المستجدات

تأليف: ستيف توماس  
الترجمة للعربية: رانية فلغل  
مراجعة: باتر محمد وردم  
التدقيق اللغوي: عبد الرحمن أبو شمالة

الطبعة الأولى باللغة بالإنجليزية آذار ٢٠١٠م  
الطبعة الأولى باللغة العربية تشرين ثاني ٢٠١١م

© حقوق الطبع والنشر محفوظة لمؤسسة هينرش بل الألمانية - مكتب الشرق الأوسط العربي/ رام الله  
© حقوق الصور:

صورة الغلاف: © Björn KindlerStockphoto.com© Björn Kindler iStockphoto.com  
صور الفصول ١ و ٣ و ٨: صور للاستخدام لمرة واحدة بشكل غير حصري، لاستخدام المحرر فقط. يحظر الأرشفة أو إعادة التوزيع أو إعادة الاستخدام في أي سياق آخر بدون إذن مسبق من Greenpeace Photo Library. يحظر الاستخدام لغايات الدعاية أو الترويج. ويستوجب دفع الاعتمادات المستحقة.

بعض الحقوق محفوظة للصور الواردة في الفصول ٤، ٥، ٦ و ٧. وهي مرتبطة بالتراخيص التالية ل  
Creative Commons: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>

تصميم وإخراج: HMC

هذا الكتاب جزء من سلسلة من المنشورات يمكن تحميلها من [www.boell.de/English](http://www.boell.de/English)

للحصول على نسخة من هذا الكتاب:  
البريد الإلكتروني: [info@ps.boell.org](mailto:info@ps.boell.org)  
الموقع الإلكتروني: [www.ps.boell.org](http://www.ps.boell.org)

 HEINRICH BÖLL STIFTUNG  
الشُّقُّ الأَوْسَطُ العَرَبِي

الآراء الواردة هنا تعبر عن رأي الكاتب، وبالتالي لا تعكس بالضرورة وجهة نظر المؤسسة.

## فهرس المحتويات

٥	المقدمة: الطاقة النووية في طريق مسدود
٦	تمهيد: باتر محمد وردم
٩	مقدمة المؤلف
١٠	(١) المقدمة
١١	(٢) السوق العالمي للمحطات النووية: الطلبات القائمة والأفاق المستقبلية
١٨	(٣) المحددات الأساسية للاقتصاد النووي
١٩	١-٢ تكاليف البناء ومدته
١٩	١-٣ عدم إمكانية الوثوق بالبيانات
٢٠	٢-١-٣ صعوبات توقع التكلفة
٢٠	٣-١-٣ التعلم، ووفورات الحجم، والتطور التقني
٢١	٤-١-٣ وقت البناء
٢٢	٢-٢ تكلفة رأس المال
٢٣	٣-٢ الأداء التشغيلي
٢٤	٤-٢ الأعمال التي لا يلزمها قود وتكاليف الصيانة
٢٥	٥-٢ تكلفة القود
٢٦	٦-٢ محاسبة العمر الافتراضي
٢٦	٧-٢ الإغلاق وتكاليف التخلص من النفايات وأحكامها
٢٦	٨-٢ التأمين والمسؤولية القانونية
٢٩	(٤) التجربة في أولكيلوتو وفلامانفيل
٢٩	١-٤ أولكيلوتو
٣٠	٢-٤ فلامانفيل
٣٢	(٥) البرنامج الأمريكي
٣٥	١-٥ النتائج المحتملة
٣٧	(٦) البرنامج البريطاني
٣٨	١-٦ النتائج المحتملة
٣٩	(٧) ألمانيا
٤١	(٨) الأسواق الأخرى
٤١	١-٨ الإمارات العربية المتحدة
٤٢	٢-٨ جنوب إفريقيا
٤٣	٣-٨ كندا
٤٣	٤-٨ تركيا
٤٤	٥-٨ إيطاليا
٤٤	٦-٨ البرازيل
٤٤	٧-٨ أوروبا الشرقية
٤٤	١-٧-٨ جمهورية سلوفاكيا
٤٤	٢-٧-٨ رومانيا
٤٥	٣-٧-٨ بلغاريا
٤٥	٤-٧-٨ دول أخرى

٤٦	٩) مراجعة لتقديرات تكلفة بناء المرافق
٤٧	٩-١ الولايات المتحدة
٤٧	٩-٢ دول أخرى
٤٧	٩-٣ الملخص
٤٩	١٠) الحاجة للدعم المالي العام ومداه
٥١	الخلاصة
٥٣	الملحق
٥٣	الملحق ١: تكنولوجيا المفاعلات، والتصاميم الحالية، والجهات البائعة
٥٨	الملحق ٢: الحسم، تكلفة رأس المال، معدل العائد المطلوب
٥٩	الملحق ٣: سحب المحطة من العمل
٦١	الملحق ٤: وضع المشاريع الأمريكية

## المقدمة: الطاقة النووية في طريق مسدود

جزء يسير من التكاليف التي قد تنشأ نتيجة أي حادث نووي متوسط الحجم. إن الأمور كافة التي يتم النظر فيها في مجال الطاقة النووية، تبرهن على أنها مكلفة وذات مخاطر.

وإلى جانب النقاشات الروتينية بشأن الطاقة النووية، هناك نقاشات أخرى جديدة. أولاً، يتزايد خطر التسرب النووي مع ازدياد عدد المحطات الجديدة للطاقة النووية في أرجاء العالم كافة. ولا يوجد أي تقسيم مؤكد بين الاستخدام المدني والعسكري لتلك التكنولوجيا على الرغم من الجهود التي تبذلها الوكالة الدولية للطاقة الذرية لتنظيم هذا العمل. وآخر مثال على ذلك هو إيران. وفي نهاية المطاف، لا يمكن إرغام أي شخص لا يرغب في الخضوع للتنظيم على الامتثال لهذه القاعدة. ومع التوسع في الطاقة النووية، هناك ضرورة متزايدة لبناء محطات لإعادة المعالجة، ومفاعلات إنتاج سريعة لتوليد الوقود النووي. وكل هذا يزيد من معدل تداول البلوتونيوم، ما يؤدي إلى خلق كميات كبيرة من مواد الاشتعال القابلة للاستخدام في صنع القنابل - سيناريو مرعب!

ثانياً، يعتبر تمديد عمر محطات الطاقة النووية القائمة إلى أن يتم بناء محطات جديدة عائقاً يحول دون تطور الطاقات المتجددة. والادعاء بأن الطاقة النووية والطاقات المتجددة تكملان بعضهما البعض مجرد أسطورة نظراً لأنهما لا يتنافسان على المبالغ الضئيلة في رأس المال الاستثماري وخطوط الطاقة فحسب، بل أيضاً لأن المحطات النووية تعيق نمو الطاقات المتجددة، وبالأخص طاقة الرياح، بسبب غياب المرونة في عملياتها المتواصلة ففي الأيام التي تكون فيها الرياح شديدة، ويكون الاستهلاك متدنياً، يكون الطلب في ألمانيا قد تمت تغطيته بالفعل إلى حد كبير من توليد طاقة الرياح. ونظراً لأن مخرجات محطات الطاقة النووية القائمة (وكذلك محطات الوقود الكبيرة المدارة بالفحم) لا تتراجع بمجرد إخطار قبل فترة قصيرة من تخفيض السعر لأسباب اقتصادية، فإنه ينبغي تصدير الفائض من الطاقة إلى دول أخرى وبخسارة. وهناك منهجية وراء هذا الجنون.

ومهما كانت الطريقة التي تقرأ بها القصة، فإن الطاقة النووية لا تمتلك الاستعداد للقيام بمساهمة حاسمة في التغيير المناخي، ناهيك عن كونها ضرورية لضمان التزويد بالطاقة. والعكس تماماً صحيح. أولئك الراغبون في الترويج للطاقة المتجددة بهدف إنتاج ١٠٠٪ من الطلب على الطاقة، يجب أن يعارضوا بناء محطات نووية جديدة، وكذلك تمديد عمر المحطات الأقدم. وعلى الرغم من الادعاء بشأن الطاقة النووية، فإنها غير ملائمة كإستراتيجية انتقالية قبل الولوج إلى عصر الطاقة الشمسية.

برلين، يناير ٢٠١٠

رالف فوكس

(رئيس مجلس إدارة مؤسسة هيرش بل)

أي شخص يتابع التصريحات التي تصدر بين حين وآخر حول نهضة الطاقة النووية، يتولد لديه الانطباع بأن عدد المحطات النووية يتزايد بمعدلات مطردة. وفي الواقع، تظهر الإحصائيات الأخيرة أن هناك ٦٠ محطة قيد البناء معظمها في الصين، وغيرها في روسيا والهند وكوريا الجنوبية واليابان، بينما يظهر في الولايات المتحدة مشروع بناء وحيد فقط. ومع ذلك، تشتمل هذه القائمة على مشاريع قديمة كثيرة ما زالت غير مكتملة، وبالتالي هي في الواقع عبارة عن ركام مبان.

بالإضافة إلى ذلك، توجد في الوقت الحالي مشاريع عدة مقترحة لإنشاء ١٦٠ محطة طاقة نووية جديدة حتى العام ٢٠٢٠، منها ٥٢ في الصين وحدها، و٣٥ في الولايات المتحدة، تتبعهما كوريا الجنوبية وروسيا. وفي أوروبا، تنصدر المملكة المتحدة القائمة بثماني مشاريع مقترحة جديدة، تتبعها إيطاليا وسويسرا وفنلندا ورومانيا ولتوانيا وفرنسا، التي كان من شأنها أن تغدق على العالم بمحطات طاقة نووية، ولكنها هي نفسها لا تخطط لبناء سوى محطة واحدة فقط. ولم تدخل معظم الدول الأوروبية فعلياً في أي مشاريع نووية ملموسة.

وفي واقع الأمر، يتراجع عدد محطات الطاقة النووية في العالم. ففي الوقت الحالي ما زال هناك ٤٣٦ مفاعلاً عاملاً. وخلال السنوات الخمس عشرة إلى عشرين القادمة، سوف تخرج أعداد أكبر من المحطات القديمة من العمل. وليس هناك في واقع الأمر من سبيل لكي تدخل تلك المشاريع المقترحة إلى حيز التنفيذ الفعلي، لأنه كلما زاد فتح أسواق الطاقة للمنافسة الحرة، قلت فرصة الطاقة النووية.

إن تكاليف المحطات الجديدة تتزايد بشكل حاد. فعلى سبيل المثال، زادت تكاليف بناء محطة طاقة نووية جديدة في موقع أولكيلوتو في فنلندا من ٣ مليارات يورو إلى ٤,٥ مليار يورو على الرغم من عدم وجود أي نصب قائم من هذا البناء بعد. وبالإضافة إلى ذلك، ما زالت هناك مشاكل عالقة بخصوص التخلص من النفايات، واحتمال كبير بفشل تلك التكنولوجيا في تحقيق أهدافها. وفي يومنا هذا، لم تعد أية شركات طاقة مدارة من القطاع الخاص تخاطر ببناء محطة طاقة نووية دون دعم مالي وضمانات حكومية. والملاحظ أن محطات الطاقة النووية تبني فقط عندما يكون هناك تحالف غير مقدس بين الحكومة وصناعة الطاقة.

وحتى الآن، تم تمويل محطات الطاقة النووية عن طريق دعم مالي كبير من القطاع العام. وبالنسبة لألمانيا، تصل فاتورة الدعم إلى أكثر من مائة مليار يورو، وما زالت المعاملة التفضيلية هذه قائمة حتى يومنا هذا. ونتيجة لذلك، باتت المليارات المرصودة للتخلص من النفايات النووية، وتفكيك محطات الطاقة النووية، تشكل تلاحقاً معيقاً من الضرائب بالنسبة للشركات. هذا بالإضافة إلى محدودية مسؤولية مشغلي المحطة إلى ٢,٥ مليار يورو - وهذا

## تمهيد: باتر محمد وردم<sup>١</sup>

سيحظى المهتمون بمستقبل الطاقة النووية في البلاد العربية، من خلال هذا الكتيب بمعين مهم من المصادر والمعلومات التي يمكن استخدامها في إثراء النقاشات الوطنية والإقليمية حول الطاقة النووية وإبقائها في الإطار الاقتصادي العلمي بدون أن تكون مخضعة لأهواء السياسة وتجييش المشاعر الوطنية التي لا تنجح سوى في جرفنا نحو تصورات خاطئة تبني عليها قرارات كارثية.

يكتشف قراء هذا الكتيب أن الخوض في الخيار النووي هو مغامرة اقتصادية غير مأمونة العواقب بالنسبة لدول ذات دخل فردي متوسط مثل الأردن ومصر، والتي يفضل أن تخصص تلك المصادر المالية لحاجات أكثر أولوية مثل التعليم والصحة وكفاءة استهلاك الطاقة بدلا من استنزاف الموازنات العامة في المشاركة في تقديم الإعانات الباهظة للبرامج النووية. على جميع صناعات القرار السياسي والاقتصادي المتعلق بالطاقة النووية في العالم العربي الإعتناء من تجربة مفاعل أولكيلوتو في فنلندا، وهو أحد مفاعلين إثنين من الجيل الثالث قيد البناء حاليا في أوروبا من قبل شركة أريفا الفرنسية، حيث يطعننا هذا الكتيب على كمٍ من المعلومات المثيرة للقلق حول هذا المشروع.

لقد زادت تكاليف بناء محطة الطاقة النووية الجديدة في موقع أولكيلوتو من ٣ مليارات إلى ٤,٥ مليار يورو رغم عدم وجود أي نصب قائم من هذا البناء بعد. ومن المتوقع أن ترتفع التكلفة بشكل كبير في المستقبل. أما عن الوقت الضائع فحدث ولا حرج، فقد كان من المتوقع أن يبدأ تشغيل محطة أولكيلوتو في أيار ٢٠٠٩ عندما تم توقيع عقود البناء الخاصة بالمحطة. ولكن بحلول أيار ٢٠٠٩ كان الوقت اللازم لاستكمال بناء المحطة ما زال يترنح لأربع سنوات لاحقة كما تم الوصول إلى قاعات المحاكم ما بين الشركة المتفددة والشركة القائمة على إدارة المفاعل بسبب التأخر في التسليم.

ليست هذه بالطبع هي التجربة الأكثر نموذجية لبناء مفاعلات الجيل الثالث ولكنها واقعية واحدة من إثنين، فالتأخير نفسه أم مشروع محطة فلانمفيل حيث اعترفت شركة الكهرباء الفرنسية بأن تكاليف البناء المتوقعة لفلانمفيل قد ارتفعت من ٣,٣ مليار يورو إلى ٤ مليار يورو. هاتان تجربتان يمكن لأي عاقل في مستوى صناعة القرار أن يتعظ منهما. لذا فإنه حري بالنشطاء والمختصين المهتمين بمسارات الطاقة النووية في العالم أن يبقوا على إطلاع تام على تطورات بناء مفاعلات الجيل الثالث في العالم.

من المهم التنكير أيضا بأن النص الأصلي لهذا الكتيب قد أعد في آذار ٢٠١٠ أي قبل حوالي سنة من الزلزال المدمر والتسونامي

تواصل مؤسسة هينرش بل-من مكتبها في الدول العربية جهودها المشكورة في نشر سلسلة من الترجمات باللغة العربية لتقارير وكتيبات توضيحية حول مخاطر الطاقة النووية وتداعياتها السياسية والاقتصادية والفنية والبيئية على المجتمعات التي تنتشر فيها تلك الطاقة. وفي هذا الكتيب تقدم المؤسسة منتجاً معرفياً متميزاً يضع أمام القارئ والمختص العربي للمرة الأولى الصورة الشمولية لمعادلة اقتصاديات الطاقة النووية المعقدة، مسلطاً الضوء على الكثير من الجوانب الحيوية التي عادة ما تتجاهل الحكومات والمؤسسات الرسمية العربية التي تروج لخيارات الطاقة النووية المتطرق لها.

في هذا الكتيب من تأليف ستيف توماس، يصطدم القارئ العربي بحقيقة وجود منظومة طويلة من المحاور التي يجب الإحاطة بها قبل التوصل إلى حساب دقيق شبه نهائي لتكلفة بناء المحطات النووية في العالم. هذه محاور وقضايا تضعها المجتمعات والدول المتقدمة والمتميزة بالحوار الديمقراطي والمكاشفة على راس الأولويات، ولا تسمح باتخاذ قرار في المضي قدما في برامج الطاقة النووية بدون تقديم الإجابات الكاملة والدقيقة علميا واقتصاديا عليها، لأن هذه الدول والحكومات تتحمل مسؤولية أخلاقية وسياسية تجاه مواطنيها أولا وتجاه مواطني الدول المجاورة لها أيضا.

في كافة الدول العربية التي بدأت جديا في ملاحقة خيار الطاقة النووية ووصلت إلى مستوى طرح العطاءات والتصاميم واختيار المواقع، لا نجد إلا رقما واحدا يتكرر ذكره في اقتصاديات الطاقة النووية وهو المرتبط بتكلفة إنشاء المفاعل. وهي عادة قيمة نظرية يتم في الواقع تجاوزها أثناء البناء كما يشرح الكتيب وخاصة بالنسبة لمفاعلات الجيل الثالث التي تعدنا بها حكوماتنا ودولنا كمصدر إنقاذ للأزمات المتتالية في قطاع الطاقة.

تجاهل حكوماتنا، وربما عن عمد أكثر منه عن قلة دراية، الحديث عن التكاليف المرتبطة بتشغيل المفاعلات وصيانتها والتأكد من أفضل ممارسات السلامة -خاصة بعد حادث المفاعل النووي في فوكوشيما. كما أنها تغفل المتطرق إلى تكاليف معالجة المخلفات النووية الخطرة و تكاليف تفكيك المفاعلات النووية. مع ذلك فإن الحكمة تقتضي التعامل مع تلك المراحل الأربع كمرحلة مترابطة لا ينبغي أبدا فصل إحداها عن الأخرى. وهذا ما يوضحه لنا الكتيب الحالي الذي يقدم لنا صورة أكثر شمولية تتضمن الأخذ بعين الاعتبار تكلفة الوقود وصيانة وتطوير الشبكات الكهربائية والتأمين والمسؤولية القانونية والإعانات الرسمية وأسعار الكهرباء الناتجة وغيرها من التفاصيل الهامة.

١ باتر محمد علي وردم باحث أردني يحمل درجة الماجستير في علوم البيئة وله خبرة عملية في مجالات ادارة الموارد الطبيعية وادارة الانظمة البيئية وتطوير السياسات والاستراتيجيات وخطط عمل البيئة والاتصال وبناء القدرات وادارة المعرفة.

يعتمد على تصميم أرخص وأصغر وأقل حرصا على معايير السلامة العامة، وقد ذكرت ذلك في معرض تبريرها لعدم قدرة أريفا على الفوز بعطاء بناء ٤ مفاعلات نووية في الإمارات العربية المتحدة وفوز الإئتلاف الكوري الجنوبي بسعر أقل من السعر الفرنسي (المصدر: مجلة نيوكليونيكس ويك ١٤ كانون الثاني ٢٠١٠).

ويشير الkitب إلى أن تكلفة الطاقة النووية تنقسم إلى تكاليف ثابتة (الإنشاء، معالجة المخلفات، وكلفة رأس المال والوقت المقدر للإنتهاء) و تكاليف متغيرة مثل كلفة الوقود والمواد الخام والصيانة وأخيرا تكاليف التأمين التي عادة ما تكون باهظة للغاية ولكن لا غنى عنها. وكما نلاحظ فإن الأرقام التقديرية الوحيدة التي يتم تداولها في البيانات والتصريحات الإعلامية لمؤسسات الطاقة النووية هي تقديرات كلفة الإنشاء فقط، فهل هذا مؤشر على سطحية التفكير أم تعمد تجاهل التكاليف العالية الأخرى التي قد تولد ردة فعل سلبية لدى الرأي العام؟

وحتى في سياق تكاليف الإنشاء، ترتفع التكاليف إذا ظهرت ضرورة لتعديل التصميم، حيث قد ينبغي تعديل التصميم إذا تبين هزلة التصميم التفصيلية الأصلية أو بناء على طلب من الجهة القائمة على تنظيم السلامة في المنشآت، أو في حال لم يتم بناء التصميم بالكامل قبل الشروع بالبناء. ردا على تلك المشاكل، تسعى شركات بناء المحطات إلى الحصول على مصادقة كاملة من الهيئات التنظيمية قبل الشروع بالبناء، كما هو الحال في اقتراح الدمج بين رخصة البناء ورخصة التشغيل في الولايات المتحدة". (اقتصاد الطاقة النووية: آخر المستجدات، ص ٢٠)

وفيما يتعلق بالتمويل، يشير الkitب إلى أن تمويل المشاريع النووية يتم من خلال المزج بين الدين (الاستدانة من المصارف والأسهم (تمويل ذاتي من الدخل). وفي حال لم تكن المصارف مستعدة للإقراض، فإن استبدال الاقتراض بأسهم الشركة ليس خيارا محتملا. وهذا يعني أساسا أن تطلب الشركة من مساهميها إقراض المال للشركة لمشروع تعكف المصارف عن تمويله. وبالتالي قد يعترض المساهمون على تمويل مشاريع كبيرة تستهلك هذا الكم من رأس المال الأسهمي للشركة. وبنفس القدر لن تقدم المصارف بالتمويل لطلبات قروض يبدو فيها أن الشركة ليست على استعداد للمخاطرة بمالها الذاتي فيها. ويظهر هذا الأمر جليا بشكل خاص في الولايات المتحدة، عند انطلاقة برنامج الطاقة النووية لسنة ٢٠١٠، حيث كان من المتوقع أن يتم تمويل المشروع على قدر المساواة من رأس المال والدين. ولكن بحلول ٢٠٠٨ اتضح أن الشركات كانت تتوقع تغطية أكبر قدر ممكن من التكلفة من خلال الاقتراض - المدعوم بضمانات قروض فيدرالية. كما أعربت المصارف بشدة عن استعدادها لإقراض المال فقط إذا كانت تغطية ضمانات القرض شاملة جدا. وبالتالي فإن سنة من أكبر المصارف الاستثمارية في وول ستريت أخطرت وزارة الطاقة الأمريكية عن عدم استعدادها لصرف قروض لمحطات طاقة نووية جديدة إلا إذا تحمل دافعوا الضرائب ١٠٠٪ من المخاطر". (اقتصاد الطاقة النووية: آخر المستجدات، ص ٢٢) أما في العالم العربي فلا توجد حتى الآن تفاصيل دقيقة ومطلنة عن عمليات وخيارات التمويل المتوقعة.

العاصف الذي ضرب اليابان وتسبب في الوصول إلى حافة الإنهيار النووي في مفاعل فوكوشيما الياباني. لقد شكلت تلك الحادثة منعطفا نوعيا في مسار الطاقة النووية في العالم بأسره، تسبب في تعطيل عدة مشاريع لبناء المفاعلات النووية، وقرارات بإغلاقات تدريجية لمفاعلات في دول أوروبية ومنها ألمانيا. وكذلك رفع هذا الحادث التكلفة المقدر لتعظيم خيارات السلامة العامة في المفاعلات النووية إلى مستويات هائلة. إن عالم ما بعد فوكوشيما لا يمكن أن يقارن بما كان سابقا وليس من المقبول أبدا التظاهر بأن المعدلات الخاصة بالسلامة لم تختلف في بنيتها الفنية وكلفتها الاقتصادية. لقد كانت فوكوشيما لحظة استثنائية من أجل التمهّل وإعادة التفكير. ولكن عالما العربي وحده خرج بالتصريحات الواثقة العاقدة العزم على المضي قدما في مشاريع الطاقة النووية وكأن مؤسساتنا المروجة للخيار النووي تريد أن تتحدى العبرة الجديدة التي كان منمها باهظا جدا في فوكوشيما.

عندما تم الترويج لمفاعلات الجيل الثالث كانت الكلفة المتوقعة لإنتاج الطاقة الكهربائية من مفاعلات الجيل الثالث هي ألف دولار لكل كيلو واط، ولكن الحقائق التي تظهر حاليا تشير إلى حوالي ٦ اضعاف هذا الرقم حسب توقعات (حسابات) هيئة الطاقة النووية البريطانية في دراسة نشرت في العام ٢٠١٠. وقد يرجع ذلك - وخاصة في فنلندا وفرنسا حيث التجربتين الرئيسيتين - إلى صدور الموافقة على البناء قبل الإنتهاء من التصميم النهائي للمفاعل مما جعل من مهمة تقدير الكلفة الحقيقية متسرة. ولذلك فمن الضروري إعداد دراسة جدوى اقتصادية تتضمن تصميم المفاعل بشكل واضح قبيل اتخاذ القرار النهائي في الموافقة على البناء من عدمه و عرض الرقم الحقيقي على الجمهور وليس التوقعات النظرية التي تنتشر حاليا في العالم العربي.

لقد تطلب الأمر أكثر من عقد من الزمن في الدول الغربية لتطوير معايير مرجعية جديدة لسلامة المفاعلات النووية بعد حادثة تشيرنوبيل في العام ١٩٨٦ ولهذا فإن التداعيات الحقيقية لحادثة فوكوشيما سوف تؤدي إلى إعادة النظر في كافة معايير السلامة النووية ليس فقط من أخطار الزلازل والتسونامي ولكن في طريقة التعامل مع تداعيات اي خلل في عمل المفاعل. وفي ظل هذه الظروف يبدو أن الإصرار على المضي قدما بالتصاميم الأولية والمواقع المقترحة والتكاليف المقدره حاليا للمفاعلات النووية في العالم العربي هو صرف من صروف الجنون. وفي حال لم تكن نطمح بالتيقيد بالمعايير الغربية الصارمة دوننا نعتظ من قرار الصين في آذار ٢٠١١ بتجميد قرارات الموافقة على المحطات النووية الجديدة قبل إجراء دراسات شاملة للسلامة العامة بعد فوكوشيما.

ومن المهم أيضا إدراك ما يحدث في ساحة القرارات الدولية المتعلقة بالتعامل مع اسواق الطاقة النووية. في العام ٢٠١٠ قالت أن لوفرجيون رئيسة شركة أريفا الفرنسية كبرى شركات بناء المفاعلات النووية في العالم أمام لجنة من مجلس الشعب الفرنسي أن هنالك توجهات لخلق مسارين لسوق الطاقة النووية في العالم. أحدهما يطبق في أوروبا الغربية والولايات المتحدة ويلتزم تماما بشروط السلامة العامة القاسية، ومسار آخر في الدول النامية

الرأي العام وخاصة إذا كانت تتضمن تكاليف هائلة من الموارد المالية والتي يمكن تخصيصها في مشاريع تنمية تسهم في رفعة الإنسان وتحسن من صحة البيئة ونوعية الحياة. وفي عالم عربي لا تغيب عنه الشمس الساطعة يبقى من غرائب الأمور التوجه نحو الطاقة النووية المكلفة والخطرة على حساب الطاقة المتجددة الآمنة والمستدامة.

بعد مطالعة هذا الكتيب سوف يتمكن القارئ العربي من الحصول على الصورة الشمولية حول اقتصاديات الطاقة النووية ويصبح مسلحاً بالمعرفة والأسئلة التي يجب طرحها على المسؤولين عن برامج تطوير الطاقة النووية في العالم العربي وإذا لم يتمكنوا من تقديم المعلومات الموثقة فسوف نتأكد جميعاً بأن هنالك توجهاً خاطئاً تصبح عملية إيقافه مسؤولية وطنية وليس مجرد خيار قيد الدراسة.

في التحليل النهائي تبقى الشفافية مغيبة عن برامج الطاقة النووية العربية والتي تسودها محاولات الترويج المباشر واستخدام الوطنية السياسية لتبرير هذه التوجهات بدلاً من طرح الحقائق العلمية والبيانات الاقتصادية وعرض الصورة الشاملة أمام الرأي العام والذي يستحق أن يكون مطلعاً على كافة التفاصيل ومشاركاً في عملية اتخاذ القرار.

تمر الدول العربية في تحولات جذرية على صعيد الحوكمة وسياسات التنمية وإدارة الموارد المالية والطبيعية، وهذه التحولات تتطلب نمطاً جديداً من الإدارة التي تحترم حقوق المشاركة العامة والشفافية التامة في الإعلان عن الحقائق. لم يعد من الممكن المضي قدماً في قرارات تغيب عنها مصادقية الحوار ولا التفويض الممنوح من

## مقدمة المؤلف

لنغاو ٣، وكينشان ٢-٣ (الصين)، وشين كوري ١ (كوريا الجنوبية). وكانت النتيجة النهائية لهذه التغييرات أنه بحلول آب ٢٠١٠، أصبح هناك ٥٩ مفاعلًا قيد الإنشاء، من بينها ٣٧ منشأة بدأ العمل على إنشائها بعد سنة ٢٠٠٥. ومن هذه المنشآت الـ ٣٧، هناك ٢٣ في الصين، و٦ في روسيا، و٥ في كوريا الجنوبية، و٢ في اليابان و١ في فرنسا. وما زالت تهيمن على صورة الطلبات الجديدة قلة قليلة من الدول التي تستخدم، بالعادة، موردين محليين وتصاميم قديمة نسبيًا.

لقد انتهى العمل على هذا النص في آذار ٢٠١٠، ومنذ ذلك الحين بدأ العمل على منشآت نووية جديدة وانتهى العمل في محطات أخرى. يبين الجدول التالي المحطات السبع التي انطلق العمل بها ما بين آذار ٢٠١٠ وآب ٢٠١٠. وقد عاود العمل في محطة أنغرا ٣ في البرازيل التي كان قد بدأ العمل على بنائها في العام ١٩٧٦ (المزيد من التفاصيل عن هذه المنشأة، انظر جدول ٣). كما استكمل العمل على أربع وحدات (المزيد من التفاصيل، انظر الجدول ٢): راجاستان ٦ (الهند)،

### جدول القدرة النووية مع انطلاق الإنشاءات بين آذار ٢٠١٠ وآب ٢٠١٠

الدولة	الموقع	نوع المفاعل	الجهة البائعة	الحجم بالميجاواط
الصين	تايشان 2	PWR	أريفا	1700
الصين	تشانغ جيانغ 1	PWR	الصين	1000
الصين	هايانغ 2	PWR	الصين	1000
الصين	فانجتشينجانج 1	PWR	الصين	1000
اليابان	أوهما	BWR	توشيبا	1325
روسيا	لينينغراد 2-2	PWR	روسيا	1080
روسيا	روستوف 4	PWR	روسيا	1080

المصدر: PRIS Data Base, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>

## ١) المقدمة

وإعادة إحياء الطلب النووي، بحجة أن الطاقة النووية هي الحل الرشيد ذو الكلفة المعقولة لمكافحة التغيرات المناخية. وقد عقدت شركات الخدمات العامة عزمها على تشغيل محطاتها القائمة لأطول فترة ممكنة، وأعربت شفويًا عن دعمها للحاجة لمحطات طاقة نووية جديدة، ولكنها ما زالت مترددة في بناء محطات طاقة نووية جديدة دون توفر ضمانات متعلقة بالتكلفة والسوق، ناهيك عن الدعم المالي. ويمكن تفسير هذه المعضلة المحيرة في ظاهرها بسبب الفرق بين التكاليف الجارية فقط لتشغيل الطاقة النووية التي عادة ما تكون متدنية، والتكلفة الإجمالية للطاقة النووية، بما في ذلك تسديد تكاليف البناء، التي تكون في العادة أكبر بكثير. وعليه، متى انتهى بناء محطة الطاقة النووية، فإن هناك منطقتين اقتصاديتين للإبقاء على تشغيلها حتى وإن كانت التكلفة الإجمالية لتوليد الطاقة، بما فيها تكاليف الإنشاء، أكبر من البدائل. وتكلفة بناء المحطة هي تكاليف "ضائعة" لا يمكن استردادها، والتكلفة الهامشية لتوليد كيلوواط إضافي يمكن أن تكون صغيرة.

إن الهدف من هذا التقرير هو معرفة المؤشرات الاقتصادية الأساسية التي من شأنها أن تحدد تكلفة الكهرباء النووية، من خلال التعليق على تلك العوامل المحددة. ويتبين أنه بدون الدعم المالي، والضمانات من مستهلكي الكهرباء ودافعي الضرائب، فإنه لن يتم بناء محطات الطاقة النووية الجديدة.

بسبب التحديات التي يشكلها انبعاث غازات الدفيئة، وبخاصة في قطاع توليد الكهرباء، تولد اهتمام جديد ببناء محطات الطاقة النووية. ومن المفترض في البداية أن تستبدل تلك المحطات المخزون المتهالك الحالي للمفاعلات القائمة، ومن ثم تلبى التزايد في الطلب على الكهرباء، حتى تحل تدريجياً محل محطات توليد الطاقة المستخدمة للوقود الأحفوري. ويتم بناء هذه المحطات الجديدة في أسواق جديدة لم تكن حتى هذه اللحظة تستخدم الطاقة النووية. وعلى المدى الأبعد، هناك وعد بأن تحل الطاقة النووية محل الوقود الأحفوري المستخدم حالياً لتغطية احتياجات الطاقة. مثلاً، يمكن استخدام محطات الطاقة النووية لتصنيع الهيدروجين الذي يمكنه أن يحل محل الهيدروكربونات في مركبات النقل.

وبطبيعة الحال، فإن العامة يتساءلون بحيرة عمًا إذا كانت الطاقة النووية تشكل بالفعل مصدراً رخيصاً للكهرباء. وتتصاعد التكاليف التقديرية للمحطات النووية الجديدة إلى مستويات مرعبة، إلى درجة أن تقديرات التكلفة تضاعفت أكثر من خمسة أضعاف، مع استمرار توقع الزيادة في تلك التكلفة كلما تطورت التصاميم. ومع ذلك، فقد شهدنا خلال السنوات الأخيرة بعض الحكومات على شاكلة الولايات المتحدة، والمملكة المتحدة، وألمانيا، وإيطاليا، قد عزم أمرها في محاولتها الاستمرار في تشغيل المحطات النووية القائمة،



## ٢) السوق العالمي للمحطات النووية: الطلبات القائمة والآفاق المستقبلية

المتحدة والولايات المتحدة سيئة لدرجة أنه لم يبد خلال العقد الماضي أن هناك أي فرصة لتقديم طلبات من هاتين الجهتين، ما يعني أن إعادة إحياء هذه الأسواق يعتبر صفقة من نوع خاص.

نستنتج من قائمة المحطات التي تم طلبها في الوقت الحالي (الجدول ٢، ٣، ٤) أن هذه النهضة هي في جملها محض أحدث، وأنها في نطاق جغرافي محدود. في كانون الثاني ٢٠١٠، كانت هناك ٥٥ محطة قيد البناء على مستوى العالم، بقدرة تصل إلى ٣٧٥ جيجاواط مقارنة مع ٤٤٣ عاملة فعلياً بقدرة تصل إلى ٣٧٥ جيجاواط (الجدول ١). ومن بين الـ ٣٢ وحدة التي كان بناؤها قد بدأ بعد سنة ٢٠٠٥، كانت كلها، بخلاف

اثنتين (واحدة في فرنسا وثانية في اليابان)، في الصين (٢٠)، وفي كوريا الجنوبية (٦)، أو في روسيا (٢) (الجدول ٢). وكل تلك الوحدات، بخلاف

تقع في الصين، تم توريدها من خلال موردين من البلد نفسه. أما الموردون الغربيون العاملون في أوروبا -Westinghouse and- Areva NP- فلم يجنوا سوى أرباح اثنيتين من الطلبات خارج الصين: طلبية أولكيلوتو لصالح فنلندا مع أريفا ن. ب. وطلبية فلانمفيل لفرنسا. وكانت تلك الطلبات السبع والوحدات الأربع المطلوبة من كوريا الجنوبية من قبل دولة الإمارات العربية المتحدة في كانون الأول ٢٠٠٩ هي الطلبات الوحيدة على تصاميم الجيل الثالث والجيل الثالث المتقدم.

جرى الحديث في العقد الماضي عن "نهضة نووية" بناء على عاملين، وهما: جيل جديد من محطات الطاقة النووية، يعرف باسم الجيل الثالث المتقدم، سيطرح بتكلفة أرخص وبناء أسهل وسلامة أكبر وإنتاج أقل للنفايات (انظر الملحق ١ لوصف تصاميم الجيل الثالث المتقدم - الثالث+). ولن يقتصر استقبال تلك الطلبات على الدول التي لم تكن فيها مشكلة للطلب على الطاقة النووية مثل فرنسا والهند وكوريا الجنوبية، بل سيمتد إلى دول مثل الولايات المتحدة، والمملكة المتحدة، وإيطاليا، وألمانيا، التي كانت قد بدت كما لو أنها تبعد عن الطاقة النووية. وتشكل كل من الولايات المتحدة والمملكة المتحدة أهدافاً خاصة للصناعة النووية وهذا يرجع لأسباب عدة، وهي:

**نستنتج من قائمة المحطات التي تم طلبها في الوقت الحالي، أن هذه النهضة هي في جملها محض أحدث، وأنها في نطاق جغرافي محدود.**

- المملكة المتحدة والولايات المتحدة أقرب إلى عمل طلبات على تصاميم الجيل الثالث المتقدم مقارنة مع أي مكان آخر في أوروبا وأمريكا الشمالية، بخلاف فنلندا وفرنسا.

- ينظر إلى الولايات المتحدة والمملكة المتحدة كدولتين رائدتين في مجال الطاقة النووية، وبالتالي فإن الطلبات الجديدة على المحطات النووية التي يكون منشأها هاتين الدولتين تكتسب هيبة إضافية؛ و

- تبين التجارب الاقتصادية أن الطاقة النووية في المملكة

وعليه، فإنه بدون الصين، يكون سجل الطلبات على محطات طاقة نووية جديدة، هزلياً. وتقوم شركات صينية بتلبية معظم طلبات الصين، وتستند إلى التصميم الفرنسي الذي طلبته من فرنسا سنة ١٩٨٠ لموقع دايا باي. وعلينا الانتظار لنرى ما إذا كانت تتوفر للصين الموارد البشرية والمالية الكافية لتواصل تمويل الطلبات على هذا المعدل الذي وصلت إليه سنتي ٢٠٠٨ و٢٠٠٩، عندما بدأ العمل فيها على ١٥ وحدة جديدة. والنتيجة الأكثر توقعاً بالنسبة للصين، ونظراً لحاجة الصين لاستخدام موارد رأس المال المحدودة فيها بعناية وحرص، هي أنها ستظل تضع عدداً صغيراً من الطلبات النووية في السوق الدولي - ولكنها أقل بكثير من التوقعات التي وضعتها حكومة الصين أو الصناعة النووية - هذا بينما تحاول بناء قدراتها من خلال توريد محطاتها النووية الخاصة.

ومن مثلها مثل الصين، فإن روسيا كانت تعج بالخطط الطموحة للتوسع في الطاقة النووية. فقد كانت لديها خطط سنة ٢٠٠٨ بأن تتوفر طلبات على ٢٦ وحدة نووية جديدة (بقدره ٣٠ جيجاواط) بحلول ٢٠٢٥، ولكن مع حلول العام ٢٠٠٩، كان هذا الهدف قد تأجل إلى سنة ٢٠٣٠. وتوجد أربع وحدات يعود تاريخها إلى الثمانينيات من القرن الماضي، التي ما زال يرد ذكرها على أنها ما زالت قيد البناء وعلى وشك الانتهاء، ولكن الوضع ظل على حاله لمدة عقد وأكثر (انظر الجدول ٣). إذا كانت الحاجة للطاقة النووية الجديدة ملحة وتوفرت الموارد المالية لها، فقد كان سيتم إنجاز العمل فيها الآن. ويصعب الحصول على معلومات موثوقة من روسيا حول حالة بناء المحطات النووية حالياً، وقد لا تكون تلك المحطات، في الواقع، قيد البناء الآن. وهناك شكوك خاصة تتمحور حول محطة كورسك ٥، التي تستخدم التكنولوجيا نفسها المستخدمة في مفاعل تشيرنوبل، والتي ستكون مثار جدل إذا ما تم تشغيلها.

والنتيجة الأكثر توقعاً بالنسبة للصين، ونظراً لحاجة الصين لاستخدام موارد رأس المال المحدودة فيها بعناية وحرص، هي أنها ستظل تضع عدداً صغيراً من الطلبات النووية في السوق الدولي - ولكنها أقل بكثير من التوقعات التي وضعتها حكومة الصين أو الصناعة النووية - هذا بينما تحاول بناء قدراتها من خلال توريد محطاتها النووية الخاصة.

والنتيجة الأكثر توقعاً بالنسبة للصين، ونظراً لحاجة الصين لاستخدام موارد رأس المال المحدودة فيها بعناية وحرص، هي أنها ستظل تضع عدداً صغيراً من الطلبات النووية في السوق الدولي - ولكنها أقل بكثير من التوقعات التي وضعتها حكومة الصين أو الصناعة النووية - هذا بينما تحاول بناء قدراتها من خلال توريد محطاتها النووية الخاصة. والتصميم الذي تورده الصين حالياً هو بالقديم، بحيث لم يعد ملائماً للغرب.

## الجدول ١ - القدرة النووية العاملة وتلك التي قيد البناء: كانون الثاني ٢٠١٠

الموردون	التكنولوجيا	% المستخدمة لتوليد الكهرباء بالطاقة النووية (2008)	قيد البناء: الطاقة بالميجاواط (عدد الوحدات)	عاملة: الطاقة بالميجاواط (عدد الوحدات)	
Siemens AECL	HWR	6	692 (1)	932 (2)	الأرجنتين
روسيا	WWER	39	-	376 (1)	أرمينيا
فراماتوم	PWR	54	-	5863 (7)	بلجيكا
وستنغهاوس سيمنز	PWR	3	-	1766 (2)	البرازيل
روسيا	WWER	33	1906 (2)	1966 (2)	بلغاريا
AECL	HWR	15	-	12577 (18)	كندا
Framatome, AECL	PWR, HWR	2	19920 (20)	8438 (11)	الصين
الصين، روسيا	WWER				
GE, Framatome	PWR, BWR	20	2600 (2)	4949 (6)	تايوان
روسيا	wwer	32	-	3678 (6)	جمهورية التشيك
Russia, Asea Westinghouse	Wwer, BWR, PWR	30	1600 (1)	2696 (4)	فنلندا
Framatome	PWR	76	1700 (1)	63260 (59)	فرنسا
Siemens	PWR, BWR	28	-	20470 (17)	ألمانيا
Russia	WWER	37	-	1755 (4)	المجر
AECL, India, Russia	HWR, FBR, WWER	2	2708 (5)	3984 (18)	الهند
Russia	WWER		915 (1)	-	إيران
Hitachi, Toshiba Mitsubishi	BWR, PWR	25	1325 (1)	46823 (53)	اليابان

الموردون	التكنولوجيا	% المستخدمة لتوليد الكهرباء بالطاقة النووية (2008)	قيد البناء: الطاقة بالميجاواط (عدد الوحدات)	عاملة: الطاقة بالميجاواط (عدد الوحدات)	
Westinghouse AECL, S Korea	PWR, HWR	36	(6) 6520	17647 (20)	كوريا الجنوبية
GE	BWR	4	-	(2) 1300	المكسيك
Siemens	PWR	4	-	(1) 482	هولندا
Canada, China	HWR, PWR	2	(1) 300	(2) 425	الباكستان
AECL	HWR	18	-	(2) 1300	رومانيا
Russia	WWER, RBMK	17	(9) 6894	(31) 21743	روسيا
Russia	WWER	56	(2) 810	(4) 1711	الجمهورية السلافية
Westinghouse	PWR	42	-	(1) 666	سلوفينيا
Framatome	PWR	5	-	(2) 1800	جنوب أفريقيا
Westinghouse, Asea	PWR, BWR	18	-	(8) 7450	إسبانيا
Westinghouse, Asea	PWR, BWR	42	-	(10) 8958	السويد
Westinghouse, GE Siemens	PWR, BWR	39	-	(5) 3238	سويسرا
Russia	WWER	47	(2) 1900	(15) 13107	أوكرانيا
Uk, Westinghouse	GCR, PWR	13	-	(19) 10097	المملكة المتحدة
Westinghouse B&W, CE, GE	PWR, BWR	20	(1) 1165	(104) 100683	الولايات المتحدة
			50955(55)	375136(443)	العالم

المصدر: /IAEA, <http://www.iaea.or.at/programmes/a2>

سنة ٢٠٠٥. ومنذ ذلك الحين، أعلنت روساتوم الروسية (ما يصل إلى ٤ وحدات من تصميم WWER-١٢٠٠) وواشنطن (ما يصل إلى ٨ وحدات من تصميم AP١٠٠٠)، وأريفا (حتى ٦ وحدات (EPR) وحي-هيتاشي (حتى ٨ وحدات من نوع ABWR)، وكلها عن اتفاقيات لتوريد محطات نووية هناك، ولكن لم يتحول أي من تلك الأدعاءات إلى طلبات محددة. ومن المتوقع أن تقوم الصناعة النووية الهندية الخاصة ببناء عدد كبير من المحطات الجديدة باستخدام تكنولوجيا متنوعة، بما فيها المفاعلات السريعة، ومفاعلات الماء الثقيل، والمفاعلات المشعلة بالثوريوم. وقد حددت الحكومة الهندية هدفاً يقضي بتشغيل قدرة نووية جديدة بمقدار ٦٣٠٠٠ ميجاواط بحلول ٢٠٢٣. وسيكون من المستغرب نظراً لسجلها السابق، أن تستطيع الهند تحقيق مستوى قريب من هذا الهدف.

طلبت الهند عدداً صغيراً من المحطات من موردين غربيين في ستينيات وسبعينيات القرن الماضي، ولكن اختارها للسلاح النووي سنة ١٩٧٥ باستخدام مواد منتجة في مفاعل أبحاث كندي، أفضى إلى قطع الاتصالات كافة مع الموردين الغربيين. وواصلت الهند بناء المحطات باستخدام التصميم الكندية التي تعود إلى حقبة الستينيات. وسجل هذه التقنية هزلاً من ناحية إمكانية الثقة بها، وعادة ما تستغرق في البناء وقتاً أطول مما هو متوقع لها، ولهذا يجب التعامل بحذر مع تواريخ الإنجاز الواردة في الجدول ٢. كما أن الولايات المتحدة قطعت التعاون سنة ١٩٩٨ بعد اختبارات أسلحة إضافية، ولكن سنة ٢٠٠٥ عاودت كل من الهند والولايات المتحدة التفاوض على صفقة تعاون تكنولوجي في الكهرباء النووية للاستخدامات المدنية. وواصلت كندا أيضاً مبيعاتها للمواد النووية

## الجدول ٢: محطات الطاقة النووية قيد البناء على مستوى العالم التي تم الطلب عليها منذ العام ١٩٩٩ وحتى تاريخه

الدولة	الموقع	نوع المفاعل	الجهة البائعة	الحجم ميغاواط	بدء البناء	المرحلة المنتهية من البناء	التاريخ المتوقع للتشغيل
الصين	فنجيسان 1	PWR	الصين	1000	2008	0	
الصين	فنجيسان 2	PWR	الصين	1000	2009	0	
الصين	فوجينغ 1	PWR	الصين	1000	2008	0	
الصين	فوكنج 2	PWR	China	1000	2009	0	-
الصين	هاييانغ 1	PWR	China	1000	2009	0	-
الصين	هونغيانهي 1	PWR	China	1000	2007	20	-
الصين	هونغيانهي 2	PWR	China	1000	2008	0	-
الصين	هونيانغهي 3	PWR	China	1000	2009	0	-
الصين	هونيانغهي 4	PWR	China	1000	2009	0	-
الصين	لينغاو 3	PWR	China	1000	2005	60	-
الصين	لينغاو 4	PWR	China	1000	2006	50	2010
الصين	نيغدي 1	PWR	China	1000	2008	10	-
الصين	نيغدي 2	PWR	China	1000	2008	5	-
الصين	نيغدي 3	PWR	China	1000	2010	5	-
الصين	كينشان 2-3	PWR	China	610	2007	50	2010
الصين	كينشان 2-4	PWR	China	610	2007	50	2011
الصين	سانمين 1	PWR	W'house	1000	2009	10	-
الصين	سانمين 2	PWR	W'house	1000	2009	10	-
الصين	تاشان 1	PWR	Areva	1700	2009	0	-
الصين	يانغجيانغ 1	PWR	W'house	1000	2009	10	-
الصين	يانغجيانغ 2	PWR	W'house	1000	2009	0	-
تايوان	لونغمين 1	ABWR	GE	1300	1999	57	2011
تايوان	لونغمين 2	ABWR	GE	1300	1999	57	2012
فنلندا	أولكيلوتو 3	EPR	Areva	1600	2005	40	2012
فرنسا	فلامانفيل 3	EPR	Areva	1700	2007	25	2012
الهند	كايجا 4	Candu	India	202	2002	97	2010
الهند	كادانكولام 1	WWER	Russia	917	2002	90	2011
الهند	كادانكولام 2	WWER	Russia	917	2002	79	2011
الهند	PFBR	FBR	India	470	2005	37	-
الهند	راجاستان 6	Candu	India	202	2003	92	2010
اليابان	شيمان 3	BWR	Toshiba	1325	2007	57	2011

الدولة	الموقع	نوع المفاعل	الجهة البائعة	الحجم ميغاواط	بدء البناء	المرحلة المنتهية من البناء	التاريخ المتوقع للتشغيل
كوريا الجنوبية	شين كوري 1	PWR	S. Korea	960	2006	77	2010
كوريا الجنوبية	شين كوري 2	PWR	S. Korea	960	2007	77	2011
كوريا الجنوبية	شين كوري 3	PWR	S. Korea	1340	2008	29	2013
كوريا الجنوبية	شين كوري 4	PWR	S. Korea	1340	2009	29	2014
كوريا الجنوبية	شين وولسونغ 1	PWR	S. Korea	960	2007	49	2011
كوريا الجنوبية	شين وولسونغ 2	PWR	S. Korea	960	2008	49	2012
الباكستان	تشاسنوب 2	PWR	China	300	2005	25	2011
روسيا	بيلوارسكي 4	FBR	Russia	750	2006	12	-
روسيا	لينينغراد 1-2	WWER	Russia	1085	2008	0	-
روسيا	نوفوفورونيش 1-2	WWER	Russia	1085	2008	5	-
روسيا	نوفوفورونيش 2-2	WWER	Russia	1085	2009	0	-
المجموع				40778			

المصدر: PRIS Data Base, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>; Nuclear News, world list of nuclear plants

ملاحظة: يشمل فقط على الوحدات التي يفوق حجمها 100 ميغا واط. مرحلة البناء حسب ما أعلنته Nuclear News في آذار 2009

تكون إدارتها سيئة، إلى مخاوف لدى الجمهور بشأن الطاقة النووية، وهذا يصعب من احتمال إيجاد مواقع لمحطات إضافية. وكانت هناك محطة واحدة فقط قيد البناء سنة ٢٠١٠ (انظر الجدول ٢) ومن المحتمل ألا يكون هناك أي طلبات كبيرة بالنسبة لليابان.

يبين الجدول ٣ أن هناك ١٧ وحدة غير مكتملة بدأ البناء فيها سنة ١٩٩٠، وهناك احتمال بأن يبدأ تشغيلها، ولكن لم يتم بالضرورة العمل عليها بنشاط كبير. وبالنسبة لتلك المحطات، فإن نسبة الإنجاز المعلنة قد تكون مضللة. فقد أفيد بأن أقل من ٣٣٪ من تلك المحطات قد اكتمل، ما يعني أن العمل انحصر فقط في تحضير الموقع دون أن يكون هناك بناء فعلي للمفاعلات. بالإضافة إلى ذلك، فإن وقت الانتهاء لوحدة قيد البناء في تايوان -طلبت سنة ١٩٩٦ عندما كان من المتوقع أن ينتهي العمل عليها سنة ٢٠٠٤- قد تأجل إلى ثماني سنوات إضافية. ويعتبر مفاعل واتس بار في تينيسي بالولايات المتحدة الأمريكية حالة تستحق الاهتمام الخاص. إذ بدأ العمل على بنائه مع مفاعل توأم له سنة ١٩٧٣، ولكن العمل ظل يتأخر. وأخيراً أنجز العمل على الوحدة ١ سنة ١٩٩٦ بتكلفة

أما كوريا الجنوبية، فقد واصلت طلب المحطات النووية طوال العقدين الماضيين -خمس طلبات خلال السنوات الأربع الأخيرة- وباتت فعلاً تحصل على ٣٦٪ من كهربائها من المحطات النووية (انظر الجدول ٢). وقد تزيد الوحدات الست قيد البناء حالياً من هذه النسبة إلى ٥٠٪، ما يترك مجالاً محدوداً للمزيد من الطلبات للسوق المحلي، الأمر الذي قد يفسر القرار للانتقال نحو أسواق التصدير والفوز بأربع مناقصات من الإمارات العربية المتحدة بأسعار قبل عنها متدنية.

اليابان هي دولة أخرى توقعت باستمرار زيادة كبيرة في قدرتها النووية، ولكنها لم تنسجم مع الطلبات الفعلية. وتورد الشركات اليابانية تلك المحطات التي تستخدم التكنولوجيا المرخصة من قبل وستنغهاوس (Westinghouse) و(GE). وقد تستغرق قرابة العشرين سنة قبل الحصول على المصادقة للبناء في مواقع في اليابان، على الرغم من أنه متى بدأ البناء، عادة ما يكون الإنجاز سريعاً (أربع سنوات في العادة)، ولا يكون هناك تأخير في الغالب. وقد أدت سلسلة من الحوادث في المحطات في اليابان، التي غالباً ما

تخطت ستة مليارات دولار، ولكن العمل على الوحدة ٢ علّق سنة ١٩٨٥ عندما قيل إن ٩٠٪ منه كان قد استكمل<sup>١</sup>. واستؤنف العمل على استكمال المحطة سنة ٢٠٠٧، حيث كان من المتوقع الانتهاء من البناء سنة ٢٠١٣ بكلفة ٢,٥ مليار دولار<sup>٢</sup>.

في عام ٢٠٠٩، بدأت سلطة تينيسي فالي، الشركة العامة المالكة لواتس بار أيضا بالتحري عن إمكانية إعادة بدء بناء وحدتين في موقعها في بلفونت في ألاباما (الولايات المتحدة الأمريكية). وبدأ البناء في هذا الموقع بدأ سنة ١٩٧٤ عندما تعطل العمل فيه في منتصف الثمانينات<sup>٣</sup>. حيث أشارت التقديرات إلى أن العمل قد اكتمل على ٩٠٪ في الوحدة واحدة وعلى ٦٠٪ في الوحدة ٢. استكمال العمل على التصميم الشبيهة بتلك الموجودة في بلفونت وواتس بار والتي أصبح عمرها الآن ٤٠ سنة يثير قضايا خاصة، نظرا لأنه من غير المحتمل أن تحصل تلك التصميم على ترخيص إذا ما عرضت على سلطات التراخيص حاليا.

على سلطات التراخيص حاليا.

استكمال العمل على التصميم الشبيهة بتلك الموجودة في بلفونت وواتس بار والتي أصبح عمرها الآن ٤٠ سنة يثير قضايا خاصة، نظرا لأنه من غير المحتمل أن تحصل تلك التصميم على ترخيص إذا ما عرضت على سلطات التراخيص حاليا.

1) Chattanooga Times, "Tennessee: Estimates Rise for Nuclear Plant," section A1, December 12, 2008.

2) <http://www.tva.gov/environment/reports/wattsbar2/seis.pdf>.

3) <http://web.knoxnews.com/pdf/082708bellfonte-reinstatement.pdf>

## الجدول ٣: محطات الطاقة النووية التي بدأ بناؤها قبل ١٩٩٠

التاريخ المتوقع لبدء التشغيل	النسبة المنجزة (%)	بدء البناء	الحجم الصافي بالميجاواط	الجهة البائعة	التقنية	الموقع	الدولة
2010	87	1981	692	Siemens	HWR	أتوشا 2	الأرجنتين
	10	1976	1275	Siemens	PWR	أنغرا 3*	البرازيل
	0	1987	953	Russia	WWER	بيلين 1*	بلغاريا
	0	1987	953	Russia	WWER	بيلين 2*	بلغاريا
2010	99	1975	915	Russia	WWER	بوشهر	إيران
	23	1983	655	AECL	Candu	سيرنافودا 3*	رومانيا
	23	1983	655	AECL	Candu	سيرنافودا 4*	رومانيا
	8	1983	655	AECL	Candu	سيرنافودا 5*	رومانيا
	High	1986	950	Russia	WWER	بلاكوفو 5*	روسيا
	High	1986	950	Russia	WWER	كالينين 4	روسيا
	High	1985	925	Russia	RBMK	كورسك 5*	روسيا
2010	High	1983	950	Russia	WWER	فولكوبونسك 2	روسيا
	40	1983	405	Russia	WWER	موكوفتش 3	سلوفاكيا
	30	1983	405	Russia	WWER	موكوفتش 4	سلوفاكيا
2015	30	1986	950	Russia	WWER	خملنتسكي 3	أوكرانيا
2016	15	1987	950	Russia	WWER	خملنتسكي 4	أوكرانيا
2012	70	1972	1165	W'house	PWR	واتس بار 2	الولايات المتحدة
			14403				المجموع

المصدر: PRIS Data Base, <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>; Nuclear News, world list of nuclear plants ملاحظة: توقف

العمل على البناء على المفاعلات التي تحمل العلامة \*

## الجدول ٤: طلبات محطات الطاقة النووية التي لم يبدأ العمل على بنائها بعد حتى ١ كانون الثاني ٢٠١٠

الدولة	الموقع	التقنية	الجهة البائعة	الحجم الصافي بالميجاواط	تاريخ الطلبية
الصين	تايشان 2	EPR	أريفا	1700	2008
	غير معروف	AP-1400	كوريا الجنوبية	4×1400	2009

المصدر: عدة تقارير إخبارية

### ٣) المحددات الأساسية للاقتصاد النووي

الانسجام بين المصالح التجارية والمجتمع عموماً. فالتكاليف الضخمة التي سيظهر عبؤها في مرحلة لاحقة متأخرة في المستقبل لا تؤثر تأثيراً كبيراً على القرارات التجارية، لأن هذه التكاليف «غير محسوبة» (انظر الملحق ٣). وهذا يعني أن تكاليف التخلص من النفايات والتفكيك بغرض التنظيف من التلوث الإشعاعي، التي لا تظهر الآن سوى على هيئة تخمينات ضعيفة بلا داعٍ، لا تشكل مصدر أهمية بالنسبة للشركات التجارية. ومن وجهة النظر الأخلاقية، فإنه يجب على الجيل الحالي التنبيه تجاه ترك هذا الإرث المجهول والمكلف، الذي يمكن أن يشكل مصدر خطر داهم على جيل المستقبل ليتعامل معه في وقت لا يوجد لدينا أي يقين بأنها ستتوفر خلاله الطرق الكفيلة بأن تجعل الجيل الحالي يرصد أموالاً للتعامل معها، ناهيك عن تحمل المخاطر المادية. وكذلك الأمر بالنسبة لخطر الحوادث الذي لا يشكل جزءاً من عملية صنع القرار، لأن الشركات تتنصل من هذه المخاطرة بفعل المعاهدات الدولية التي تلقي بتلك المخاطر على كاهل المكلفين دافعي الضرائب.

هناك محددات عدة مهمة تؤثر على تكلفة الكهرباء التي تولدها محطة الطاقة النووية (انظر الجدول ٥). وبعض تلك المحددات واضح وضوح الشمس بينما غيرها أقل وضوحاً. وترى شركة أريفا ن.ب. الفرنسية التي تبني محطات الطاقة النووية أن ٧٠٪ من تكلفة كيلوميغواط من الكهرباء النووية يتم حسابه بالمتناسب التكاليف «الثابتة» من عملية البناء، و ٣٠٪ من التكاليف التشغيلية «الثابتة»، و ١٠٪ أخرى من التكلفة التشغيلية «المتغيرة». والتكاليف الثابتة الوحيدة في البناء هي دفع الفائدة على القروض وتسديد رأس المال، ويدخل في الحساب أيضاً تكاليف التفكيك والتنظيف من الملوثات الإشعاعية. ويتم تحديد تكلفة كل كيلوواط/ساعة حسب القدرة على الاعتماد على المحطة: كلما كانت إمكانية الاعتماد على المحطة أعلى، زاد إنتاجها للمخرجات، التي يمكن توزيع التكاليف الثابتة عليها. وتكون التكاليف الجارية الأساسية هي تكاليف التشغيل والصيانة والتصليح وليس الوقود.

قبل النظر في تلك التكاليف بالتفصيل، تجدر ملاحظة غياب

#### الجدول رقم ٥ - الاقتصاد النووي - العناصر المؤثرة على التكلفة (بناء على معطيات شركة أريفا ن ب)

الوصف	الحصة
التكلفة الثابتة للبناء والفواضد على القروض/ تسديد رأس المال	70%
العمليات الثابتة (تكلفة/ كيلوواط بالساعة):	20%
تعتمد على مدى إمكانية الاعتماد على المحط (مثال عامل الحمل)	
عمليات مختلفة: التشغيل، الصيانة، التصليح، الوقود	10%
تفكيك المفاعل أو المحطة، التخلص من النفايات وإدارتها، خطر الانصهارات، الأذى البيئة والضرر على صحة الإنسان	غير مدرج

## ٣-١ تكاليف البناء ومدته

وتكون شروط تسليم مبنى جاهز للاستخدام ممكنة فقط في حال كان البائع واثقاً تماماً من أنه يستطيع السيطرة على كافة مناحي تكاليف البناء بالكامل. والجيل الحالي للمحطات التي توعد بالغاز، ومحطات توربين الغاز ذي الدورة المشتركة، تباع غالباً وفق شروط تسليم مبنى جاهز للاستخدام، لأنها تبني عادة في مصانع يديرها البائع، وتتطلب حجم عمل قليلاً نسبياً في الموقع. وفي منتصف ستينيات القرن الماضي، باع أكبر أربعة بائعين للطلاقة النووية في الولايات المتحدة ما مجموعه ١٢ محطة بشروط تسليم مبنى جاهز للاستخدام، ولكنهم خسروا أموالاً جمة بسبب عدم قدرتهم على التحكم بالتكاليف. ومنذ ذلك الحين، بات من غير الممكن لأي بائع أن يخاطر بعرض محطة كاملة بشروط المبنى الجاهز للاستخدام. وتجدر الملاحظة أنه يمكن شراء المواد، كل على حدة، حسب شروط المبنى الجاهز للاستخدام، ولكن أية تسعيرة تعطى للمحطة النووية حسب الشروط ذاتها ينبغي التشكيك بها بشكل كبير. وعادة ما يتم توصيف طلبيات أولكيلوتو على أنها «تسليم مبنى جاهز»، بينما أريفا تكون مسؤولة عن إدارة البناء. ولكن كما نبين في القسم ٣،١، فقد كانت أريفا على نزاع مع العميل، تيوليسودين فويما أوي، بشأن شروط العقد، وبخاصة تلك الأجزاء التي تغطي تكاليف تخطي التسعيرة. وتجدر الملاحظة أن بعض الجهات البائعة تستخدم شروط «تسليم المبنى الجاهز»

تعتبر تكاليف البناء المحور الأكثر إثارة للجدل على الرغم من أن المحاور الأخرى كتكلفة رأس المال، وإمكانية الاعتماد على المحطة، تضاهي البناء في الأهمية من إجمالي كلفة كل كيلوواط/ ساعة من الكهرباء. وحتى يمكن مقارنة تلك التكاليف، عادة ما تأخذ شركة الخدمات حساب «الفائدة القصيرة الأجل الثابتة» في حساب التكلفة في التسعيرة، التي، كما هو الحال بالنسبة لتكلفة المحطة، تشمل تكلفة أول شحن بالوقود، وليس الفوائد المترتبة على الديون أثناء بناء المحطة التي تعرف عادة بالفائدة أثناء البناء. وحتى يمكن عقد مقارنات بين مفاعلات ذات قدرات إنتاج مختلفة، عادة ما يتم تسعيرة التكلفة على أنها تكلفة تركيب الكيلوواط الواحد. وهكذا فإن محطة الطاقة النووية التي تكلف ٢٤٠٠ مليون دولار بمتوسط إنتاج ١٢٠٠ ميغاواط تكون تكلفة الكيلوواط فيها ٢٠٠٠ دولار. وهناك عدد من العوامل التي تفسر سبب الجدل حول توقعات تكاليف البناء.

## ٣-١-١ عدم إمكانية الوثوق بالبيانات

لا بد من التعامل بحذر مع الكثير من التكاليف المسعرة المتوقعة للبناء. وأهم مؤشر على مدى مصداقية التكاليف المستقبلية يرتكز عادة على التكاليف السابقة. ولكن لا يطلب من معظم شركات الخدمات العامة أن تقوم بنشر تكاليف بناء مدققة حسب الأصول، ويقبل الدافع لديها لتقديم أرقامها بأي طريقة كانت، خلاف القول إنها توفر إضاءة خفيفة. ولكن تم الطلب إلى شركات الخدمات الأمريكية نشر حسابات موثوقة لتكاليف البناء في محطاتها النووية لعرضها على المشرع الاقتصادي (الذي سمح فقط باستعادة التكلفة من المستهلكين عن التكاليف المدققة حسب الأصول)، وتكاليف البناء السابقة في الولايات المتحدة موثوق بها. وهناك أيضاً توثيق معقول لتكاليف بناء محطة سايزوبل في المملكة المتحدة نظراً لقلّة نشاطاتها الأخرى التي يمكن «إخفاء» تكاليف البناء فيها.

فالتكاليف الضخمة التي سيظهر عبؤها في مرحلة لاحقة متأخرة في المستقبل لا تؤثر تأثيراً كبيراً على القرارات التجارية، لأن هذه التكاليف «غير محسوبة». وهذا يعني أن تكاليف التخلص من النفايات والتحكيم بغرض التنظيف من التلوث الإشعاعي، التي لا تظهر الآن سوى على هيئة تخمينات ضعيفة بلا داع، لا تشكل مصدر أهمية بالنسبة للشركات التجارية.

كذلك ينبغي النظر بعين الشك إلى الأسعار التأشيرية التي يضعها البائعون في التسعيرة. وأقرت جي إي هيتاشي بأن البائعين لم يتوخوا الحرص الكافي بإعطاء الأسعار التأشيرية، والأسعار المفرطة في التفاؤل أضحت تأتي بنتيجة عكسية. وقد قال رئيس الشركة ومديرها

التنفيذي، جاك فولر: «عندما تكلف مشاريع بناء المفاعلات مبالغ تفوق بشكل كبير تلك المخطط لها، فإن هذا يحد من ثقة الجمهور بالصناعة نفسها».

يتضح هنا بشكل كبير أنه ينبغي التشكيك بالأسعار التي تقدم بها أصحاب المصلحة في هذه التكنولوجيا من غير المؤثرين على الأسعار، بمن فيهم الهيئات الصناعية مثل الجمعية النووية العالمية وغيرها من الهيئات الوطنية. كما لا بد من التعامل بحذر شديد مع الأسعار التي تقبّسها الوكالات الدولية، وبخاصة عندما تستند إلى مؤشرات عوضاً عن التعبير عن التكاليف الفعلية. وعموماً، تلك الأسعار تعرضها الحكومات القومية التي قد يكون لديها أسبابها الخاصة لتلميع صورة الطاقة النووية، وهي بالتالي لا تستند في أرقامها إلى المصاريف القائمة بالفعل.

ثاني أفضل خيار هو السعر المطروح في الدعوات لتلقي العطاء. ففي حين أن تكلفة المحطة النووية عموماً أعلى (غالباً بشكل كبير) من أي سعر عقد، فإنه يجب على المتقدم للعطاء أن يضع على الأقل السعر الكامل في الطلبية. وإذا كانت الطلبية تبين «السعر الكامل»: أي طلبية بسعر ثابت يكون فيها العميل (الزبون) ملزماً فقط بدفع سعر العقد مهما كانت التكاليف الفعلية، فإنه يتوفر لدى البائع دافع لجعل سعر العطاء بأقصى دقة ممكنة.

(1) كانت تقديرات التكاليف المستقبلية كلها تقريباً مبالغاً في التفاؤل، حيث استندت إلى توقعات خاطئة بشأن التعلم، والمقياس، وأثار الابتكار التي لم تنعكس في التكاليف.

الممارسة، غالباً ما يدعي البائعون أن تصاميمهم كاملة، كما كان الحال في محطة أولكيلوتو قيد البناء حالياً في فنلندا (انظر القسم ٣،١). ولكن حتى بعد أربع سنوات من البناء، أي في العام ٢٠٠٩، اتضح جلياً أن التصميم كان أبعد ما يكون عن الاكتمال. ولا يمكن إزالة كافة المخاطر المترتبة على التعديلات على التصميم، وبخاصة للتعامل مع المشاكل غير المتوقعة التي تنجم عن عملية البناء التي يتعطل عندها العمل نظراً لعدم مصادقة الهيئات التنظيمية على تفاصيل التصميم حسب التصميم الأصلي المقدم. مثلاً، بالنسبة لمحطة أولكيلوتو، فإن الهيئة التنظيمية أقرت سنة ٢٠٠٩ عن مخاوف كبيرة بشأن ملاءمة أنظمة السيطرة وتشغيل المعدات في المنشأة. ولم تكن الهيئة المنظمة مستعدة لمنح رخصة للمحطة دون إدخال تعديلات كبيرة على التصميم (انظر القسم ٣،١).

وتقود التجارب في المفاعلات العاملة إلى الحاجة لتعديلات على التصميم بعد بدء البناء. مثلاً، أي حادث نووي جلل يستدعي بالضرورة مراجعة لكافة المحطات قيد البناء (وكذلك مجمل المحطات العاملة)، ولا يمكن التغاضي عن دروس مهمة فقط بمجرد الحصول على مصادقة على ترخيص التصميم القائم.

### ٣-٢-٣ التعلم، ووفورات الحجم، والتطور التقني

التوقع السائد بالنسبة لمعظم التكنولوجيات هو أن الأجيال المتعاقبة للتصاميم ستكون أرخص وأفضل من سابقتها، بسبب عوامل التعلم ووفورات الحجم والتطور التقني. وحتى الآن، تحسنت التكنولوجيات النووية على مدار الزمن لتتطور بشكل كبير، ولكن الواضح أن التكلفة لم تتراجع. والأسباب وراء ذلك معقدة وغير مفهومة تماماً، ولكن العوامل التي تعود إلى ذلك تكمن في زيادة شروط الهيئات المنظمة (ملاحظة، لم تحسن المقاييس ولكن تحسنت الإجراءات التي تبين أنها تفيد في الوفاء بتلك المقاييس)، هذا بالإضافة إلى إجراءات غير حكيمه في احتساب تكاليف المفاعلات من الأجيال الأولى.

كما أن ندرة الطلبات على الأجيال الحالية من المفاعلات، وبخاصة تلك التي يتم توثيق تكلفتها بطريقة مناسبة، تصعب من معرفة ما إذا حدث استقرار على التكاليف بعد، أو ما إذا بدأت التكاليف بالتناقص. ومع ذلك، فإن «التعلم» - أي بعبارة أخرى، التحسينات على الأداء من خلال التكرار - ووفورات الحجم هما عمليتان تسيران في اتجاهين. وفي سبعينيات القرن الماضي، كانت الجهات البائعة للمفاعلات تتلقى حوالي ١٠ طلبات في السنة، ما مكّنها من وضع خطوط إنتاج كقوة لتصنيع المكونات الأساسية، وتشكيل فرق ماهرة من المصممين والمهندسين. ولكن ما زالت هناك صعوبة في احتساب التوفير الذي تحقق في التكلفة من خلال تلك الكميات المنتجة. فقد ورد في تقرير صادر سنة ٢٠٠٠ عن وكالة الطاقة

كما تبين جلياً أن توقعات تكاليف البناء لم تكن دقيقة، وأنها تكون في الغالب مقدره بأقل بكثير من تكاليفها الفعلية، وتتعارض التجربة النووية مع التجربة في معظم التكنولوجيات، حيث يظهر في التكنولوجيات الأخرى ما يسمى باقتصاد التعلم من وفورات الحجم، نظراً لحدوث تقدم ساحق أدى إلى تقليص التكاليف الفعلية من جيل إلى جيل أكثر تقدماً للتكنولوجيا المعنية. وفي الواقع، لم تتراجع تكاليف البناء الفعلية في الحالة النووية، بل باتت تميل إلى الزيادة مع مرور الزمن. كما أن هناك تنوعاً لا مفر منه بين بلد وآخر، نتيجة لتكاليف العمالة المحلية، وتكاليف المواد الخام؛ مثل الفولاذ، والأسمنت.

### ٣-١-٢ صعوبات توقع التكلفة

هناك عدد من العوامل التي تصعب من إمكانية التوقع بتكاليف البناء الفعلية. أولها أن كافة محطات الطاقة النووية المعروضة حالياً تتطلب عمالاً كثيراً لهندسة الموقع، التي يمكن أن تشكل تكاليفها ما يربو على ٦٠٪ من إجمالي تكلفة البناء، مع استخدام معدات ضخمة -مثل مولدات التوربين، ومولدات البخار، وناقلات المفاعل- ما يشكل نسبة ضئيلة نسبياً من إجمالي التكلفة. كما تظهر صعوبات جسيمة في إدارة المشاريع الضخمة التي تشتمل على أعمال كثيرة لهندسة الموقع، ما يعني صعوبة بالغة في التحكم في تكاليف العمل. مثلاً، في المملكة المتحدة، كانت تكاليف الخندق تحت القناة وسد التايمز أعلى بكثير من التكاليف المتوقعة. وبعض تصاميم الجيل الرابع من المتوقع أن يتم بناؤها بشكل كبير داخل المصنع، وأن تكون هناك إمكانية أكبر للتحكم بالتكاليف في المصنع.

ثانياً، توجد عوامل خاصة بكل موقع من شأنها أن تحدث فرقاً كبيراً في التكلفة مثل وسيلة التبريد. وقال الرئيس التنفيذي لشركة (GEH)، فولر، إن المشكلة في تلك التقديرات [العمومية] هي أن أحداً لم يوضح «ما معنى الأرقام الموضوعة في التقديرات [...] هل تشمل الوقود؟ هل يتم استخدام الماء المالح أم العذب في المحطة؟». أما داني رودريك، نائب رئيس الشركة لمشروع المحطات النووية، فقال: «إن الشركة قد شهدت تغييراً في تكاليف المحطات بقيمة مليار دولار وذلك حسب ما إذا كانت المحطة تبرد باستخدام الماء المالح أو الماء العذب».

ثالثاً، ترتفع التكاليف إذا ظهرت ضرورة لتعديل التصميم، حيث ينبغي تعديل التصميم إذا تبين ضعف في التصاميم التفصيلية الأصلية، أو بناء على طلب من الجهة القائمة على تنظيم السلامة في المنشآت، أو في حال لم يتم إنجاز التصميم بالكامل قبل الشروع بالبناء. ورداً على تلك المشاكل، تسعى شركات بناء المحطات إلى الحصول على مصادقة كاملة من الهيئات التنظيمية قبل الشروع بالبناء، كما هو الحال في اقتراح الدمج بين رخصة البناء ورخصة التشغيل في الولايات المتحدة، وهذا يتطلب أن يتم تشغيل التصميم بالكامل بأكثر طريقة معقولة قبل البدء بأعمال البناء. وفي

(1) نتيجة لهذا الوضع، فإن البنك الدولي لا يقرض أموالاً لمشروع نووية، انظر:

Environmental Assessment Sourcebook: Guidelines for Environmental Assessment of Energy and Industry. Projects, Volume III, World Bank

(Technical Paper 154 (Washington, DC: World Bank, 1991

مقر واحد فقط، غالباً ما يكون ذا تكلفة أعلى مثل اليابان، والصين مستقبلاً<sup>١</sup>. وهناك حالياً إقرار بشأن ما يعرف بالنقص الكبير في منشآت تصنيع المكونات. مثلاً في نهاية ٢٠٠٩ كانت هناك منشأة وحيدة في العالم، وهي شركة الفولاذ اليابانية، التي يمكنها إنتاج كميات كبيرة لبعض ناقلات الضغط الخاصة بالمفاعلات.

كذلك بات النقص في المهارات حاداً. وورد في تقرير صادر عن وزارة البيئة الألمانية<sup>٢</sup>:

**النقص في المهارات والقدرات النووية عبارة عن مشكلة حقيقية ومعترف بها على المستوى الدولي. لقد تم إطلاق العديد من المبادرات على الأصدعة الوطنية والدولية لعكس هذا التيار. ومع ذلك، على ما يبدو فإن النتائج تظل أدنى بكثير من مستويات التوظيف اللازمة لدى الأطراف العاملة المعنية كافة. وعدد الخريجين في مجال الطاقة والتقنيات النووية غير كافٍ، والكثير من الخريجين إما لا يدخلون القطاع النووي أصلاً، وإما يغادرونه بسرعة. أما التدريب داخل المنشآت، فإنه لا يعوض سوى جزء يسير من المهارات، وهذا لا يكفي لحل المشكلة نظراً لاضطرار الصناعة النووية للمنافسة في أسواق ذات بيئة صعبة، مع العديد من القطاعات الأخرى التي ينقصها العلماء والمهندسون والتقنيون.**

### ٣-١-٤ وقت البناء

إن تجاوز وقت البناء الحد المخطط له لا يتسبب بأثر مباشر على زيادة التكاليف، على الرغم من أنه يشير إلى زيادة المصلحة في البناء، ويكون مؤشراً على وجود مشاكل في مرحلة البناء مثل قضايا متعلقة بالتصميم، أو مشاكل في تسيير الموقع وإدارته، أو صعوبات في الإجراءات تنعكس بدورها على زيادة في تكاليف البناء. ولكن الأثر على شركة الخدمات -إذا كانت منشأة صغيرة نسبياً تكون المحطة الجديدة بالنسبة لها إضافة كبيرة في قدراتها- يكون كبيراً، وبخاصة إذا كان هناك تعاقب مسبق لبيع إنتاج تلك الشركة.

كان من المتوقع أن يبدأ تشغيل محطة أولكلوتو في أيار ٢٠٠٩ عندما تم توقيع عقود البناء الخاصة بالمحطة. ولكن بحلول أيار ٢٠٠٩ كان الوقت اللازم لاستكمال بناء المحطة ما زال يحتاج إلى أربع سنوات لاحقة. وكان قد تم التعاقد على بيع إنتاج المحطة للصناعات الفنلندية المستهلكة لطاقة كثيرة. وبالتالي كان على المنشأة أن تشتري «طاقة بديلة» لتزويد عملائها بالطاقة التي تعاقدت معهم عليها من سوق كهرباء الشمال الذي يبيع بالجملة (Nordic wholesale electricity market) مهما بلغت الأسعار السائدة فيه، وذلك حتى استكمال بناء المحطة. وإذا حدث قصور

النووية، أن التكهّن بحدوث توفير في التكلفة لفعّل الأعداد المنتجة، قد لا يكون دقيقاً. فقد أشار التقرير<sup>٣</sup>:

**«طلب وحدتين في الوقت ذاته مع همة بناء لا تقل عن شهرين، يحقق ربحاً يصل إلى ١٥٪ بالنسبة للوحدة الثانية. وإذا كانت الوحدة الثانية جزءاً من وحدة تامة، فإن الميزة بالنسبة للوحدة الثانية تصل إلى قرابة ٢٠٪. إن طلب وحدات إضافية في السلسلة ذاتها لا يؤدي إلى توفير كبير في التكلفة. وكذلك فإن الأثر المتوقع على التكلفة جراء توحيد التصميم لوحدتين متطابقتين متدنٍ بدرجة لا تذكر».**

عندما قامت وحدة الأداء والابتكار في الحكومة البريطانية بفحص اقتصاد الطاقة النووية سنة ٢٠٠٢، حصلت على توقعات على التكاليف من بريتيش إنرجي (British Energy) (مالك محطة طاقة نووية) وبي إن إف إل (BNFL) (بائع المحطة)، مستندة إلى «عبر جوهريّة وأثار الوفرة من البرامج الموحدة». وقد أعربت الوحدة عن تشككها بمقدار التعلم، وأقرت بأن هناك بعض الدروس، ولكن أثرها قد يكون محدوداً، حيث أشارت<sup>٤</sup>:

**قد تكون وتيرة التعلم ومداه أبطأ بالنسبة للطاقة النووية مقارنة مع الطاقة المتجددة، لأنه:**

• نظراً لطول الوقت نسبياً في بناء الطاقة النووية، فإن هذا يعني أن التغذية الراجعة من التجربة التشغيلية أبطأ.

• إعادة ترخيص التصاميم النووية، تعيق بشكل أكبر إدخال تعديلات على التصميم.

• نطاق التوفير لعمليات التصنيع بفعل التوسع في تصنيع المكونات أقل بالنسبة للطاقة النووية، لأن النقص في عناصر الإنتاج يتجاوز النقص في مجال الطاقة المتجددة، حيث يمكن تركيب مئات بل الآلاف من الوحدات.

لم يتلق كبار بائعي المفاعلات سوى حفنة من الطلبات خلال العشرين سنة الماضية، وقد أغلقوا خطوط الإنتاج الخاصة بهم، كما قللوا من أعداد فرق العمالة الماهرة. وتلقت وستنغهاوس (Westinghouse) طلبية واحدة فقط خلال السنوات الخمس والعشرين الماضية قبل تلقيها طلباً على أربع وحدات من الصين سنة ٢٠٠٨. وحتى البائع الفرنسي أريفا (Areva NP)، فقد تلقى طلبيته الأولى خلال خمس عشرة سنة تقريباً من خلال الطلبية من فنلندا. وبالنسبة للطلبية الجديدة، فإن هناك ضرورة للتعاقد من الباطن على المكونات الضخمة مع شركات تخصصية مقامة في

1) Nuclear Energy Agency, Reduction of Capital Costs of Nuclear Power Plants (Paris: OECD, 2000), p. 90.

2) Performance and Innovation Unit, The Energy Review, Cabinet Office (London: 2002), p. 195, <http://www.strategy.gov.uk/downloads/su/energy/TheEnergyReview.pdf>.

3) على سبيل المثال، هناك طلب لفلامانفيل إي بي آر، لكن هناك احتمالاً أن يتم تصنيع ناقلة الضغط في اليابان.

4) Schneider, S. Thomas, A. Froggatt, and D. Koplou, World Nuclear Industry Status Report 2009, German Federal Ministry of Environment, Nature Conservation and Reactor Safety (2009), [http://www.bmu.de/files/english/pdf/application/pdf/welt\\_statusbericht\\_atominindustrie\\_0908\\_en\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/files/english/pdf/application/pdf/welt_statusbericht_atominindustrie_0908_en_bf.pdf).

استثمروها في مجالات ذات مخاطر متدنية، مضافاً إلى ذلك دفعات إضافية تعكس المخاطر التي يتم اتخاذها باستخدام أموالهم (فقد لا يحقق المشروع العائد المتوقع منه على الاستثمار). ولهذا، يكون تكلفة استخدام رأسمال المساهمين أعلى بكثير من تكلفة الدين.

وإذا لم تكن المصارف مستعدة للإقراض، فإن استبدال الاقتراض بأسهام الشركة ليس خياراً محتملاً. وهذا يعني أساساً أن تطلب الشركة من مساهمينا إقراضها لمشروع تعكف المصارف عن تمويله. وبالتالي، قد يعترض المساهمون على تمويل مشاريع كبيرة تستهلك هذا الكم من رأس المال الأسهمي للشركة. وبالقدر نفسه، لن تتقدم المصارف بالتمويل لطلبات قروض يبدو فيها أن الشركة ليست على استعداد للمخاطرة بمالها الذاتي فيها.

ويظهر هذا الأمر جلياً بشكل خاص في الولايات المتحدة، عند انطلاقة برنامج الطاقة النووية لسنة ٢٠١٠، حيث كان من المتوقع أن يتم تمويل المشروع على قدر المساواة من رأس المال والدين. ولكن بحلول ٢٠٠٨، اتضح أن الشركات كانت تتوقع تغطية أكبر قدر ممكن من التكلفة من خلال الاقتراض - المدعوم بضمانات قروض فيدرالية. كما أعربت المصارف بشدة عن استعدادها لإقراض المال فقط إذا كانت تغطية ضمانات القرض شاملة جداً.

وكما بينا في القسم ٥، فإن ستة من أكبر المصارف الاستثمارية في وول ستريت، أخطرت وزارة الطاقة الأمريكية بعدم استعدادها لمنح قروض لمحطات طاقة نووية جديدة إلا إذا تحمل دافعو الضرائب ١٠٠٪ من المخاطر<sup>١</sup>.

وتتباين التكلفة الحقيقية (الصافية بعد احتساب التضخم) لرأس المال من بلد إلى آخر، ومن منشأة إلى أخرى، حسب حجم المخاطرة في البلد والتصنيف الائتماني للشركة. كما سيكون هناك أثر كبير من الطريقة التي يتم فيها تنظيم قطاع الكهرباء. فإذا كان القطاع عبارة عن احتكار منظم، فإن التكلفة الحقيقية لرأس المال ستكون متدنية إلى مستويات ٥-٨٪، ولكن لأن قطاع الكهرباء قطاع تنافسي، فإنها قد تصل إلى ما لا يقل عن ١٥٪. ولهذا، فإنه بالنسبة لفلوريدا وجورجيا، على سبيل المثال، حيث يسمح المنظم للمنشأة بالبدء باستعادة تكلفة محطات الطاقة النووية الجديدة من خلال تعريفات كهرباء منظمة حتى قبل البدء بالبناء، فإن المنشأة تكون أقل اعتماداً على ضمانات القرض، حيث يعرض عليها اقتراض أموال بمعدلات متدنية. وقبلت لجنة جورجيا للخدمات العامة طلب شركة كهرباء جورجيا التي تمتلك ٤٥,٧٪ من مشروع فوغتل، لاسترداد تكاليف تمويلها بحصة ٦,٤ مليار دولار لمشروعها النووي (٢٢٣٤-MW) من خلال «أعمال قيد البناء» ابتداء من ٢٠١١. ويعني ضمان استرداد التكلفة أن المالكين ادّعوا بأنهم سوف يباشرون البناء حتى لو لم يتلقوا ضمانات للقرض. كما قلل هذا من التكلفة المتوقعة لسهم شركة جورجيا للكهرباء، بما يشمل تمويلها بلغت قيمته ٤,٥٢٩ مليار دولار<sup>٢</sup>.

في التوازن بين العرض والطلب، كأن يكون هناك موسم جفاف في الشتاء مثلاً يحد من كمية الطاقة المائية المتوفرة، فإن التكلفة تكون أعلى بكثير من سعر البيع المتعاقد عليه. وبالتالي، من غير المتوقع أن تتمكن المنشأة من تحمل تلك الخسائر على المدى البعيد إذا كان سعر الطاقة في سوق الشمال أعلى بكثير من السعر الذي تعاقدت عليه لبيع إنتاج محطة أولكيلوتو.

وعادة ما يكون إجمالي وقت التسليم - منذ قرار ببناء المحطة وحتى تشغيلها التجاري (أي بعد عمل الاختبارات التشغيلية التمهيديّة وتسليم تشغيلها من البائع للمالك) - أطول بكثير من وقت البناء. وعلى سبيل المثال، اتخذ قرار ببناء محطة الطاقة النووية سايزويل ب (Sizewell B) سنة ١٩٧٩، ولكن ببناءها لم يبدأ حتى سنة ١٩٨٧ (نظراً للتأخير الذي لم يقتصر فقط على مسح عام بل اشتمل على صعوبات في استكمال التصميم). وقد بدأت المحطة عملياتها التجارية سنة ١٩٩٥ فقط، وبالتالي كان إجمالي وقت التسليم ١٦ سنة. وعادة ما تكون تكاليف ما قبل البناء متدنية مقارنة مع البناء، إلا إذا كان المفاعل هو «الأول من نوعه»، حيث يمكن أن تكون المصادقة على التصاميم وتدابير السلامة مكلفة. وبالنسبة لشركة مولدة تعمل في بيئة تنافسية، فإن هذا التأخير الطويل والمخاطر المنطوية عليه، مثل الفشل في مرحلة العمل على التخطيط، أو تصاعد التكلفة بفعل شروط الهيئات الناظمة، يعتبر من العوامل المثنية عن التوجه نحو الخيار النووي.

### ٣-٢ تكلفة رأس المال

هنا يصل بنا الحديث إلى العنصر الثاني، وهو تكاليف البناء في الكلفة الرأسمالية (انظر الملحق ٢). وعموماً، يتم تمويل المشاريع الضخمة من خلال المزج بين الدين (الاستدانة من المصارف) والأسهم (تمويل ذاتي من الدخل). وبالنسبة للدين، فإن تكلفة رأس المال تعتمد على معدل الفائدة «خالص من المخاطرة» مثل المعدلات التي تدفعها سندات الخزنة العامة، مضافاً إليه عامل المخاطرة الذي يمثّل بالمخاطر التي ينطوي عليها المشروع، وبالطبع هامش البنك وتكاليفه أيضاً.

وفيما يتعلق بشركات المساهمة العامة، فإنه من المتعارف عليه أن الشركات الكبرى التي تحظى بموارد ضخمة يمكنها بسهولة أن تمول استثماراتها الكبيرة من الدخل المتأتي لها، وتكون حاجتها للقروض ضئيلة. ولكن من خلال توفير التمويل الرئيسي من أسهم الشركة، فإن الشركة تطلب من المساهمين فيها أن يتأخروا في استلام أرباح أسهمهم التي من المفترض أن يحصلوا عليها على الفور. ويتم استثمار هذه الأموال في مشروع يأتي أكله على المدى البعيد، بحيث يتم صرف ريعه إلى المساهمين على شكل أرباح من المشروع. ولتعويض المساهمين عن هذا الدخل والتأخر فيه، فإنه يكون على الشركة أن تدفع فائدة لمساهميها حسب المعدل الذي كان يمكن أن يكسبوه إذا كانت الشركة قد صرفت لهم أرباح أسهمهم، ويكونون قد

(1) تعليق المستثمرين رداً على ملاحظة وزارة الطاقة للقاعدة المقترحة، 2 تموز 2007.

(2) Platts Global Power Report, Georgia PSC Approves Two Nuclear Reactors by Georgia Power, and a Biomass Conversion, March 19, 2009.

(3) Nucleonics Week, "Georgia Power Lowers Estimate for New Vogtle Units," November 11, 2009.

التضخم- في دولة متقدمة تتراوح، في العادة، بين ٥ و ٨٪.

وفي سوق كهرباء كفاء، تقع المخاطرة الاستثمارية على الشركة المولدة، وليس على المستهلكين، وتنعكس تكلفة رأس المال هذه المخاطرة. مثلاً، في سنة ٢٠٠٢ في بريطانيا، كانت هناك نحو ٤٠٪ من الطاقة التوليدية مملوكة لشركات تعاني ضائقة مالية (نحو نصفها كان للطاقة النووية)، وعدة شركات ومصارف خسرت مليارات الجنيهات الإستراتيجية في استثمارات في محطات الطاقة التي أنشأتها أو مولتها. وفي هذه الظروف، يمكن منطقياً اعتبار أن التكلفة الحقيقية لرأس المال تزيد على ١٥٪. وإذا تم تخفيف المخاطر -مثلاً إذا كانت هناك ضمانات حكومية على سوق الطاقة والأسعار- فإن تكلفة رأس المال ستكون أقل، ولكنها تمثل الدعم المالي الحكومي (المساعدات من الدولة)، وليس من الواضح ما إذا كانت مقبولة بموجب قانون الاتحاد الأوروبي.

### ٣-٣ الأداء التشغيلي

بالنسبة للتكنولوجيا التي يلزمها رأس مال كبير مثل الطاقة النووية، تكون كثرة الاستخدام ذات أهمية قصوى، بحيث يمكن توزيع التكاليف

من الواضح أنه إذا كان العنصر الأكبر في تكلفة الطاقة النووية هو رسوم رأس المال، فإن ارتفاع معدل العائد بأكثر من الضعف يضر بشدة باقتصاد الطاقة النووية. ولا توجد إجابة «صحيحة» مطلقة يمكن استخدامها لاختيار تكلفة رأس المال. فعندما كانت صناعة الكهرباء احتكارية، كانت المنشآت تحصل على ضمان باسترداد كامل التكلفة. بعبارة أخرى، مهما كانت الأموال التي ينفقونها، فإنهم يستطيعون استردادها من المستهلكين، ما يجعل أي استثمار ذا مخاطرة متدنية جداً بالنسبة لأولئك الموفرين لرأس المال، لأن المستهلكين كانوا يتحملون المخاطر كافة. وقد اختلفت تكلفة رأس المال حسب الدولة وما إذا كانت الشركة مساهمة عامة أو خاصة. فالشركات المملوكة للقطاع العام، مثل فاتينغول، الشركة السويدية المساهمة العامة، عادة ما يكون لديها تصنيف ائتماني عالٍ، وبالتالي تكون تكلفة رأس المال أدنى من تلك الشركات التي تكون مملوكة جزئياً أو بالكامل لمساهمين من القطاع الخاص، مثل المنشأتين الألمانيتين الرئيسيتين (E.ON) و(RWE). وبالنسبة لشركات المساهمة العامة، يكون ضغط المساهمين عادة أقل من شركات المساهمة الخاصة، وقد يكون استخدام رأس المال الأسهمي أسهل. وكانت التكلفة الحقيقية لرأس المال -أي معدل الفائدة السنوي على القروض، خالص من

### الجدول ٦: الأداء التشغيلي لمحطات الطاقة النووية الألمانية

المحطة	التشغيل التجاري	عامل الحمل 2008 (%)	عامل الحمل طوال فترة الحياة المتوقعة في نهاية 2008 (%)
بيبليس أ	2/1975	82.6	65.2
بيبليس ب	1/1977	95.5	67.7
بروكدورف	12/1986	92.4	88.5
برونسبولت	2/1977	0.0	53.7
إيمسلاند	6/1988	93.3	93.3
غرانيهناينفيلد	6/1982	87.2	86.2
غرويندي	2/1985	88.3	90.6
غوندريمنغن ب	7/1984	85.7	82.6
غوندريمنغن ج	1/1985	87.7	80.4
إيسار 1	3/1979	98.3	79.3
إيسار 2	4/1988	93.2	89.6
كروميل	3/1984	0.0	71.6
نيكارفيتايم 1	12/1976	54.9	79.5
نيكارفيتايم 2	4/1989	93.0	92.7
فيلبسبورغ 1	3/1980	78.4	79.0
فيلبسبورغ 2	4/1985	88.7	88.2
أوتتر فيسر	9/1979	78.7	79.6

المصدر: /IAEA, <http://www.iaea.or.at/programmes/a2/>

ملاحظة: تم إغلاق محطتي كروميل وبرونسبولت طوال سنة 2008.

تكلفة الوحدة من الطاقة بشكل إضافي. وفي السوق التنافسي، فإن مولد الطاقة النووي المتعاقد معه على توريد الطاقة يكون غير قادر على الوفاء بالتزاماته، وهناك احتمال بأن يضطر لشراء طاقة «بديلة» لتزويد عملائه، وقد تكون بأسعار عالية جداً.

ولكن منذ نهاية الثمانينيات وحتى يومنا هذا، بذلت الصناعة النووية جهوداً حثيثة لتحسين أدائها. وبات متوسط عوامل الحمل، على مستوى العالم، يزيد على ٨٠٪، فعلى سبيل المثال، تحظى الولايات المتحدة بمتوسط يقارب ٩٠٪ مقارنة مع المتوسط الذي كان أقل من ٦٠٪ في العام ١٩٨٠، على الرغم من أن متوسط عامل الحمل على مدار العمر الافتراضي في محطات الطاقة النووية في الولايات المتحدة ما زال يتراوح عند ٧٠٪.

سبعة فقط من أصل ١٤ مفاعلًا عاملاً منذ سنة على الأقل، ومع سجلات أداء كاملة لديها عامل حمل على مدى العمر الافتراضي يزيد على ٩٠٪، وفقط المحطات المائة الأفضل لديها عامل حمل على مدى العمر الافتراضي يزيد على ٨٠٪. وما يثير الاهتمام، أن أفضل ١٣ محطة تقع فقط في ثلاث دول، وهي: ست في كوريا الجنوبية، وخمس في ألمانيا، واثنان في فنلندا.

ويمكن لتصاميم المفاعلات الجديدة أن تحسّن مستوى الاعتمادية المتحقق في أفضل ٢٪ من المفاعلات القائمة، ولكنها أيضاً يمكن أن تعاني من «بعض الصداق» كغيرها من الأجيال السابقة. والتجربة الفرنسية في تصميم (N4)، في نهاية التسعينيات، تعد مؤشراً واضحاً على هذه الظاهرة. وتجدر الملاحظة أنه في التحليل الاقتصادي، فإن تأثير أداء السنوات الأولى من التشغيل -عندما يكون هناك احتمال التعرض للألام الصداق- يكون أكبر بكثير من تأثير التجربة في السنوات اللاحقة بسبب عملية الانقطاع. وقد يتراجع الأداء في السنوات اللاحقة للتشغيل مع تعرض الأجهزة للإهلاك والاضطرار لاستبدالها وإضفاء التحسينات على التصاميم، بحيث تظل المحطة منسجمة مع معايير السلامة القائمة في كل مرحلة. وقد لا يكون لهذا التراجع في الأداء وزن كبير في التحليل الاقتصادي بسبب الانقطاع. وفي المجمع، فإن الافتراض بأن الاعتمادية المقدره تبلغ ٩٠٪ أو أكثر، يبدو صعب التبرير بالنظر إلى التجارب الماضية.

### ٣-٤ الأعمال التي لا يلزمها وقود وتكاليف الصيانة

يفترض الكثير من الناس أن محطات الطاقة النووية هي بالأساس آلات أوتوماتيكية تتطلب فقط شراء الوقود والقليل من التكاليف الجارية. ونتيجة لذلك، فإن الأعمال التي لا يلزمها وقود (التشغيل والصيانة) نادراً

الثابتة الكبيرة (استرداد رأس المال، دفع الفوائد، تسديد السحب) على أكبر قدر ممكن من الوحدات الإنتاجية القابلة للبيع. كذلك، فإن محطات الطاقة النووية غير مرنة من الناحية المادية، وليس من الحكمة فتح المحطة وإغلاقها أو تنوع مستوى الإنتاج أكثر من الضروري. ونتيجة لذلك، يتم تشغيل محطات الطاقة النووية «بالحمل الأدنى» بخلاف القليل جداً من الدول (ومنها فرنسا)، حيث تشكل القدرة النووية نسبة عالية من إجمالي القدرة المولدة، وحيث لا يمكن عمل ذلك في دول أخرى. وأحد الإجراءات الجيدة بالنسبة للاعتمادية على المحطة ومدى فعاليتها في إنتاج طاقة قابلة للبيع، هو «عامل الحمل» (عامل القدرة) حسب ما يعرف في الولايات المتحدة). ويتم حساب عامل الحمل أساس الإنتاج في فترة معينة، معبراً عنه كنسبة من مستوى الإنتاج خلال الفترة المعنية<sup>١</sup>. وعموماً يتم احتساب عوامل الحمل على أساس سنوي أو على أساس فترة الحياة (العمر الافتراضي). وعلى عكس تكاليف البناء، فإن عامل

الحمل قابل للقياس الدقيق والمحدد، وعادة ما يتم نشر جداول عامل الحمل في الصحف الخاصة بالتجارة المعنية مثل (Nuclear Week) و (Energy International)، وكذلك لدى الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وقد يكون هناك خلاف حول أسباب إغلاق المحطة أو تخفيض مستويات الإنتاج، على الرغم من أنه من وجهة النظر الاقتصادية، فإن عدم إنتاج المخرجات يكون أقل أهمية من سبب عدم إنتاجها.

يبين الجدول ٦ عوامل الحمل لسنة ٢٠٠٨، وللعمر الافتراضي المتوقع بالنسبة لمحطات الطاقة النووية الألمانية. إنه يعرض نطاقاً متسعاً للاعتمادية في حالة ثلاث محطات لديها عامل حمل في عمرها الافتراضي يصل إلى أكثر من ٩٠٪، بينما لثلاث محطات أخرى يقل عامل الحمل في العمر الافتراضي عن ٧٠٪.

أما بخصوص تكاليف البناء، فقد كانت عوامل الحمل للمحطات العاملة أدنى بكثير من التوقعات. افترض معظم الباحثين والمروجين للتكنولوجيا أن المحطات النووية ذات موثوقية عالية، حيث الانقطاع الوحيد عن تقديم الخدمة هو لغايات الصيانة والتزود بالوقود (بعض تصاميم المحطات، مثل (AGR) وكانودو، تتزود بالوقود باستمرار، ويلزم إغلاقها فقط لغايات الصيانة)، ما يعطي تلك المحطات عوامل حمل تصل إلى ما بين ٨٥ و ٩٠٪. ولكن الأداء كان ضعيفاً في العام ١٩٨٠، حيث كان متوسط عامل الحمل في المحطات كافة على مستوى العالم يقدر بنحو ٦٠٪. ولتوضيح أثر اقتصاد الطاقة النووية، فإذا فرضنا أن التكاليف الثابتة تشكل ثلثي التكلفة الإجمالية للطاقة، وإذا كان عامل الحمل ٩٠٪، فإن التكلفة الإجمالية ترتفع بمقدار الثلث إذا كان عامل الحمل لا يتخطى ٦٠٪. إلى المدى الذي يتسبب فيه خلل المعدات بضعف عوامل الحمل، فإن التكلفة الإجمالية للصيانة والتصليح الناتجة عن هذا العطل ترتفع

(1) عندما تكون المفاعلات غير مصنفة، فإن بعض المنظمات (مثل الوكالة الدولية للطاقة الذرية) تحتسب عامل الحمل حسب مستوى الإنتاج المرخص له بدلاً من مستوى التصميم. وعلى الرغم من أن هذه المعلومة مفيدة بشأن مدى الاعتمادية على المحطة، إنه لغايات التحليل الاقتصادي، لا بد من استخدام تصنيف التصميم لأن هذا ما يدفع المشتري لاستلامه.

السنة الأخيرة كاملة (٢٠٠٧/٢٠٠٨)، أظهرت البيانات التي نشرت بخصوصها، أن التكلفة بلغت ٣ جنيهات إسترلينية لكل كيلواط/ساعة، وخلال الشهور الستة الأولى من ٢٠٠٨/٢٠٠٩، كانت التكلفة ٤,١٣ جنيه إسترليني لكل كيلواط/ساعة (وقامت الشركة الفرنسية للخدمات العامة، شركة الكهرباء والطاقة الفرنسية، بالاستحواذ على الشركة، ولم يتم نشر أي إحصائيات عن تكاليف التشغيل).

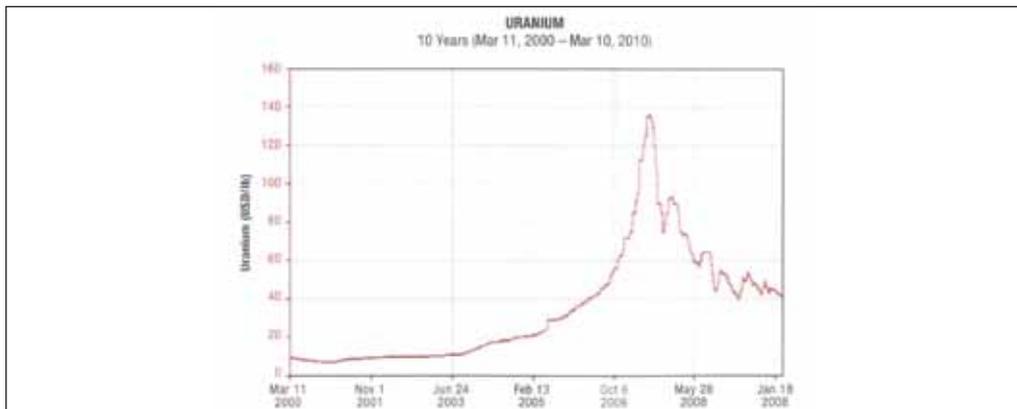
### ٣-٥ تكلفة الوقود

تشمل تكلفة الوقود، التي تصل إلى نحو ٥٪ من إجمالي تكاليف الطاقة، تكلفة تعدين اليورانيوم، وإخصابه (زيادة نسبة اليورانيوم المفيد والقابل للاستخدام)، وتصنيعه على هيئة وقود، وتخزينه بعد الاستخدام، والتخلص منه في منافذ آمنة، حيث يجب أن يظل معزولاً عن البيئة لعدة مئات الآلاف السنين. ولا تنطبق هنا إلى التكاليف التي تتجاوز شراء الوقود. لقد تراجعت تكاليف الوقود عن منتصف السبعينيات (نحو ١٢ دولار/لتر من U<sup>238</sup>) حتى نحو سنة ٢٠٠٠، وبعد هذا التاريخ ارتفعت الأسعار لتصل إلى ١٥٠ دولاراً للبرطل (انظر الجدول ٧). وبعد ذلك، انخفضت الأسعار المدرجة إلى أقل من ٥٠ دولاراً للبرطل في نهاية ٢٠٠٩. وهذه الأسعار المدرجة مضللة بعض الشيء نظراً لأن سوق اليورانيوم «ضيقة» جداً، وهناك كمية ضئيلة جداً من اليورانيوم التي يتم شراؤها وبيعها في هذا السوق، حيث أن الغالبية العظمى تباع من خلال تعاقدات ثنائية بعيدة المدى. ويبلغ متوسط تكلفة الوقود الأمريكي ٠,٢٥ جنيه إسترليني لكل كيلواط/ساعة، ولكن يمكن المحاجة بأن هذه الأسعار متدنية في الظاهر، لأن الحكومة الأمريكية تتحمل مسؤولية التخلص من الوقود المستنفذ في مقابل سعر واحد يصل إلى دولار لكل ميغواط/ساعة (٠,٠٦ جنيه إسترليني لكل كيلواط/ساعة). وهذا السعر العشوائي الذي تم تحديده قبل أكثر من عقدين، لا يستند إلى التجربة الفعلية -لم يعد هناك أي منشآت قائمة للتخلص من الوقود في الولايات المتحدة أو أي مكان آخر- ويتم الاحتفاظ بالوقود المستنفذ في الولايات المتحدة في حالة تخزين مؤقت بانتظار بناء منافذ للوقود المستنفذ، والمتوقع أن تكون في جبال يوكا. ومن المحتمل أن تكون تكاليف التخلص الفعلية أعلى بكثير.

ما تحظى بالأهمية في دراسات الاقتصاد النووي. وكما يتبين في النقاش التالي، فإن تكلفة الوقود متدنية نسبياً، ويمكن التكهّن بها بشكل معقول. ومع ذلك، فإن فرضية التكاليف الجارية المتدنية أثبتت خطأها في نهاية الثمانينيات وبداية التسعينيات عندما تقاعد عدد من محطات الطاقة النووية الأمريكية، حيث تبين أن تكاليف تشغيلها (باستثناء تسديد التكاليف الثابتة) أكبر من تكاليف البناء والتشغيل لمحطة بديلة تدار بالغاز. وقد تبين أن تكاليف التشغيل والصيانة التي لا يلزمها وقود كانت في المتوسط تزيد على ٢٢ دولاراً لكل ميغواط/ساعة، بينما تكاليف الوقود كانت حينها أكثر من ١٢ دولاراً لكل ميغواط/ساعة. وقد بذلت جهود مضنية للتخفيف من تكاليف تشغيل وصيانة المحطات النووية التي لا يلزمها وقود. وفي منتصف التسعينيات من القرن الماضي، تراجع متوسط تكاليف التشغيل والصيانة بدون وقود إلى نحو ١٢,٥ دولار لكل ميغواط/ساعة، وتراجعت تكاليف الوقود إلى ٤,٥ دولار لكل ميغواط/ساعة. ومع ذلك، من المهم أن نلاحظ أن هذا التخفيض في التكاليف تحقق أساساً من خلال تحسين إمكانية الاعتماد على المحطات بدلاً من تخفيض تكاليفها فعلياً. والكثير من تكاليف التشغيل والصيانة (تكاليف استخدام الموظفين وصيانة المحطة) هي على الأغلب مصاريف ثابتة، وتختلف بشكل طفيف عن مستوى إنتاج المحطة. ولهذا، كلما زادت الطاقة المنتجة قلت تكاليف التشغيل والصيانة لكل ميغواط/ساعة. لقد تم التخلص حالياً من التهديد بالإغلاق المبكر لأسباب اقتصادية في الولايات المتحدة.

كما تجدر الملاحظة أن برتيش إنرجي (الشركة البريطانية للطاقة)، التي كانت قد حصلت أصلاً على محطاتها الثمانية للطاقة النووية عند إنشائها سنة ١٩٩٦، انهارت مالياً سنة ٢٠٠٢، لأن الدخل من تشغيل تلك المحطات كان بالكاد يغطي تكاليف التشغيل. وهذا يرجع جزئياً إلى ارتفاع تكاليف الوقود، وبخاصة تكاليف إعادة تصنيع الوقود المستنفذ -وهي عملية لا تتم حالياً سوى في بريطانيا وفرنسا (انظر ما يلي): تراوح متوسط تكاليف التشغيل والصيانة للمحطات الثماني التابعة لبريتش إنرجي، بما في ذلك الوقود، بين ١,٦٥ إلى ٢,٠ جنيه إسترليني لكل كيلواط/ساعة بين ١٩٩٧ و ٢٠٠٤. ومع ذلك، كانت تكاليف التشغيل تزيد كل سنة على سابقتها. وعلى مدار

### الجدول ٧: سعر اليورانيوم



إطالة العمر الافتراضي ليست ممكنة دائماً، فعلى سبيل المثال، من المتوقع أن تدار محطات (AGR) البريطانية، التي كان لديها تصميم بعمر افتراضي مدته ٢٥ سنة، فعلياً لمدة ٤٠ سنة، ولكن إطالة العمر الافتراضي إلى ما بعد هذه المدة، قد لا يكون ممكناً بسبب تآكل وتدهور حالة موانع التسرب.

### ٣-٧ الإغلاق وتكاليف التخلص من النفايات وأحكامها

يصعب تقدير هذه التكاليف نظراً لقلة التجربة في إغلاق المحطات التجارية الكبرى، ولا يمكن التيقن من تكاليف التخلص من النفايات (وبخاصة النفايات المرحلية أو الطويلة الأمد) (انظر الملحق ٣). ولكن حتى المشاريع التي توفر مستوى عالياً جداً من الضمانات بأن الأموال ستكون متوفرة عند اللزوم، لن تحدث فرقاً كبيراً في الاقتصاد الإجمالي. فمثلاً، إذا طلب من المالك تحديد المبلغ (المحسوم) المتوقع أن يلزم للقيام بعملية الإغلاق في بداية عمر المحطة، فإن هذا سيضيف ٨٠٪ فقط على تكاليف البناء. وقد قامت برتش إنرجي بفصل التمويل، الذي لم يغط المرحلة الأولى من الإغلاق، وطلبت مساهمات تقل عن ٢٠ مليون جنيه إسترليني سنوياً؛ أي ما يعادل تكلفة تصل فقط إلى ٠,٠٣ جنيه إسترليني لكل كيلوواط/ساعة.

تظهر المشاكل إذا كان هناك تدنٍ في تقدير التكاليف في البداية، وتكون هناك خسارة في الأموال، أو أن الشركة تنهار قبل انتهاء العمر الافتراضي المتوقع للمحطة. وقد ظهرت هذه المشاكل كلها في بريطانيا. وقد تضاعفت التكاليف المتوقعة للإغلاق أضعافاً عدة في الواقع خلال العقدين الماضيين. ففي سنة ١٩٩٠، عندما تم تخصيص المجلس المركزي لتوليد الكهرباء، لم يتم نقل الأحكام المحاسبية التي تتأتى من إسهامات المستهلكين إلى الشركة الخليفة، نيوكليار إلكتروك. والدعم المالي الذي تم صرفه بين ١٩٩٠ و١٩٩٦ - والذي وصفه مايكل هيزلتاين بأنه «إغلاق محطات نووية قديمة وغير آمنة» - قد أنفق بالفعل على أنه تدفق نقدي من الشركة المالكة للمحطة، وأن النسبة التي لم يتم صرفها قد استوعبتها الخزينة. وانهار برتش إنرجي يعني أن نسبة كبيرة من تكاليف الإغلاق سوف يتحملها دافعو الضرائب المستقبليون.

### ٣-٨ التأمين والمسؤولية القانونية

هذا مجال مثار جدل، نظراً لأن المسؤولية القانونية لملاك المحطة في الوقت الحالي تنحصر في نص المعاهدات الدولية في نسبة صغيرة فقط من التكاليف المحتملة لحادث نووي جسيم. ومعاهدة فيينا المبرمة سنة ١٩٦٣ والمعدلة سنة ١٩٩٧ تحدد

موضوع التخلص من الوقود المستنفذ يصعب تقييمه، كما أن إعادة التصنيع مكلفة، ودون أن تكون هناك إمكانية للاستفادة بشكل مربح من البلوتونيوم الناتج، فإنه لا يقدم أي شيء للمساعدة في التخلص من النفايات. وكل ما تقوم به عملية إعادة التصنيع هو تقسيم الوقود المستنفذ إلى أجزاء مختلفة، ولا تقلل من كمية الإشعاع التي ينبغي التعامل معها. وفي الواقع، فإن المعالجة تخلق كمية كبيرة من النفايات من المستويين المدني والمتوسط، لأن كافة المواد والمعدات المستخدمة في المعالجة تتحول إلى نفايات إشعاعية. لقد قيل إن العقد السابق بين (BNFL) وبرتش إنرجي (قبل أن تنهار) لمعالجة وقود برتش إنرجي بلغت قيمته ٣٠٠ مليون جنيه إسترليني سنوياً، وهو ما يعادل ٠,٥ جنيه إسترليني لكل كيلوواط/ساعة. ومن المتوقع أن يوفر العقد الجديد على برتش إنرجي نحو ١٥٠ - ٢٠٠ مليون جنيه إسترليني في السنة، على الرغم من أن هذا سيكون ممكناً فقط بسبب اكتتاب الخسائر على حساب (BNFL) من قبل الحكومة. وعلى الرغم من هذه التجربة الضعيفة في التكاليف، أفادت تقارير بأن الولايات المتحدة كانت تدرس السماح بمعالجة الوقود المستنفذ، ولكن هذا لم يحدث نظراً للحظر الذي فرضته إدارة كارتر. وتعتبر تكلفة التخلص من النفايات على مستوى عالٍ صعوبة الاحتساب، نظراً لعدم القيام ببناء أي منشآت أو وجود منشآت قيد البناء، وتوقعات التكلفة تكون ذات هامش خطأ شاسع.

### ٣-٦ محاسبة العمر الافتراضي

من سمات محطات الجيل الثالث المتقدم (ج٣+) أنها قد صممت ليكون عمرها الافتراضي نحو ٦٠ سنة مقارنة بالتصاميم التي سبقتها، والتي كان عمرها الافتراضي نحو نصف هذه المدة. وبالنسبة لتكنولوجيا تهيم عليها التكاليف الثابتة، قد يكون من المتوقع أن مضاعفة العمر الافتراضي يحد بشكل كبير من التكاليف الثابتة للوحدة نظراً لتوفر وقت أطول لاسترداد تلك التكاليف. ولكن على أرض الواقع لم يحدث ذلك. لا بد من تسديد القروض التجارية خلال مدة لا تتجاوز ١٥ - ٢٠ سنة، وفي حساب التدفق النقدي المخصوم، فإن التكاليف والأرباح بعد أكثر من ١٠ - ١٥ سنة تصبح ذات وزن ضئيل (انظر الملحق ٢).

هناك ميل نحو تمديد عمر المحطات القائمة. وبعض تصاميم مفاعلات (PWR) و(BWR)، التي تبلغ حالياً عمرها المخصص به أصلاً وهو ٤٠ سنة، دخلت في عملية ترخيص من قبل سلطات السلامة الأمريكية لتشغيلها لـ ٢٠ سنة إضافية. ولكن، لا يجوز الافتراض بأنه ستوفر كهرباء رخيصة عندما يتم استرداد تكاليف رأس المال. وقد تتطلب إطالة العمر الافتراضي نفقات كبيرة لاستبدال المعدات البالية، ولجعل المحطة ممتثلة لإجراءات السلامة الحالية.

من أن هذا الحد يتوقع أن يزيد بموجب اتفاقي باريس وبروكسل ليصل إلى ٧٠٠ مليون يورو (٥٠٠ مليون جنيه استرليني). وقد اعتبر الحد على المسؤولية القانونية جوهرياً ليسمح بتطور الطاقة النووية، ولكن يمكن اعتباره دعماً مالياً كبيراً.

مسؤولية مشغلي المحطة النووية بـ ٣٠٠ مليون من حقوق السحب الخاصة، أو نحو ٤٦٠ مليون دولار (في ٢٢ شباط ٢٠٠٩ كان الدولار الواحد = ٠,٦٥٣ حق سحب خاص<sup>(١)</sup>). وفي الوقت الحالي، يكتتب للخطر المتبقي ما يزيد على ١٤٠ مليون جنيه استرليني، على الرغم

## الجدول ٨: الحدود على المسؤولية القانونية بالنسبة للدول الداخلة في المنظمة الأوروبية للتعاون في الميدان الاقتصادي والتنمية ابتداء من أيلول ٢٠٠١

الدولة	الحدود على المسؤولية القانونية بموجب التشريعات الوطنية	متطلبات الأمن المالي
بلجيكا	298 مليون يورو	
فنلندا	250 مليون يورو	
فرنسا	92 مليون يورو	
ألمانيا	غير محدود	2.500 مليون يورو
بريطانيا العظمى	227 مليون يورو	
هولندا	340 مليون يورو	
إسبانيا	150 مليون يورو	
سويسرا	غير محدود	674 مليون يورو
سلوفاكيا	47 مليون يورو	
جمهورية التشيك	177 مليون يورو	
المجر	143 مليون يورو	
كندا	54 مليون يورو	
الولايات المتحدة	10,937 مليون يورو	226 مليون يورو
المكسيك	12 مليون يورو	
اليابان	غير محدود	538 مليون يورو
كوريا الجنوبية	4,293 مليون يورو	

المصدر: إحصائيات غير رسمية - المنظمة الأوروبية للتعاون في الميدان الاقتصادي والتنمية/ وكالة الطاقة النووية. ملاحظات: (أ) استخدام معدلات صرف العملات الرسمية حزيران 2001 - حزيران 2002؛ (ب) إذا كان مختلفاً عن حد المسؤولية القانونية؛ (ج) تأمين بـ 256 مليون يورو، حصة المشغل 2.5 مليار يورو، 179 مليون يورو من تعديلات بروكسل على معاهدة باريس.

ونطاق التكاليف الذي تسببت فيه مثلاً كارثة تشيرنوبل التي قد تكون وصلت إلى ملايين مليارات الجنيهات الإسترلينية (إنه لمن المؤسف أن نضفي كلفة على قيمة الخسائر في الأرواح أو العجز ولكن هذا ضروري لغايات التأمين)، يعني أن تغطية التأمين التقليدية قد لا تكون متاحة، وحتى لو أتاحت، فإن تغطيتها قد لا تكون ذات مصداقية، لأن هذا الحدث الجلل يؤدي إلى إفلاس شركات التأمين.

جمعت لجنة الدراسات الخاصة بالطاقة المستدامة<sup>(٢)</sup> في البرلمان الألماني إحصائيات عن حدود المسؤولية القانونية في دول المنظمة الأوروبية للتعاون في الميدان الاقتصادي والتنمية (انظر الجدول ٨)، وتظهر هذه الإحصائيات مساحة واسعة من حدود المسؤولية تتراوح بين مبالغ متدنية، مثل المكسيك، إلى مبالغ أعلى بكثير، مثل ألمانيا.

(1) يتم تحديد قيمة حق السحب الخاص من خلال سلة العملات الأربع الرئيسية العالمية.

(2) Deutscher Bundestag, Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung, Bericht der Enquete-Kommission, zur Sache 6/2002, chapter 3.3.2, table 3.3 (Berlin: Deutscher Bundestag, 2002), p. 232, <http://dip.bundestag.de/btd/14/094/1409400.pdf>.

أساسية يتم تأخيرها أو ضياعها في حال الخسائر بسبب كارثة معينة، مثل الزلازل. ويصعب تحديد ما إذا كان هذا يشكل طريقة قابلة للحياة لتوفير تغطية تأمين ضد الحوادث النووية، وأثره المحتمل على الاقتصاد النووي، حتى يتم التقدم بمقترحات ملموسة.

وقد كانت هناك مقترحات بأن «سندات الكوارث» قد تشكل مخرجاً بالنسبة لأصحاب المحطة لتوفير تغطية موثوقة للتكاليف المالية للحوادث. وسندات الكوارث عبارة عن سندات مدعومة بالتأمين ذات عائد مرتفع تحتوي على أحكام تنشئ فائدة و/أو دفعات



## ٤) التجربة في أولكيلوتو وفلامانفيل

خاص. وقد توقعت الصناعة أنه، عند اكتمال تلك المحطة، سوف تكون ظاهرة ومرجعية للمشتريين المحتملين الآخرين لمصادر الطاقة النووية.

فنلندا جزء من سوق كهرباء الشمال الذي يضم أيضا النرويج والسويد والدنمرك. وينظر إلى المنطقة عادة على أنها أكثر سوق كهرباء تنافسي في العالم. ولهذا، انعقدت آمال كبيرة في أن هذا سيجيب عن الكثير من الأسئلة المتعلقة بـ «النهضة النووية». ومع ذلك، فإن الدراسة المعمقة للصفحة تبين سمات خاصة جداً تظهر أن تلك الصفحة لا تمثل الظروف في أسواق أخرى.

وقد قيل إن سعر العقد الخاص بأولكيلوتو سنة ٢٠٠٤ بلغ ٣ مليارات يورو لمحطة بقدرة ١٦٠٠ ميغاواط<sup>١</sup>. ثم أعلن لاحقاً أن السعر هو ٣,٢ مليار يورو<sup>٢</sup>، أو ٣,٢ مليار يورو. وقد منح المشروع الفنلندي (STUK)، المصادقة على السلامة في آذار ٢٠٠٥، وبدأ عمل ضخ في الموقع في آب ٢٠٠٥. وعند توقيع العقد كانت

تكتسب هاتان المحطتان أهمية خاصة نظراً لكونهما المحطتين الوحيدتين من الجيل ٣+ اللتين تحملان تجربة دلالية وإن كانت للبناء وحده حتى الآن وليس للتشغيل.

### ٤- ١ أولكيلوتو

اعتبرت طلبية محطة أولكيلوتو-٣ لفنلندا ذات أهمية خاصة بالنسبة للصناعة النووية، لأنها بدت متناقضة مع الحكمة التقليدية القائلة إن تحرير السوق وطلبات الطاقة النووية متناقضان. وكانت طلبية مفاعل أولكيلوتو-٣ في كانون الأول ٢٠٠٣ أول طلبية نووية في أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية منذ طلبية سيفوكس - ٢ في فرنسا، وأول طلبية خارج نطاق المحيط الهادي لتصاميم الجيل ٣/٣+. وكانت صناعة الكهرباء الفنلندية تحاول الحصول على مصادقة برلمانية على وحدة نووية خامسة في فنلندا منذ ١٩٩٢. ومنحت هذه الموافقة أخيراً سنة ٢٠٠٢. وكانت طلبية أولكيلوتو - ٣ دفعة كبيرة للصناعة النووية بشكل عام، ولأريفا ن.ب. بشكل

1) أشار مدير المشروع مارتن لاندتمان إلى أن: «قيمة إجمالي استثمار أولكيلوتو 3 بما فيها عقود تسليم المباني الجاهزة يقدر بنحو 3 مليارات يورو حسب عملة سنة 2003. و لم يتم نشر أي إحصائيات أخرى»، معلومة شخصية بريد إلكتروني لمايكل شنايدر، بتاريخ 8 تشرين الأول 2004.

2) Nucleonics Week, "EC Probing Claims Olkiluoto Loan Guarantees Were State Aid," October 26, 2006.

3) Nucleonics Week, "Areva Reveals 47% Cost Overrun on Contract for Olkiluoto-3," March 5, 2009, p. 1.

٢٠٠٩، أقرت أريفا ن ب بأن التكلفة المقدرة قد وصلت إلى ٥,٣ مليار يورو حسب معدل الصرف السائد، حيث ١ يورو = ١,٣٥ دولار أمريكي كانت تشكل تكلفة تقدر بـ ٤,٥٠٠ دولار/ كيلواط<sup>١</sup>. وأصبح العقد موضع نزاع مرير بين أريفا ن ب والعمليل تيوليسويدين فويما أوي (Teollisuuden Voima Oy - TVO)، حيث تطالب أريفا ن ب بتعويض يقارب مليار يورو بسبب ادعاء في إخفاق (TVO) في أعمالها. وكان الادعاء المضاد من قبل (TVO) في كانون الثاني ٢٠٠٩ للمطالبة بتعويض يقدر بـ ٢,٤ مليار يورو من أريفا ن ب بسبب تأخرها في المشروع<sup>٢</sup>.

لا يبدو أن هناك احتمالاً بأن تكون كافة المشكلات التي أسهمت في التأخير وتخطي التكاليف المقدرة قد حلت؛ ويمكن أن تكون التكلفة النهائية أعلى بشكل مفرط. وسوف تحدد نتيجة التحكيم بالدعوى والدعوى المضادة بين أريفا ن ب و(TVO) كيفية توزيع نسب التكلفة المتخطاة. ولكن، وبغض النظر عن هذا الوضع، من الواضح أن مخاوف المستثمرين بشأن تكاليف المحطات ومواعيد تسليمها ما زالت قائمة.

#### ٤-٢ فلانفيل

أخيراً أرسلت شركة الكهرباء الفرنسية (EDF) طلبية على مفاعل للطاقة النووية في كانون الثاني ٢٠٠٧، ليكون مقره في موقعها في فلانفيل. وقد تم رفع طاقة هذا المفاعل إلى ١٦٢٠ ميغاواط<sup>٣</sup>، وبدأ البناء في كانون الأول ٢٠٠٧<sup>٤</sup>. وفي أيار ٢٠٠٦، قدرت شركة الكهرباء الفرنسية التكلفة بـ ٣,٣ مليار يورو<sup>٥</sup>، حيث كان سعر صرف اليورو مقابل الدولار حينها (١ يورو = ١,٢٨ دولار)، ما يعني تكلفة مقدرة بـ ٢,٥٩٠ دولار/ كيلواط. ولكن هذه التكلفة لم تشمل الوقود الأول، وبالتالي فإن تكلفة القروض القصيرة الأجل من البنك المركزي بفائدة ثابتة كانت أعلى بعض الشيء. ولم يشمل تقدير التكلفة قيمة التمويل كذلك.

لم تحاول شركة الكهرباء الفرنسية الحصول على عقد تسليم جهاز للاستخدام، حيث تقوم الشركة الموردة بإدارة الهندسة المعمارية وعملية التعاقد -مثلاً السماح بعقود- للمولد التوربيني.

القيمة تساوي نحو ٣,٦-٤ مليارات دولار (حسب سعر العقد) أو نحو ٢,٢٥٠ - ٢,٤٧٥ كيلواط (١ يورو = ١,٢ دولار أمريكي). وقد شملت هذه التكلفة التمويل ومحاور لمفاعلين، وبالتالي فإن التكلفة للكيلواط حسب شروط الإقراض القصير الأجل المضمون الفائدة من البنوك المركزية، يمكن أن يكون أدنى بعض الشيء على الرغم من أن تكاليف التمويل منخفضة، كما يظهر لنا لاحقاً نظراً لسعر الفائدة المتدني (٢,٦٪).

وعلى الرغم من أن تلك التكلفة أعلى بكثير من الهدف الذي وضعته الصناعة النووية والبالغ ١٠٠٠ دولار/ كيلواط قبل بضع سنوات فقط، فقد اعتبرها بعض المنتقدين أنها «تقود إلى الخسارة». لقد دأبت أريفا ن ب. على المحاولة لإقناع شركة الطاقة الفرنسية (EDF) أو واحدة من شركات خدمات الطاقة الألمانية لعمل طلبية على مفاعل طاقة نووية منذ نهاية ستينيات القرن الماضي<sup>٦</sup>، وظهرت مخاوف من أنه في حال عدم وصول طلبية على مفاعل طاقة نووية في فترة قريبة، فإن شركة أريفا ن ب (Ariva NP) سوف تبدأ بفقدان بعض العاملين الرئيسيين فيها<sup>٧</sup>، وأن تصاميمها ستصبح بالية ومتفادمة<sup>٨</sup>. كما أن شركة أريفا ن ب كانت بحاجة لـ«فترنة عرض» لتكنولوجيا (EPR)، وبالتالي فإن محطة أولكيلوتو ٣ كانت ستصبح المحطة المرجعية التي تتطلع إليها الطلبيات الأخرى. وكان هناك حافظ آخر، وبناء على طلب العميل، حيث عرضت شركة أريفا ن ب المحطة بسعر «الجاهز للعمل»، أو على أساس شروط سعر ثابت. وتولت مسؤولية إدارة الموقع والهندسة المعمارية دون الاقتصار على توريد «منطقة العمل النووية». ولم يكن هذا واحداً من الأدوار التي اعتادت عليها. فمن المعروف أنه في مفاعلات توليد الطاقة الـ ٥٨ التي وردتها شركة فراماتوم، سلف أريفا ن ب لفرنسا، وكذلك في مشاريعها الخارجية، بما في ذلك تلك المتوفرة في الصين وجنوب أفريقيا؛ كانت شركة الكهرباء الفرنسية (EDF) هي المقدمة لتلك الخدمات.

وحسبما يظهر من التوثيق في مواضع أخرى<sup>٩</sup>، فقد حدثت أخطاء خطيرة في مشروع أولكيلوتو منذ أن بدأ البناء. فبحلول آذار ٢٠٠٩، كان هناك إقرار بأن المشروع تأخر ما لا يقل عن ثلاث سنوات، وتخطت موازنته ما يزيد على ١,٧ مليار يورو<sup>١٠</sup>. وفي آب

1) Nucleonics Week, "Giant EPR Said To Be Competitive: EDF To Decide on Order Next Year," November 6, 1998, p. 1.

2) Petroleum Economist, "France Mulls Nuclear Future," March 2001.

3) Nucleonics Week, "EPR Safety Approval Won't Last Beyond 2002, Regulator Warns," March 6, 1997.

4) S. Thomas, "Can Nuclear Power Plants Be Built in Britain without Public Subsidies and Guarantees?,"

Presentation at a conference, Commercial Nuclear Energy in an Unstable, Carbon Constrained World, co-hosted by the Nonproliferation Policy Education Center and Radio Free Europe/Radio Liberty, March 17-18, 2008, Prague, Czech Republic.

5) Nucleonics Week, "Areva's Olkiluoto-3 Manager Says Engineering Judgment Undermined," March 26, 2009, p.

6) Nucleonics Week, "Areva Reveals 47% Cost Overrun."

7) Nucleonics Week, "With Expected Losses Mounting, Areva Seeks Changes in Ol3 Project," September 3, 2009.

8) Agence France Presse, "Setbacks Plague Finland's French-built Reactor," January 30, 2009.

9) Nucleonics Week, "EDF Orders Flamanville-3 EPR NSSS, with Startup Targeted in 2012," January 5, 2007, p. 1.

10) Nucleonics Week, "Flamanville-3 Concrete Pour Marks Start of Nuclear Construction," December 6, 2007, p. 3.

11) Nucleonics Week, "EDF to Build Flamanville-3, Says First EPR Competitive with CCGT," May 11, 2006, p. 1.

الكهرباء الفرنسية بأن تكاليف البناء المتوقعة لفلامانفيل قد ارتفعت من ٣,٣ مليار يورو إلى ٤ مليارات يورو<sup>١</sup>. وفي ذلك الوقت كان سعر صرف اليورو مقابل الدولار (١ يورو = ١,٣٣ دولار)، ما يعني أن التكلفة وصلت إلى ٣,٢٦٥ دولار/ كيلواط، وهذا أعلى بكثير من السعر التعاقدى لأولكيلوتو، ولكنه أقل من مستويات التسعيرة في الولايات المتحدة والتكلفة الفعلية لأولكيلوتو. وقد كانت هناك ادعاءات أثارها النقابات المهنية مفادها أن البناء في فلامانفيل قد تأخر ما لا يقل عن سنتين عن أجله المحدد مسبقاً<sup>٢</sup>. وقد توقع أحد المسؤولين في شركة أريفا أن تكلفة المفاعل ستكون أقل من ٤,٥ مليار يورو، على الرغم من أنه لم يحدد إذا كانت هذه التكلفة حسب سعر فائدة ثابت على قرض قصير الأجل من بنك مركزي<sup>٣</sup>.

وليس واضحاً بعد مدى تأثير هذه القرارات بالتجربة المبررة في أولكيلوتو، ومدى تأثيرها بالحاجة التي ارتأتها للمحافظة على المهارات الذاتية.

وفي أيار ٢٠٠٨، أوقفت سلطات تنظيم السلامة الفرنسية مؤقتاً البناء في فلامانفيل بسبب قضايا النوعية في صب فرش قاعدة الأسمنت<sup>٤</sup>. وقد دفع التأخير شركة أريفا ن ب لتوقع عدم إمكانية إكمال المحطة حتى العام ٢٠١٣؛ أي بتأخير مدته سنة. ولكن في تشرين الثاني ٢٠٠٨، ادعت شركة الكهرباء الفرنسية أنه قد تم تدارك التأخير، وأن المحطة استأنفت مسارها حسب الجدول الزمني الأصلي لينتهي العمل عليها في ٢٠١٣<sup>٥</sup>. وقد اعترفت شركة

1) Nucleonics Week, "Concrete Pouring at Flamanville-3 Stopped after New Problems Found," May 29, 2008, p. 18.

2) Nucleonics Week, "EDF Confirms Target of Starting Up Flamanville-3 in 2012," November 20, 2008, p. 1.

3) Associated Press Worldstream, "EDF To Lead up to Euro50b in Nuclear Plant Investment," December 4, 2008

4) Nucleonics Week, "French Union: Flamanville-3 Delayed," January 28, 2010, p. 1.

5) Nucleonics Week, "Areva Official Says Costs for New EPR Rising, Exceeding \$6.5 billion," September 4, 2008, p. 1.



## ٥ البرنامج الأمريكي

**نوعه، ولعرض عمليات التنظيم والترخيص الفيدرالي غير الخاضعة للاختبار فيما يتعلق بتحديد الموقع والبناء وتشغيل محطات نووية جديدة ٢.**

وكان التحليل العقلاني لبرنامج الطاقة النووية ٢٠١٠، يشير إلى أن التصاميم النووية الجديدة ستكون ذات تنافسية اقتصادية. ولكن التجارب السيئة التي خاضتها عمليات بناء المحطات النووية في الولايات المتحدة خلال ثمانينيات وتسعينيات القرن العشرين، كانت تعني أن المصالح التجارية سوف تتردد قبل عمل طلبيات على محطات نووية حتى يثبت لها أن التصاميم والإجراءات الجديدة قد سوت القضايا التي أفضت إلى تلك المشاكل. وبالتالي، كانت السياسة المتبعة للتغلب على تلك العوائق هي توحيد العمليات التنظيمية، وضمان مصادقة الهيئات المنظمة على عدد من التصاميم الجديدة، وتوفير الدعم المالي مبدئياً في ثلاثة مشاريع (ربما ست وحدات)، بعدها لن يتطلب الطلب دعماً مالياً.

وقد كان هناك عرض بما يصل إلى ٤٥٠ مليون دولار من المنح لثلاثة مشاريع على الأقل. وظهرت ثلاث منظمات رئيسية لتستفيد من هذا الدعم المالي، حيث وقعت اثنتان منها على اتفاقيات مع (USDOE) - سلطة الطاقة الأمريكية للتطوير.

بذلت إدارة بوش جهوداً مكثفة لإعادة إحياء الطلب على الطاقة النووية ضمن برنامجها للطاقة النووية لسنة ٢٠١٠، الذي أعلنت عنه في شباط ٢٠٠٢، حيث يركز البرنامج على تصاميم الجيل ٢+٣. وعند الإعلان عن البرنامج، كانت التوقعات تشير إلى أنه على الأقل وحدة من الجيل ٢+٣ ومفاعل من التصاميم الأكثر تقدماً سيباشران عملياتهما بحلول ٢٠١٠. وحسب هذا البرنامج، توقعت سلطة الطاقة الأمريكية أن تطلق برامج تعاونية مع الصناعة، كما في النص التالي:

[...] للحصول على مصادقة (NRC) على ثلاثة مواقع بناء لمحطات طاقة نووية جديدة ضمن عملية تصريح الموقع المبكر (Early Site Permit (ESP) process)، لتطوير دليل إرشاد لتحضير الطلب على رخصة مدمجة للبناء والتشغيل وحل المشاكل العمومية التنظيمية في عملية (COL)، وهي عملية ترخيص ذات «خطوة واحدة»، يتم من خلالها حل مخاطر الصحة العامة والسلامة المترتبة على المحطة النووية دفعة واحدة قبل بدء البناء، وتقوم (NRC) بالمصادقة وإصدار الرخصة لبناء وتشغيل محطة طاقة نووية جديدة ١.

بالإضافة إلى ذلك:

[...] لاستكمال تطوير تكنولوجيا مفاعل الجيل ٢+٣ الأول من

خلال سنوات التشغيل الثماني الأولى. وبحسب إدارة معلومات الطاقة (EIA)، فإن هذه المساعدة المالية ستكلف دافعي الضرائب الأمريكيين ٥,٧ مليار دولار مع حلول ٢٠٢٥<sup>١</sup>.

• **ضمانات القروض:** للتخفيف من صعوبة تمويل المحطات الجديدة، تم منح ضمانات قروض بحيث تستطيع الشركات الاقتراض حسب معدلات سندات الخزانة الحكومية. وقد وجد مكتب الموازنة في الكونغرس أن مخاطر التعثر في سداد القرض في هذه الصناعة «يزيد بكثير على ٥٠٪»<sup>٢</sup>، وقد قدرت خدمات الأبحاث التابعة للكونغرس أن التكلفة على دافعي الضرائب لقاء ضمانات القرض لتغطية ما يصل إلى ٥٠٪ من تكلفة بناء ستة إلى ثمانية مفاعلات جديدة ستصل إلى ١٤-١٦ مليار دولار<sup>٣</sup>.

قدم قانون الطاقة (EPACT) نحو ٥٠٠ مليون دولار تأميناً ضد المخاطر للوحدات ١-٢ و ٢٥٠ مليون دولار للوحدات ٣-٦. ويتم دفع هذا التأمين إذا لم يكن سبب التأخير هو البطء في عملية الترخيص للجهة

المرخص لها للمحطة. كما قدمت دعماً لتمويل الأبحاث والتنمية بقيمة ٨٥٠ مليون دولار، وساعدت في تكاليف الإغلاق بقيمة ١,٢ مليار دولار.

واتضح بسرعة أن ضمانات القروض لم تكن العنصر الرئيسي الوحيد في الرزمة، بل إن مدى التغطية الممنوحة لم تكن كافية لتمكين الشركات من عمل الطلبات. وكان من المتوقع أن تغطي ضمانات القرض الفيدرالية أصلاً نحو ٨٠٪ من الدين الذي ينطوي عليه المشروع، وإذا كان الدين المحتسب بنحو ٦٠٪ من تكاليف بناء المحطة (حيث يتم تمويل الباقي من رأس المال الأسهمي)، فإن هذا يعني أن نحو نصف تكلفة المحطة ستتم تغطيتها. وضغطت الشركات ونجحت في الحصول على تغطية بنسبة ١٠٠٪ من الدين لنحو ٨٠٪ من تكلفة المشروع. وقد شاركت المصارف في الإعلان عن تأييدها في الدعوة للتغطية الكاملة. وفي بيان صدر سنة ٢٠٠٧، أخطرت ستة مصارف استثمارية رئيسية في بورصة وول ستريت (سيتي غروب، كريديت سويس، غولدمان ساكس، ليمان برذرز، ميريل لينك ومورغان ستانلي) سلطة الطاقة الأمريكية، بعدم استعدادها لتوفير قروض لمحطات طاقة نووية جديدة إلا إذا تحمل دافعو الضرائب ١٠٠٪ من المخاطر<sup>٤</sup>.

COL. نوستارت، التي انطلقت سنة ٢٠٠٤، وتكونت من تجمع لثماني شركات أمريكية شمل: إنترجي، كونتيلاشن إنبرجي، ديوك بور، إكسيلون، فلوريدا بورر أند لايت، بروغرس إنبرجي، شركة الجنوب، سلطة تينيسي فالي (حيث وفرت هذه الأخيرة موظفين ولم تسهم بالنقد). الشركة الفرنسية، وكهرباء فرنسا، والبائعان وستنغهاوس (Westinghouse) وحي إي، كانوا أيضاً أعضاء، لكن بدون حق التصويت. وخططت نوستارت لعمل طلبين، أحدهما باسم (GE ESBWR) في موقع خليج إنترجي (تكساس)، والآخر باسم وستنغهاوس (Westinghouse) أب ١٠٠٠ وموقع بيليفونت التابع لسلطة تينيسي فالي. وقد قادت المجموعة الرئيسية الثانية

وفي بيان صدر سنة ٢٠٠٧، أخطرت ستة مصارف استثمارية رئيسية في بورصة وول ستريت (سيتي غروب، كريديت سويس، غولدمان ساكس، ليمان برذرز، ميريل لينك ومورغان ستانلي) سلطة الطاقة الأمريكية، بعدم استعدادها لتوفير قروض لمحطات طاقة نووية جديدة إلا إذا تحمل دافعو الضرائب ١٠٠٪ من المخاطر

شركة دومينيون، حيث كانت تحاول الحصول على (COL) لطراز متطور للطاقة الذرية لتصميم كاندو كندا، (ACR-٧٠٠)، في نورثأنا (فيرجينيا)، حيث تدير دومينيون مفاعلين. ولكن في كانون الثاني ٢٠٠٥، أعلنت أنها استبدلت تصميم (ACR-٧٠٠) بـ (GE ESBWR) بسبب الوقت المتوقع للحصول على ترخيص لمحطة كاندو في الولايات المتحدة. لم يكن

تصميم كاندو قد حصل على مصادقة الهيئة التنظيمية في الولايات المتحدة، وتوقعت شركة (NRC) أن تستغرق عملية المصادقة ما يزيد على ٦٠ شهراً - وهذا أطول بكثير مما توقعته للحصول على ترخيص (Generation III + PWR or BWR). وبالتالي، بات واضحاً أن التصاميم الجديدة التي تقوم (NRC) بتقييمها سوف تستغرق أكثر من ٦٠ شهراً في عملية التقييم.

منذ إقرار قانون سياسة الطاقة لسنة ٢٠٠٥ (EPACT)، تراجع الإطار الزمني للبرنامج، ولكن النطاق توسع ليشمل عدداً كبيراً من الشركات الأمريكية التي أعربت عن اهتمامها في بناء المحطات، كما ارتفع مقياس الدعم على العرض بشكل مذهل. ومع بداية ٢٠٠٩، أعلن عن خطط لبناء ٣١ وحدة (انظر الجدول ٩).

ثم طرح رزمة من المساعدات المالية لدعم هذه الحفنة من الوحدات التجريبية، حيث ظهرت اثنتان منها على أنها الأكثر أهمية:

• **اعتمادات ضريبة الإنتاج:** لجعل الكهرباء المولدة من محطات الطاقة النووية الجديدة تنافسية مع مصادر الطاقة الأخرى، سيتم دفع اعتمادات ضريبية تقدر بـ ١٨ دولار/ميغاواط/ساعة

1) United States Department of Energy (DoE), Analysis of Five Selected Tax Provisions of the Conference Energy Bill of 2003 (Washington, DC: Energy Information Administration, 2004), p. 3, [http://tonto.eia.doe.gov/FTPROOT/service/sroiaf\(2004\)01.pdf](http://tonto.eia.doe.gov/FTPROOT/service/sroiaf(2004)01.pdf).

2) Congressional Budget Office, Cost estimate of S.14, Energy Policy Act of 2003 (Washington, DC: Congressional Budget Office, May 7, 2003), <http://www.cbo.gov/doc.cfm?index=4206>.

3) Congressional Research Service (CRS), Potential Cost of Nuclear Power Plant Subsidies in S.14 (May 7, 2003); requested by Senator Ron Wyden.

4) Investors' comments in response to DOE notice of proposed rulemaking, July 2, 2007.

## جدول ٩: المشاريع النووية الأمريكية المعلن عنها ضمن «برنامج الطاقة النووية ٢٠١٠»

المحطة	الجهة المالكة	وضع NRC	ضمان القرض	التصميم	التاريخ المتوقع للتشغيل
كاليفرنيا كليفيس 3	يونستار	قدم الطلب في آذار/08	على القائمة الأخيرة	EPR	؟
ساوث تكساس 3.4	NRG	قدم الطلب في أيلول/07	على القائمة النهائية	ABWR	؟
بيلفونت 3، 4	TVA	قدم الطلب في تشرين أول/07	غير مؤهلة	AP1000	؟
نورث آنا 3	Dominion	قدم الطلب في تشرين ثاني/07	قدمت طلب	ESBWR	؟
لي 1، 2	Duke	قدم الطلب في كانون أول/07	قدم الطلب	AP1000	2021-2023
هاريس 2.3	Progress	عرض الطلب في شباط/08	لم يتم تقديم الطلب	AP1000	2019-2020
غراند غولف 3	Entergy	قدم الطلب في شباط/08	قدم طلب	ESBWR	Lugr
فوغتل 3، 4	Southern	قدم الطلب في آذار/08	على القائمة النهائية	AP1000	2016
سمر 2، 3	SCANA	قدم الطلب في آذار/08	على القائمة النهائية	AP1000	2016-2019
كاولاوي 2	Ameren UE	قدم الطلب في تموز/08	قدم طلب	EPR	معلق
ليفي 1، 2	Progress	قدم الطلب في تموز/08	قدم طلب	AP1000	2019-2020
فكتوريا 1، 2	Exelon	قدم الطلب في أيلول/08	قدم طلب	ESBWR	معلق
فيمي 3	DTE Energy	قدم الطلب في أيلول/08	لم تقدم طلب	ESBWR	؟
كوماننش بيك 3، 4	TXU	قدم الطلب في أيلول/08	تحفظ أول	APWR	؟
ناين مايل بوينت 3	Unistar	قدم الطلب في تشرين أول/08	قدم طلب	EPR	معلق
بل بند	PPL	قدم الطلب في تشرين أول/08	قدم طلب	EPR	2018
أماريلو 1، 2	Amarillo	؟	؟	EPR	؟
ريفر بيند	Entergy	قدم الطلب في أيلول/08	قدم طلب	ESBWR	معلق
إلمور	Unistar	؟	؟	EPR	معلق
توركي بوينت 6، 7	FPL	خطة لتقديم طلب في آذار/09	؟	AP1000	2018-2020

من الزمن، ولكن أسباب عدم تحقق هذه الطلبية بشكل ملموس ما زالت غير واضحة. وفي الولايات المتحدة لديها عميل وحيد فقط، وإذا لم يتحقق المشروع واستمر تأخر الطلبية من اليابان، فإن مستقبل هذه التكنولوجيا سيضمحل.

يقول الاهتمام بـ(ESBWR) خارج الولايات المتحدة، وقد فقدت منذ العام ٢٠٠٨ ثلاثة من زبائنها الأمريكيين. وقد أصدرت تعليقات مدمرة بشأن عدم التيقن من تكاليف البناء وقدرته التصميم على الدخول في معترك التداول التجاري. والعميلان الأخران لـ(ESBWR) - وهما دومينيون و(dte energy) - ليسا على القائمة النهائية المؤهلة للحصول على ضمانات القروض. وإذا أخفقت هذه الطلبيات في مواصلة مشوارها، فإن (ESBWR) ستواجه صعوبات بالغة في الصمود في السوق. وإذا لم تنجح، فإن هذا سيثير تساؤلات حول مستقبل (GE) كبائع للمفاعلات.

أما (ABWR) فليدها عميل وحيد هو (NRG)، وقد واجه هذا المشروع صعوبات جدية في نهاية ٢٠٠٩ بسبب تصاعد التكاليف. وهو محظوظ لكونه تكنولوجيا تجريبية، وقد حصلت على مصادقة الهيئة التنظيمية الصادرة عن (NRC). ولكن هذه المصادقة تنتهي مدتها في ٢٠١٢، وسيكون على أية طلبية جديدة أن تنتظر تجديد اعتمادها. كما سيكون على هيئة التنظيم النووية (NRC) أن تعطي مؤشراً على مدى التغييرات التي ينبغي تنفيذها، مثلاً، توفير حماية مضادة للظلال. وبالتالي، فإن ميزة (ABWR) بكونها تكنولوجيا مصادق عليها، سوف تختفي إذا كانت هذه القائمة طويلة، وكانت عملية مراجعة التعديلات على التصميم طويلة أيضاً.

وقد دُمرت صورة محطات الطاقة النووية بشكل كبير بفعل المشاكل التي ظهرت في أوكلوتو (وفلامانفيل)، وبسبب صعوبة حل موضوع الرقابة والتجهيز مع الهيئات الأوروبية المختصة بتنظيم السلامة. ويبدو أن ثلاثة من مشاريعها الستة راكدة، ويظل مشروع كالفيرت كليفز الوحيد الماضي في تطوره.

كما يبدو أن (AP ١٠٠٠) هي صاحبة الموقف الأقوى. وهي تشكل نحو نصف وحدات المفاعلات المعلن عنها (١٤ من أصل ٣١)، واثنين من المشاريع الأربعة المؤهلة على القائمة النهائية لضمانات القروض، بما في ذلك المشروع الأكثر احتمالاً لتلقي تلك الضمانات قبل غيره، وهو فوغتل. ولا يبدو أنه قد تم التخلي عن أي من مشاريع (AP ١٠٠٠) حتى الآن. وعلى الرغم من أن هناك شكوكاً تحوم حول مشروع (TVA Bellefonte)، فقد حصل على مصادقة التصميم من (NRC) (في ٢٠٠٦) على الرغم من أن (Westinghouse/Toshiba) قد قدمت مراجعات على التصميم لاحقاً، ولن يتم استكمال هذه المراجعة قبل ٢٠١١. وتواجه (Westinghouse/Toshiba) مشاكل في حل قضايا السلامة المتعلقة بالدرع النهائية على جانبي الأطلسي. وفي شباط ٢٠١٠، أثارت الهيئة التنظيمية للسلامة النووية في المملكة المتحدة «مسألة تنظيمية» بخصوص مناحي هذا التصميم.<sup>1</sup>

في الولايات التي يكون فيها سوق الكهرباء أقل تحراً، وتعمل فيها الشركات بموجب تسعيرة منظمة وقاعدة أصول منظمة، فإن ضمانات القروض قد تكون أقل حيوية. وإذا وافقت الهيئات المنظمة، كما فعلت بعضها، قبل اكتمال المحطة على السماح للشركة ببدء استعادة تكلفة بناء المحطة، فإنه سيكون هناك تحول كبير في إبعاد مخاطر البناء عن كاهل الشركة وتحميلها على المستهلكين. وهذا قد يعني أن الممولين سوف يوفر قروضاً بمعدلات فائدة أقل بكثير مما لو كان على المحطة أن تتنافس في السوق.

كما نما نطاق المعونات المالية، حيث انتقل من تغطية ثلاثة مواقع فقط (ما مجموعه ست وحدات) إلى ضمانات قروض لثلاث وحدات لكل تصميم «مبتكر». وبحلول العام ٢٠٠٨، كانت هيئة التنظيم النووية (NRC) تنظر في خمسة «تصاميم إبداعية» مؤهلة، ما يعني أن ١٥ وحدة ستكون قابلة للتأهل لضمانات القروض. وكانت التصاميم الخمسة هي:

(GE-Hitachi ESBWR)، (GE-Westinghouse AP1000)، (Mitsubishi APWR)، (Areva NP EPR)، (Hitachi ABWR).

وعندما أُطلق البرنامج في العام ٢٠٠٢، كانت تكاليف البناء المتوقعة ما زالت تراوح ١٠٠٠ دولار/كيلوواط، وكانت ضمانات القروض اللازمة لست وحدات لنحو ١٤٠٠ ميغاواط، حيث تغطي الواحدة منها ٥٠٪ من إجمالي التكلفة، تقدر بنحو ٤.٢ مليار دولار. ولكن مع حلول ٢٠٠٨، إذا افترضنا احتمال تأهل ١٥ وحدة مع تغطية تصل إلى ٨٠٪ من إجمالي تكلفتها بمقدار ٦,٠٠٠/كيلوواط، ستكون هناك ضرورة لضمانات تصل إلى ما يزيد على ١٠٠ مليار دولار.

وقد منح قانون الطاقة الصادر سنة ٢٠٠٧ سلطة الطاقة الأمريكية موازنة تصل إلى ١٨,٥ مليار دولار للسنة ٢٠٠٨/٢٠٠٩ لضمانات القروض التي تغطي المحطات النووية. وقد أصدرت سلطة الطاقة الأمريكية قائمة بالمشاريع الخمسة الأكثر قابلية للتأهل لضمانات القروض في شباط ٢٠٠٩. واشتملت هذه المشاريع على شركة الجنوب (فوغل)، وشركة الكهرباء والغاز في جنوب كارولينا (سمر)، وشركة يونيسترار النووية (كالفيرت كليفز)، و(NRG) (جنوب تكساس)، وكوماننش بيك بروجيكت. ثم تم تقليل القائمة لاحقاً إلى أربعة مشاريع عندما وضع كوماننش بيك في أيار ٢٠٠٩. ويظهر الملحق ٤ وصفاً مفصلاً لوضع المشاريع النووية المعلنة في الولايات المتحدة.

## ١ - ٥ النتائج المحتملة

بينما تعكف هيئة الأبحاث النووية (NRC) على مراجعة تصاميم المفاعلات، فإن كل هذه التصاميم تثير تساؤلات كبرى. وشارفت تكنولوجيا (APWR) على الحصول على طلبية من اليابان لنحو عقد

1) Toshiba may also offer the ABWR independently from GE-Hitachi.

[2] إذا لم يتم تسوية المسألة التنظيمية خلال الأجل المخصص لذلك (في هذه الحالة) فإن سلطات السلامة قد ترفض منح مصادقة على التصميم الأصلي؛ انظر الموقع <http://news.hse.gov.uk/2010/02/16/hseraise-regulatory-issue-ri-against-westinghouses-ap1000-nuclear-reactor-design>.

٨,٣٣ مليار دولار قد خصصت لمشروع فوغتل (جورجيا) لوحدي (AP1000)<sup>٢</sup>. وكان من المتوقع أن تغطي ضمانات القرض ٧٪ من التكاليف (على الأقل بالنسبة للمالك الرئيسي، جورجيا بوور) على الرغم من عدم تحديد تفاصيل الرسم الذي سوف تتم جبايته على ضمانات القرض. وبهذا، فإن التكلفة المتوقعة للمحطة تقدر بـ ١١,٩ مليار دولار، أو ٥,٠٠٠ دولار/ كيلوواط. وقد وافقت هيئة الخدمات العامة في ولاية جورجيا على طلب جورجيا بوور للسماح لها بالبدء باسترداد تكاليف البناء من المستهلكين الذين تحتكر توفير الخدمة لهم (انظر الملحق ٤). وبالتالي، فإن أي مصرف يقوم بإقراض المال للمشروع يحصل على حماية مزدوجة: من الحكومة الفيدرالية (دافعي الضرائب) من خلال ضمانات القرض؛ ومن المستهلكين عبر ضمان استرداد التكلفة.

ويظهر هذا النموذج من الحماية المزدوجة أن المحطات النووية يمكن بناؤها إذا ما كانت الحكومة مستعدة لتوفير دعم مالي كبير وكافر. ولكنه لا يبدو مستداماً لأكثر من بضع وحدات تجريبية، وبخاصة إذا لم يمض المشروع بشكل سلس، وأجبر دافعو الضرائب والمستهلكون على الوفاء بالتكاليف الإضافية.

ويحتمل أن يستحوذ مشروعان فقط على استهلاك ضمانات القرض الحالية التي التزمت بها الحكومة الأمريكية حتى نهاية ٢٠٠٩، والبالغة ١٨,٥ مليار دولار. كما أن هناك مشكلة في تحديد الرسوم التي يتوجب على الشركات دفعها لتلقي تلك الضمانات. ونظراً لأن ضمانات القروض هي فعلياً سياسة تأمين، فإن «القسط» يجب أن يعكس المخاطرة في التعثر. وقد قدر مكتب الموازنة التابع للكونغرس أن مخاطر التعثر الصافية ستكون ٢٥٪ (٥٠٪)، ولكن سيتم استرداد نصف التكلفة من خلال بيع المعدات). ويبدو أن احتمال قيام الشركات باقتراض -لنقل ١٠ مليارات دولار لمشروع ذي وحدتين- هو احتمال ضعيف، وأن تكون على استعداد لدفع رسوم تصل إلى ٢,٥ مليار دولار فقط لتلقي ضمانات القرض. وتطالب الشركات برسوم نسبتها ١٪، ولكن يبدو هذا بعيد المنال أيضاً في ظل الوضع السياسي.

في شباط ٢٠١٠، وضمن موازنتها لسنة ٢٠١١، صادقت إدارة أوباما على زيادة المبلغ المتاح لضمانات القروض من ١٨,٥ مليار إلى ٥٤,٥ مليار دولار (والذي قد يكفي لـ ١٢ وحدة)<sup>٣</sup>. وفي شباط ٢٠١٠، أعلنت سلطة الطاقة الأمريكية أن ضمانات قروض بقيمة

1) Electric Utility Week, "Change to DOE Guarantee Programme Boosts Nuclear Hopefuls; Size of Fee Remains an Issue," December 14, 2009.

2) Associate Press, "A Look at Obama's 2011 Budget for Gov't Agencies," February 1, 2010.

3) Washington Post, "Obama To Help Fund Nuclear Reactors," February 17, 2010.



## ٦ البرنامج البريطاني

ثلاثة تصاميم، ما يمنح الشركات خياراً في التصميم. وتوقع معظم المراقبين أن تحصل (EPR) و (AP1000) على الخبرات النهائية، وبالتالي تمت المصادقة عليهما. وانسحب (ACR-1000) بسرعة، وفي نهاية ٢٠٠٨، تم سحب (ESBWR) أيضاً.

وقد واجهت (NII) صعوبات جمة في تعيين عدد كافٍ من المفتشين لأداء تلك المهمات. وفي تشرين الثاني ٢٠٠٨، كان هناك نقص في نحو ٤٠ مفتشاً (ما يقارب ٢٠٪) من العدد اللازم. وبحلول تموز ٢٠٠٩، وصل النقص إلى ٥٤ مفتشاً (٢٤٪). وقد أعلنت بعض الشركات العاملة في المملكة المتحدة، وبالأخص شركة الكهرباء الفرنسية (EDF)، أنها تتوقع أن تتمكن من طلب محطات دون دعم مالي.

ولكن من الناحية الواقعية، لا يمكن عمل طلبات قبل مدة تقل عن خمس سنوات حتى يمكن الحصول على مصادقات الهيئات التنظيمية على التصميم الذي يقع الخيار عليه والتخطيط للمصادقة على الموقع. وقد عقدت هذه الشركات التزامات كبيرة لعمل طلبات

يرتكز برنامج الحكومة البريطانية على فرضيات مغايرة تماماً عن تلك المطبقة في الولايات المتحدة. فلم تدع الحكومة البريطانية يوماً أن الطاقة النووية سوف تكون قادرة على التنافس المباشر مع الوقود الأحفوري، ولكن إذا افترضنا أن سعر الكربون هو ٣٦ يورو/طن، فإن الطاقة النووية سوف تكون تنافسية. ولهذا، فإن الطلبات تتم بدون دعم مالي، شريطة اتخاذ قرارات تمكينية غير مالية، وبخاصة بشأن عمليات التخطيط والمصادقة على التصاميم. وعندما راجعت الحكومة الاقتصاد النووي في العام ٢٠٠٨، افترضت أن تكاليف البناء كانت ١,٢٥٠ جنيه استرليني/كيلوواط (٢,٥٠٠ دولار/كيلوواط)، ما يمثل زيادة حقيقية في التكلفة بنحو ٢٠٪ مقارنة بما بلغته العام ٢٠٠٢.

وقد بدأت الهيئة الحكومية المنظمة للطاقة النووية، (The Nuclear Installations Inspectorate (NII)) بدراسة أربعة تصاميم منفصلة في العام ٢٠٠٧: (Westinghouse/Toshiba)، (AP1000)، (the GE-Hitachi ESBWR)، والتصميم الكندي للمفاعل المستخدم للماء الثقيل (Advanced CANDU Reactor). وكان التوجه أن يتم ترخيص

1) Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform, "Meeting the Energy Challenge: A White Paper on Nuclear Power," Cm 7296, HMSO, London, p. 61, <http://www.berr.gov.uk/files/file43006.pdf>.

2) Inside NRC, "UK's NII Short on Inspectors, Sees Years of Recruitment Struggle," July 20, 2009, p. 9

في بداية ٢٠١٠، كانت المملكة المتحدة ما زالت بعيدة بنحو ٣ - ٤ سنوات عن استكمال عمليات تقييم السلامة للتصاميم، والحصول على تصاريح التخطيط لمواقع معينة، وهي المرحلة التي يمكن فيها طلبية جدية أن تتم. وفي تلك المرحلة، لا يوجد احتمال كبير بالنسبة لتطوير الخيارات الأخرى، مثل الطاقات المتجددة، والكفاءة في الطاقة، بحيث تدخل في المعتكرك، وتصبح المملكة المتحدة في موقف يضطرها لطلب محطات نووية حتى تحافظ على خدمات الكهرباء فيها. وبالتالي يكون على الحكومة أن تقبل بأي طلبيات تعقدتها الشركات.

وقد ظهر المأزق الأول في سياسة «تغيب الدعم المالي» التي كانت تطبقها الحكومة في شباط ٢٠١٠ عندما أخطرت وزير الطاقة إد ميليباند مجلة التايمز<sup>١</sup>:

لا يوفر نظام (Neta) [سوق الجملة البريطاني]، حيث يتم فيه تداول الكهرباء من خلال عقود بين المشترين والبائعين في صفقات تبادل الطاقة، ضمانات كافية للقائمين على تطوير التوربينات المدارة بالرياح والمحطات النووية. وأضاف أن أحد البدائل هو العودة إلى «دفعات القدرة»، حيث يدفع لمشغلي محطات الطاقة لقاء الكهرباء التي تقوم بتوليدها، وكذلك لقاء القدرة التي تصبح متاحة. وكانت الفكرة من وراء تلك الدفعات هو توفير طمانينة أعلى للمستثمرين في الطاقة المتجددة والنووية.

بعد يوم واحد، أعلنت هيئة تنظيم اقتصاد الطاقة الوطنية (national economic energy regulator):<sup>٢</sup>

المزيج غير المسبوق من الأزمات المالية العالمية، والأهداف البيئية الصارمة، وزيادة الاعتماد على واردات الغاز، وإغلاق محطات الطاقة القديمة، اجتمعت معاً لتخلق شكوكاً معقولة بشأن ما إذا كانت تدابير الطاقة الحالية سوف تؤمن توريدات طاقة آمنة ومستدامة [...]، هناك توافق متزايد على أنه لا يمكن التوجه نحو خيار الإبقاء على النظام الحالي لتدابير السوق والحوافز الأخرى بدون تغيير.

إذا كانت نتيجة هذين التصريحين هي أن محطات الطاقة النووية سوف تحصل على «دفعات قدرة» كبيرة؛ سواء أكانت تعمل أم لا، وأنه سيتم التخلي عن سوق الجملة للاستعاضة عنه بنظام مخطط له بشكل أكبر (ينطوي على مخاطر اقتصادية أقل)، فإن دخل مشغلي محطات الطاقة النووية سوف يكون مضموناً بشكل كافٍ (من المستهلكين)، بحيث يمكن تقليل المخاطر الاقتصادية للطاقة النووية بشكل يسمح بعملية تمويل رخيصة.

في المملكة المتحدة، وهي: (RWE and E.ON) و(EDF)، حيث كانت الشركتان الأخيرتان في تجمع واحد. ثم استولت شركة (EDF) على شركة التوليد النووية البريطانية (British Energy)، بنحو ١٥ مليار يورو سنة ٢٠٠٨، بينما اشترى تجمع (RWE/E.ON) مواقع في العام ٢٠٠٩ مجاورة لمحطات الطاقة النووية القائمة لقاء عدة مئات ملايين يورو. من المتوقع أن تقوم كل من شركة الكهرباء الفرنسية (EDF) وتجمع شركتي (RWE/E.ON) بعمل طلبيات على ٤ وحدات، بقدرة إجمالية تصل إلى ١٢ غيغاواط. من المتوقع أن تطلب (EDF) من (EPR)، بينما لم يقدّم تجمع (RWE/E.ON) باختيار مورده بعد.

## ٦-١ النتائج المحتملة

حتى مع التزام حكومة المملكة المتحدة الكبير سنة ٢٠٠٩ بإعادة إحياء الطلب على الطاقة النووية في المملكة المتحدة، لا يمكن أن تكون هناك ضمانات بأنه عندما يحين وقت الطلبات سيكون التزام الحكومة ما زال على حاله من القوة. وكذلك أخذت شركة الكهرباء الفرنسية (EDF) على نفسها التزاماً قوياً بعمل طلبيات على الطاقة النووية في المملكة المتحدة بقيامها بشراء شركة (British Energy) لقاء ١٥ مليار يورو. ويبدو أن هذا المبلغ يتخطى بكثير قيمة الأصول التي تمت حيازتها، ولا يمكن إيجاد مبرر منطقي له إلا إذا تم عمل طلبيات نووية جديدة.

وقد أفلست شركة (British Energy) سنة ٢٠٠٢ بسبب ارتفاع تكاليفها التشغيلية التي كانت حينها تبلغ ١٦ جنيه استرليني/ميغاواط/ساعة، والتي كانت أعلى بنسبة هامشية من السعر الذي كانت تجبته عن توفير الكهرباء. ومنذ ذلك الحين، كانت تكاليفها التشغيلية تتصاعد كل سنة، وبحلول ٢٠٠٨/٢٠٠٩ ارتفعت تكاليفها التشغيلية إلى ٤١,٣ جنيه استرليني/ميغاواط/ساعة. وقد صمدت فقط بسبب أسعار بيع الكهرباء بالجملة التي كانت مرتفعة جداً، والتي سادت في تلك الفترة، حيث كانت (British Energy) تتلقى ٤٧ جنيه استرليني/ميغاواط/ساعة في تلك الفترة. وواصلت تكاليفها التشغيلية الارتفاع وأوهبت أسعار الكهرباء بالجملة (مع نهاية ٢٠٠٩، كانت أقل بكثير من أعلى مستوياتها التي حققتها سنة ٢٠٠٨)، وبالتالي واجهت (British Energy) خطر الانهيار من جديد. ونظرياً، كان بإمكان شركة الكهرباء الفرنسية (EDF) أن تتخلى ببساطة عن (British Energy)، حيث تمت حيازة الشركة من خلال فرع ملوك بالكامل (Lake Acquisitions)، ولكن هذا الأمر لم يكن ليحظى بالقبول السياسي. وقد استثمر تجمع (RWE/E.ON) بضع ملايين من الجنيهات في خيارات لشراء مواقع، ولكنه لم يأخذ بتلك الخيارات، وكان بإمكانه الخروج من البرنامج النووي البريطاني بتكلفة زهيدة.

1) The Times, "Labour Prepares To Tear Up 12 Years of Energy Policy," February 1, 2010.

2) Ofgem, "Action Needed To Ensure Britain's Energy Supplies Remain Secure," press release R5, February 2010,

<http://www.ofgem.gov.uk/Media/PressRel/Documents/1/Ofgem/20-/20Discovery/20phase/20II/20Draft/20v15.pdf>.



## ٧) ألمانيا

وقد توقع البعض أن يفضي انتخاب حكومة ميركل الجديدة في أيلول ٢٠٠٩ إلى إلغاء سياسة الإغلاق التدريجي، وربما إلى طلبات جديدة. ومع ذلك، فإن حكومة الائتلاف الجديدة بقيادة المسيحيين الديمقراطيين والديمقراطيين الأحرار والاتحاد الاجتماعي المسيحي، توخت الحذر في تغيير القانون، فقد أشارت الحكومة إلى احتمال قيامها بتمديد عمر المحطات القائمة، ولكنها وافقت على عدم إلغاء سياسة الإغلاق التدريجي<sup>١</sup>. وفي خريف ٢٠١٠، وعدت الحكومة بمراجعة وطنية لسياسة الطاقة تلقي نظرة شاملة على الوضع، وتقترح إستراتيجية جديدة تتضمن مسألة إلغاء سياسة الإغلاق التدريجي.

وفي حين أنه من الواضح أن الشركتين الرئيسيتين (E.ON)

تقوم ألمانيا بتشغيل ١٧ مفاعلاً للطاقة. وفي العام ٢٠٠٢ سن البرلمان قانوناً بهدف تنفيذ إلغاء تدريجي للطاقة النووية بعد متوسط عمر افتراضي يقارب ٢٢ سنة للمحطات النووية. ومع ذلك، حصلت الشركات على «موازنة لتوليد الكهرباء النووية» وصلت إلى ٢,٦٢٢ مليار كيلواط/ساعة (ما يتطابق مع إنتاج الطاقة النووية العالمي) ويمكنها تحويل ما تبقى من كيلواط/ساعة من مفاعل إلى أي وحدة أخرى. وقد تم إغلاق وحدتين بالفعل بموجب قانون الإغلاق التدريجي (وهما Stade and Obrigheim). ووحدة ثالثة (Mülheim-Kärlich) التي مرت بمرحلة إغلاق طويلة بدأت سنة ١٩٨٨ حتى أغلقت أبوابها بالكامل. وتم حظر بناء محطات نووية جديدة، وإعادة تصنيع الوقود المستنفذ (بما يتخطى كميات الوقود المنقول لمحطات إعادة التصنيع حتى ٢٠ حزيران ٢٠٠٥).

1) Nucleonics Week, "New German Government Will Postpone Nuclear Policy Decisions until Late 2010," November 5, 2009.

الاقتصاد الألماني، وهو وولف غانغ بفافينبيرغر (Wolfgang Pfaffenberger)، أن هذه الأرباح الإضافية قد تصل إلى ٢٠٠ مليار يورو، إذا ما تم تمديد عمر المفاعلات الـ ١٧ القائمة إلى ٦٠ سنة<sup>١</sup>. وقد صارت الحكومة حتى الآن في محاولة الرد على كيف يمكنها أن تجد التبرير القانوني لـ «استخدام» تلك الأرباح التي تهبط من السماء إذا سمحت للمشغلين بالإبقاء على محطاتها تعمل لفترة أطول.

و(RWE) ترغبان في بناء محطات نووية جديدة، فإن أولويتها الأولى هي الإبقاء على المحطات القائمة تعمل. وسيتم إغلاق اثنتين منها، وهما (Neckarwestheim ١) و(Biblis A) في العام ٢٠١٠، إلا إذا اتخذت الحكومة تدبيراً ما. وإذا ما تم تمديد عمر المحطات القائمة، فإنه ينبغي تسديد تكاليف رأسمالها الابتدائي، وعلى فرض عدم الحاجة لتصليلات كبيرة وعمليات تطوير ضخمة، فإن هذه المحطات سوف تنتج طاقة رخيصة جداً. وقدر أحد خبراء

1) Nucleonics Week, "Tax Revenue from Longer Lifetimes No Incentive for New German Regime," December 4, 2009.



## ٨ الأسواق الأخرى

مع (Korea Electric) بناء المحطات وتشغيلها، بحيث تبدأ الأولى عملها في موقع غير محدد في ٢٠١٧، والأخيرة في ٢٠٢٠. وسوف توفر شركة الكهرباء الكورية (KEPCO) التصميم والبناء والصيانة للمفاعل النووي، وسوف تتعاقد من الباطن على جزء من العمل مع موردي المعدات مثل هيونداي، ودوسان، وسامسونج. وشروط الصفقة ومضمونها غير واضحين على الرغم من الإعلان عن أن قيمة العقد تصل إلى ٢٠,٤ مليار دولار. وقد أفادت تقارير بأن عطاء كوريا الجنوبية كان أقل بـ ١٦ مليار دولار مقارنة مع العطاء الفرنسي، بينما كان عطاء (GE-Hitachi) أعلى بكثير<sup>١</sup>. وعلى ما يبدو، فإن الصفقة لا تشمل على مشروع كامل «تسليم جاهز للاستخدام (سعر محدد)». وسوف تنشئ شركات كورية جنوبية شركة مساهمة في استثمار مشترك مع شركات إماراتية عامة، تقوم بتشغيل المحطات بعد اكتمالها<sup>٢</sup>. وليس من الواضح كيف سيتم تمويل المحطات.

على الرغم من قيام دول عدة بالإعراب عن اهتمامها بمحطات طاقة نووية جديدة، فإن الوقت بين «التعبير عن الاهتمام» والطلب الفعلي طويل جداً، وينطوي على إمكانية فشل عالية. وفي هذا القسم، سوف نركز على الأسواق التي لها أهمية رمزية، وبالذات إيطاليا؛ والأسواق التي أطلقت دعوات لعطاءات بالفعل، مثل جنوب أفريقيا، وكندا؛ والدول التي تضي فيها جهود معاودة بناء المحطات.

### ٨-١ الإمارات العربية المتحدة

في كانون الأول ٢٠٠٩، طلبت الإمارات العربية المتحدة أربعة مفاعلات نووية جديدة من كوريا الجنوبية باستخدام تكنولوجيا (AP١٤٠٠)، التي هزمت الفريق المقابل المكون من تجمع تقوده شركة الكهرباء الفرنسية (EDF) (يضم GDF Suez, Areva Total مع EPR) و(GE-Hitachi) (التكنولوجيا غير محددة)<sup>٣</sup>. ويشمل العقد

1) Korea Herald, "Korea Wins Landmark Nuclear Deal," December 28, 2009.

2) Right Vision News, "UAE: Middle East Leads Rally in Nuclear Plant Orders," January 12, 2010.

3) International Oil Daily, "South Korean Consortium Awarded UAE Nuclear Contract," December 29, 2009.

جديدة تتراوح بين ٣٢٠٠ و ٣٤٠٠ ميغاواط على المدى القصير، وما يصل إلى ٢٠٠,٠٠٠ ميغاواط بحلول العام ٢٠٢٥. وكان أحد هذين العطاءين من أريفا على تصميمين (EPR) (بالإضافة إلى ١٠ آخرين للمدى البعيد)، وكان العطاء الثاني من وستنغهاوس (Westinghouse) لثلاثة تصاميم (AP١٠٠٠) (بالإضافة إلى ١٧ أخرى على المدى الطويل)<sup>٢</sup>. وادعى الطرفان أن عطاءهما يشمل على عرض «جاهز للاستخدام»، ولكن إذا ما كان هذا العرض بشروط «الجاهز للاستخدام» من منظور السعر الثابت، أو إذا ما كان فقط للمحطة الكاملة، فإن الأمر لم يكن واضحاً.

وقد أفيد لاحقاً بأن العطاءات كانت تقدر بنحو ٦,٠٠٠ دولار/كيلوواط، وهو ما يزيد على ضعفي السعر المتوقع<sup>٣</sup>. وبالتالي، لم يكن من المفاجئ تخلي «إسكوم» عن العطاء في كانون الأول ٢٠٠٨ على خلفية ضخامة الاستثمار الذي سيكون أكبر مما تستطيع التعامل معه<sup>٤</sup>. وقد حدث هذا على الرغم من استعداد هيئة ضمان القروض الحكومية الفرنسية -كوفاس (Coface)، لتوفير ضمانات اعتماد تصدير وعلى الرغم من ادعاءات أريفا بأنها قد دبرت ٨٥٪ من التمويل<sup>٥</sup>. كما قامت «إسكوم» في شباط ٢٠٠٩ بالتخلي عن خططها لبناء (PBMR)<sup>٦</sup>. وفي حين ان «إسكوم» ما زالت تدعي أنها تتوقع الطلب على محطات نووية، فإنه لا يبدو أن هناك احتمالاً بأن تتمكن من تمويل تلك المحطات.

وقد أفادت مجلة (Engineering News) بأن القضية تمثلت في التصنيف الائتماني لإسكوم<sup>٧</sup>:

**في الواقع، قالت هيئة التصنيف (Standard & Poor's) يوم الخميس أن الخزينة العامة لجنوب أفريقيا كانت بحاجة لمنح «ضمانات وقيّية غير مشروطة» لكافة الذمم المدينة لشركة «إسكوم» إذا كانت تأمل بالمحافظة على مستوى التصنيف الحالي حسب درجة الاستثمار (BBB+) التي صنفت الشركة في فئتها. وكان ما زال على الخزينة الوطنية أن تعلن عن تفاصيل هذه الحزمة. ونتيجة لذلك، قرر مجلس إدارة «إسكوم» إنهاء عملية الشراء التجاري لاختيار جهة عطاء مفضلة لبناء مشروع (Nuclear - ١).**

وتبين التجربة أن ضمانات القروض لا تكفي بحد ذاتها لضمان

ويبدو أن هناك احتمالاً كبيراً أن تأتي رياح هذا المشروع بما لا تشتهي السفن لأسباب عدة:

- لم يتم اختيار التكنولوجيا؛ هناك نحو سنة واحدة فقط من خبرة البناء باستخدام هذا التصميم.
- قلة الخبرة النووية في المنطقة.
- سيكون من الصعوبة بمكان الوفاء بالإطار الزمني المحدد، بينما يبدو أن سعر العقد أقل بـ ٤٠٪ من تقديرات التكلفة للمحطات المخططة من قبل شركات أمريكية متمرسة في المجال.
- لم يكن للصناعة النووية الكورية الجنوبية تجربة في توريد مفاعلات خارج كوريا الجنوبية.

• لا يتوفر سوى جزء ضئيل من البنية التحتية اللازمة لتشغيل محطة طاقة نووية في الإمارات العربية المتحدة؛ فعلى سبيل المثال لم يتم إنشاء هيئة تنظيم السلامة سوى في نهاية العام ٢٠٠٨.

## ٨-٢ جنوب إفريقيا

كانت جنوب إفريقيا تعقد آمالها في برنامجها النووي على مفاعل (Pebble Bed Modular) منذ العام ١٩٩٨ فصاعداً. ولكنه مع حلول العام ٢٠٠٦، بات واضحاً أن هذا المفاعل في أفضل أحواله سيأخر كثيراً، ناهيك عن الاحتمال الأسوأ ألا يكون قابلاً للحياة. ولا يظهر حالياً احتمال بانطلاق مشروع هذا المفاعل حتى كمجرد محطة تجريبية قبل العام ٢٠٢٠ ولا توجد توقعات بأن تقوم شركة الكهرباء الجنوب أفريقية المملوكة للدولة «إسكوم»، بعمل أي طلبية على وحدات من هذا التصميم.

وفي منتصف العام ٢٠٠٧، كانت «إسكوم» تستهدف بناء ٢٠,٠٠٠ ميغاواط في قدرة نووية جديدة مع حلول العام ٢٠٢٥، على الرمن غم تأخر إكمال الوحدة الأولى حتى العام ٢٠١٤. وقد تم حساب تكاليف بناء تقدر بحوالي ٢,٥٠٠ دولار/كيلوواط. وفي كانون الثاني ٢٠٠٨، تلقت «إسكوم» عطاءين رداً على دعوتها لطرح عطاء في تشرين الثاني من العام السابق لقدرة نووية

1) Nucleonics Week, "Cabinet Mulls Policy as Eskom Launches Consultation on New Plant," June 7, 2007.

2) Nucleonics Week, "Eskom Gets Bids for Two EPRs, Three AP1000s, Bigger 'Fleet,'" February 7, 2008.

3) Nucleonics Week, "Big Cost Hikes Make Vendors Wary of Releasing Reactor Cost Estimates," September 11, 2008.

4) Nucleonics Week, "Eskom Cancels Tender for Initial Reactors," December 11, 2008.

5) The Star, "Nuclear Bid Had Funding - AREVA," January 30, 2009.

6) PBMR pty, "PBMR Considering Change in Product Strategy," news release, February 5, 2009, <http://www.pbmr.co.za/index.asp?Content=218&Article=104&Year=2009>.

7) Engineering News, "Eskom Terminates Nuclear 1 Procurement Process, but SA Still Committed to Nuclear," December 5, 2008.

وبالتالي، اعترضت أريفا على سعر العطاء المنشور، ولكنها لم تكن مستعدة لتقليل السعر الذي تقدمت فيه في عطاءها. وقد قيل أيضاً إن هناك عدداً من البنود الإضافية التي تم تضمينها زيادة على تلك المدرجة في «سعر القرض القصير الأجل ذي الفائدة الثابتة من البنك المركزي»، بما في ذلك: بناء وتحويل البنية التحتية للتوزيع لتقديم الطاقة من موقع دارلنغتون إلى المستهلكين في شمالي شرق الولايات المتحدة؛ وسعر الوقود النووي لـ ٦٠ سنة، وتكاليف إغلاق المحطة<sup>٩</sup>.

وقد فشلت (AECL) في الحصول على العطاء، وأصبح مستقبلها كبائع للمفاعلات على المحك، وطرح الشركة للبيع في نهاية ٢٠٠٩<sup>١٠</sup>.

## ٨-٤ تركيا

نظمت تركيا تركيب الدعوات لعطاءات محطات الطاقة النووية لـ

٣٠ سنة، ولكنها ما زالت لم تتقدم بطلبية. وفي العام ٢٠٠٨، فتحت تركيا دعوة عطاءات لقدرة نووية جديدة تبلغ ٣٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ ميغاواط. واشترطت على المتقدمين للعطاء ألا يكتفوا بتغطية تكاليف

البناء فحسب، بل أن يغطوا أيضاً تشغيل المحطة لمدة ١٥ سنة، وتوفير طاقة بسعر ثابت<sup>١١</sup>. وقد شكل هذا مستوى استثنائياً من المخاطرة يطلب من البائعين تغطيته. وعلى الرغم من إعراب عدد من البائعين منهم (Korea Electric and Areva)، و(Toshiba Westinghouse)، و(GE-Hitachi) عن اهتمامهم بالأمر، فإنه في كانون الثاني ٢٠٠٩ عندما تم إغلاق العطاء (تم تمديده)، فإن عطاء وحيداً هو الذي وصل من مورد روسي (Atom Story Export ASE -). وقد قيل إن سعر العطاء كان ٢١١,٦ دولار/ميغاواط/ساعة<sup>١٢</sup>. وبالتالي، تم تقديم عطاء معدل بقيمة ١٥١,٦ دولار/ميغاواط/ساعة بعد أن قدمت شركة الاتجار بالكهرباء المملوكة للدولة (TETAS)، تقريرها عن العطاء للحكومة، حيث أشارت إلى أن العطاء كان أعلى من إمكانية المضي به قدماً<sup>١٣</sup>. وفي تشرين الثاني ٢٠٠٩، تخلت الحكومة التركية عن العطاء، الذي كان حينها يواجه تهديداً بإبطال صلاحيته بحكم محكمة بعد أن رفعت غرفة المهندسين الأتراك دعوى ضده<sup>١٤</sup>.

تمويل المشاريع النووية. فالصنيف الائتماني للشركة يكون على المحك، ويكون من الصعوبة بمكان مواصلة العمل.

## ٨-٣ كندا

في العام ٢٠٠٧، افترضت سلطة الطاقة في أونتاريو (OPA)، وهي الهيئة العامة المسؤولة عن تخطيط نظام الطاقة في أونتاريو، أنه يمكن بناء محطات طاقة نووية مقابل نحو ٢,٩٠٠ دولار كندي/كيلوواط<sup>١٥</sup>. وبتاريخ ١٦ حزيران ٢٠٠٨، أعلنت الحكومة الكندية أن دارلنغتون في أونتاريو هو موقع لبناء مشروع جديد بوحدتين. وفي ٢٠ أيار ٢٠٠٩، تسربت معلومات مفادها أن حكومة أونتاريو قد اختارت (AECL) كصاحبة عطاء أفضل من (Areva) و(Westinghouse) للبدء في بناء محطات نووية جديدة في كندا خلال ٢٥ سنة. وقد خطط لمفاعلين جديدين ليبدأ العمل في ٢٠١٨. ومع ذلك، فرضت حكومة المقاطعة شروطاً على المصادقة

على ضمانات التمويل التي وفرتها الحكومة الفيدرالية لتغطية مخاطر التمويل التي ينطوي عليها المشروع<sup>١٦</sup>. وتم استقبال ثلاثة عطاءات بينها واحد من أريفا، وآخر من (AECL). على الرغم من أن عطاء (AECL) كان هو الوحيد الذي استوفى شرط أن تتولى الجهة البائعة المسؤولية عن مخاطر البناء بناء على تصريح من وزير الطاقة والبنية التحتية في أونتاريو جورج سمبثمان<sup>١٧</sup>.

وقد نشر تقرير صحافي عن حجم العطاءات<sup>١٨</sup>. وذكر أن عطاء أريفا غير المستوفي للشرط كان بقيمة ٢٣,٦ مليار دولار كندي (٢١ مليار دولار أمريكي) ولوحدتين (EPR) (١٦٠٠ ميغاواط للواحدة)، أو ٧,٣٧٥ دولار كندي/كيلوواط (٦,٦٠٠ دولار أمريكي/كيلوواط)، بينما كان عطاء (AECL) المستوفي للشرط بقيمة ٢٦ مليار دولار كندي (٢٣ مليار دولار أمريكي) لوحدتين (ACR1٠٠٠) (١٢٠٠ ميغاواط للواحدة) أو ١٠,٨٠٠ دولار كندي/كيلوواط (٩,٦٠٠ دولار أمريكي/كيلوواط). وكان العطاء المستوفي للشرط بقيمة تعادل أربعة أضعاف التكلفة المتوقعة من قبل سلطة الطاقة في أونتاريو قبل سنتين فقط من هذا التاريخ. وقد أفيد بأن عطاء (Westinghouse) كان في مكان ما بين هذين العطاءين. ومن غير المفاجئ أن تقرر أونتاريو تعليق العطاء.

1) Toronto Star, "Nuclear Bid Rejected for 26 Billion: Ontario Ditched Plan for New Reactors over High Price Tag That Would Wipe Out 20-Year Budget," July 14, 2009.

2) The Globe and Mail, "AECL Favoured to Build Ontario Reactors: Sources," May 20, 2009.

3) Nucleonics Week, "Areva Disputes EPR Cost Figure as Canadians Grapple with Risk Issue," July 23, 2009.

4) Toronto Star, "Nuclear Bid Rejected."

5) Nucleonics Week, "Areva Disputes EPR Cost."

6) The Globe and Mail, "Canada Puts Its Nuclear Pride on the Block": "Under weight of record deficit, Tories seek

7) Nucleonics Week, "GE-Hitachi Plans Bid To Build ABWR in Turkey; Other Vendors Cautious," September 11, 2008.

8) Prime-Tass English-language Business Newswire, "DJ Atomstroyexport Grp Revises Bid in Turkish Nuclear Tender - IHA," January 19, 2009.

9) Turkey Today, "State-run TETAS Presents Report on Nuclear Power Tender to Energy Ministry," June 30, 2009.

10) Agence France Presse, "Turkey Scraps Nuclear Power Plant Tender," November 20, 2009.

## ٨-٥ إيطاليا

تكلفة غير واقعية بشكل ميثوس منه، وتدفع إلى شكوك حتمية حول قدرة البرازيل على مواصلة طلباتها النووية خلال السنوات الخمس القادمة.

## ٨-٧ أوروبا الشرقية

تركز في هذا الجزء على الجهود لاستئناف العمل في محطات بنيت أجزاء منها، وبخاصة تلك الموجودة في بلغاريا ورومانيا والجمهورية السلوفاكية. وهناك تفكير في مفاعلات جديدة في دول البلقان وفي بولندا وفي الجمهورية التشيكية، ولكنها ما زالت بعيدة عن طرح طلبيات. وفي بلغاريا ورومانيا وسلوفاكيا، تأخرت المشاريع الهادفة لاستكمال الوحدات المبنية جزئياً بنحو عقد من الزمان، وما زال يغيب اليقين بشأن الموعد المتوقع لانتهاء البناء.

## ٨-٧-١ جمهورية سلوفاكيا

كان من المخطط أن يستضيف موقع ميكوفيتش أربعة مفاعلات بتصميم روسي من نموذج (VVER-٤٤٠). وقد توقف العمل على الموقع في العام ١٩٩٠، ولكن تمت مواصلة العمل على وحدتين لاحقاً، حيث استكملتا في العام ١٩٩٨ والعام ١٩٩٩. في تشرين الأول، ٢٠٠٤، حازت الشركة الإيطالية (ENEL) على ٦٦٪ من الشركة السلوفاكية (Solvnske Elektrane). وكجزء من عطايتها، اقترحت (ENEL) أن تستثمر قرابة ملياري يورو في قدرات توليد جديدة تشمل استكمال وحدتين ثالثة ورابعة في ميكوفيتش. وفي شباط العام ٢٠٠٧، أعلنت الشركة السلوفاكية (SE) عن مواصلتها العمل لاستكمال تلك الوحدات، ووافقت (ENEL) على استثمار ١,٨ مليار يورو. وعلى الرغم من منح المفوضية الأوروبية تصريحاً للبناء لاستئناف العمل في حزيران العام ٢٠٠٨، فإنها أشارت إلى أن المفاعل لا يشتمل على البنية «الكاملة الاحتواء» المستخدمة في محطات الطاقة النووية المبنية في فترات تالية لتلك الفترة، أو تلك التي كانت قيد البناء في أوروبا، وطلبت أن تقوم الجهة المستثمرة مع السلطات الوطنية بتنفيذ سمات إضافية لمواجهة أثر الطائرات الصغيرة. وعلى الرغم من الضغط من الحكومة السلوفاكية، فإن الأمر استغرق حتى حزيران العام ٢٠٠٩ لإعادة تفعيل البناء. ومن المخطط أن يتم استكمال الوحدات في العام ٢٠١٢ والعام ٢٠١٣ على التوالي.

## ٨-٧-٢ رومانيا

كان من المتوقع أن تحتوي محطة الطاقة النووية سيرنافودا على خمس وحدات «كاندو» عندما طرح العقد لبنائها في العام ١٩٨٠. وبدأ البناء العام ١٩٨٠، ولكن فيما بعد، توجهت الجهود كافة لاستكمال الوحدة ١، التي بدأ تشغيلها العام ١٩٩٦. واستكملت

في العام ١٩٨٧، أفضى استفتاء شعبي إلى إغلاق أربع محطات طاقة نووية عاملة في إيطاليا والتخلي عن العمل على بناء محطة نووية أخرى. ولكن حكومة برلسكوني أدخلت تشريعاً يمهّد الطريق نحو إعادة إدخال الطاقة النووية إلى إيطاليا. وهناك احتمال ببناء أربع وحدات (EPR) بقدرة ١٦٥٠ ميغاواط في وقت قريب قد يكون العام ٢٠١٣، بموجب اتفاق تم التوقيع عليه في شباط ٢٠٠٩ من قبل الشركة الفرنسية (EDF)، وأكبر شركة خدمات إيطالية (ENEL)، ولكن لم تقم (ENEL) باختيار مواقع تلك الوحدات بعد. وقد قالت إن التكلفة قد تصل إلى قرابة ٤ - ٤,٥ مليار يورو (٥,٩ - ٦,٦ مليار دولار) لكل واحدة منها، أو ٣,٦٠٠ دولار إلى ٤,٠٠٠ دولار/كيلوواط. وهناك مقولات حول عطاءات منافسة أخرى لبناء محطات طاقة نووية؛ مثلاً تجمع تقوده (A2A)، الشركة التي مقرها ميلانو وتقدم نموذج (AP1000)، ولكن هذه المشاريع ما زالت في مراحل أقل تقدماً بكثير من المشاريع التي طرحتها (ENEL).<sup>1</sup>

## ٨-٦ البرازيل

تقوم البرازيل حالياً بتشغيل مفاعلين نوويين، أولهما مفاعل (Angra-1)، سنة ١٩٧٠ من وستنغهاوس (Westinghouse) ومفاعل (Westinghouse). وممر المفاعل بمرحلة حرجة في العام ١٩٨١. ففي العام ١٩٧٥، وقعت البرازيل مع ألمانيا عقداً ربما ما زال هو العقد الوحيد الأكبر في تاريخ الصناعة النووية لبناء ثمانية مفاعلات بقدرة ١٣٠٠ ميغاواط خلال ١٥ سنة. وكانت نتيجة هذا العقد كارثة. وبسبب ارتفاع الديون المطّرد التي تثقل كاهل البرازيل، والاهتمام الواضح بالأسلحة النووية بين العسكر البرازيليين، تم التخلي عن البرنامج بكامله في واقع الحال. وأعيد العمل على المفاعل الأول فقط الذي يغطيه هذا البرنامج (Angra-2) في تموز العام ٢٠٠٠؛ أي بعد ٢٤ سنة من بدء البناء فيه. وقد تعطل البناء في هذا المفاعل في حزيران العام ١٩٩١. وتأخرت محاولات الشركة المملوكة للدولة (Electronuclear)، لاستئناف البناء بشكل متواصل. وقد قبل إن العمل قد استأنف مسيرته في تشرين الأول ٢٠٠٩، حيث من المتوقع استكمال المشروع في العام ٢٠١٥. وفي كانون الثاني ٢٠١٠، تقدمت (Areva NP) بطلب للحكومة الألمانية للحصول على ضمانات قرض بقيمة ١,٤ مليار يورو من وكالة ضمان الائتمان الألمانية «هيرميس» لاستكمال (Angra-3).<sup>2</sup>

وإثر ذلك كانت الحكومة البرازيلية تتوقع في نهاية العام ٢٠٠٩، أن تعلن عن مواقع أربع مفاعلات جديدة. وقال وزير الطاقة، إديسون لوبو، إن التكلفة المتوقعة لكل وحدة هي نحو ٣ مليارات دولار، وإنها ستولد ما يصل إلى ١٥٠٠ ميغاواط. ويبدو أن تكلفة هذا المشروع المتوقع التي تصل إلى ٢,٠٠٠ دولار/كيلوواط، هي

1) Nucleonics Week, "Enel Targets 2020 for Operation of First Italian EPR Unit," October 8, 2009.

2) Nucleonics Week, "Milan Utility A2A Could Become Hub of AP1000 Consortium for Italy," October 22, 2009.

3) Esmerk Brazil News, "Brazil: Angra 3 Works Start," October 13, 2009.

4) Taz, di tagezeitung, "Siemens will Staatshilfe für Atom-Export," January 7, 2010.

بقيمة ٣٠٠ مليون يورو. وهذا أدى إلى تشكيل شركة بيلين للطاقة في كانون الأول العام ٢٠٠٨ كاستثمار مشترك. ولكن فيما بعد انسحبت (RWE) في نهاية العام ٢٠٠٩، ولم يكن قد تم التمويل بعد<sup>٢</sup>.

### ٧-٤ دول أخرى

في العام ٢٠٠٩، أطلقت الشركة التشيكية المملوكة للدولة (CEZ)، دعوة، لتلقي عطاءات لمفاعلين جديدين لبنائهما في موقع تيملين، حيث يوجد أصلاً مفاعلان عاملان مع خيار بناء وحدة ثالثة في موقع آخر قائم، وهو دوكفاني (Dukovany)<sup>٣</sup>. وقد قيل إن المتقدمين للعطاء كانوا (Atom Story Export and Areva)، و(Westinghouse). وعلى الرغم من أن القرار النهائي غير متوقع قبل مطلع العام ٢٠١٢ مع استكمال الوحدات الثلاث المتوقع في العام ٢٠١٩، والعام ٢٠٢٠ والفترة بين العامين ٢٠٢٣ - ٢٠٢٥.

وأعربت الحكومة البولندية عن نيتها بناء محطات طاقة نووية جديدة، ولكن ما زالت هذه الخطط في مرحلة مبكرة. كما ترغب الحكومة اللتوانية في استبدال مفاعلين بتصميم روسي أحالتهما للتقاعد مؤخراً، ولكنها تفتقر للتمويل اللازم لهذا العمل. ودون أن يكون البائع مستعداً لتنظيم الصفقة ويكون فيها شريكاً يمتلك ويشغل المحطة (كما فعلت كوريا إليكتريك في الإمارات العربية المتحدة) فإنه لا يبدو أن هناك احتمالاً بأن يكون طلب المفاعل ممكناً.

وحدة ثانية في العام ٢٠٠٧، وهناك خطط قيد التحضير لاستكمال وحدتين إضافيتين. وقد طرحت عطاءات لتكوين منتج مستقل للطاقة يجمع شركة (SNN)، التي سوف تكمل البناء وتشغل المحطة وتتولى صيانتها، ومستثمراً خاصاً. وقد ظهرت صعوبة في التمويل وتواصلت التأخيرات. ومبدئياً، كان التفويض بالوحدة ٣ قد حدد أجله في العام ٢٠١٤ مع الوحدة ٤ في وسط العام ٢٠١٥. ومع ذلك، تم تعديل هذا الموعد ومن غير المتوقع استكمال الوحدة الأولى حتى العام ٢٠١٦ على أقرب تقدير<sup>١</sup>.

### ٧-٣ بلغاريا

في العام ٢٠٠٣، أعلنت الحكومة عن نيتها استئناف البناء في موقع بيلين في شمالي بلغاريا. لقد بدأ بناء المفاعل في العام ١٩٨٥، ولكن بعد التغييرات السياسية في العام ١٩٨٩، تم تعليق البناء ووقفه رسمياً في العام ١٩٩٢. وفي العام ٢٠٠٤، طرحت دعوة لاستقبال عطاءات لإكمال المشروع بقدرة نووية ٢٠٠٠ ميغاواط. وفي تشرين الأول العام ٢٠٠٦، فاز تجمع تقوده الشركة الروسية، (Atom Story Export - ASE) بعقد قيمته ٤ مليارات يورو.

وتم إنشاء تجمع بيلين للبناء الذي بقيت السيطرة الكاملة فيه للشركة المملوكة للدولة (NEK)، حيث حازت على ٥١٪ من الأسهم المتبقية التي طرحت في العطاء. وفي نهاية العام ٢٠٠٨، أعلن أن الشركة الألمانية (RWE) هي المستثمر الإستراتيجي، وفرض عليها شرط استثمار نحو ١,٢٧٥ مليار يورو، وتوفير عقد مقدم

1) Nucleonics Week, "Economic Crisis Ends Romania's Plan for Majority Stake in Cernavoda-3, -4," September 3, 2009.

2) Balkans Business Digest, "Moscow in Talks with Sofia Over Stake in Belene Nuke," December 28, 2009.

3) Czech Republic Today, "CEZ Admits All Bidders for Temelin Construction to Second Stage," February 22, 2010.



## ٩) مراجعة لتقديرات تكلفة بناء المرافق

قروض، وعليها أن تبرر التكاليف التي تتوقع أن تتكبدها أمام هيئات تنظيم الطاقة في الولاية. ومع ذلك، ما زالت هناك مؤشرات تم الحصول عليها من نتائج ثلاث دعوات للطاءات، ومن التجربة في أولكيلوتو وفلامانفيل ينبغي إضافتها.

صدر الكثير من تقديرات تكلفة المرافق الأخيرة عن الولايات المتحدة، ويمكن أن تكون تقديرات الكلفة هذه أكثر مصداقية من تقديرات التكلفة من مرافق أخرى، لأن على الشركات الخدمية (المرافق) أن توفر تقديرات تكلفة موثوقة للحصول على ضمانات

### الجدول ١٠ : تكاليف بناء محطات الطاقة النووية الأمريكية

المحطة	التكنولوجيا	التكلفة التقديرية (مليار دولار)	تقدير التكلفة دولار أمريكي/كيلوواط
Bellefonte 3,4	AP1000	5.6-10.4*	2,500-4,600
Lee 1,2	AP1000	11*	4,900
Vogtle 3,4	AP1000	9.9	4,190
Summer 2,3	AP1000	11.5	4,900
Levy 1,2	AP1000	14	5,900
Turkey Point 6, 7	AP1000	15-18	3,100-4,500
South Texas 3,4	ABWR	17	6,500
Grand Gulf	ESBWR	10+	6,600+
River Bend	ESBWR	10+	6,600
Bell Bend	EPR	13-15	8,100-10,000
Femi	ESBWR	10	6,600+

المصدر : تقارير صحافية متنوعة.

التقديرات التي تحمل العلامة \* هي تكاليف القروض القصيرة الأجل بالفائدة الثابتة، وتشمل التقديرات الأخرى على الفائدة.

## ٩-١ الولايات المتحدة

تقديرات التكلفة تبدو أنها على الأقل أربعة أضعاف الـ ١,٠٠٠ دولار/ كيلو واط التي ادّعتها الصناعة النووية في نهاية التسعينيات، وأن تقديرات التكلفة تواصل ارتفاعها في نهاية العام ٢٠٠٩. ويختلف أساس تلك الأرقام، بعضها يشمل التمويل، وبعضها يشمل التكاليف التحولية، وبالتالي فإن المقارنات المباشرة غير موثوق بها.

## ٩-٢ دول أخرى

يلخص الجدول ١١ أدلة التكاليف الأخيرة من دول وصلت على الأقل مرحلة استكمال الدعوة لتلقي العطاءات.

## الجدول ١١ : عطاءات محطة الطاقة النووية الأخيرة (دولار أمريكي/كيلوواط)

الدولة	توقعات ما قبل العطاء	أدنى عرض/ سعر العقد	آخر تقديرات	الوضع الحالي
جنوب أفريقيا	2500	6000	-	تم التخلي عن العطاء
كندا	2600	6600	-	تم التخلي عن العطاء
الإمارات العربية المتحدة	-	3700	-	بانتظار بدء البناء
فرنسا	-	2700	3300	البناء من 12/2008
فنلندا	-	2500	4500	البناء منذ 7/2005

المصدر: أبحاث المؤلف.

## ٩-٣ الملخص

قد لا تكون قيمة ١,٠٠٠ دولار/كيلوواط قد ظهرت من «الأسفل إلى الأعلى» نتيجة دراسات التصميم، بل من اعتبارات «الأعلى للأسفل» التي مفادها أن تلك هي التكاليف اللازمة لجعل الطاقة النووية تنافسية. وباختصار، لم يكن هنالك أساس فني لهدف ١,٠٠٠ دولار/كيلوواط، طالما أن هناك تصاعداً في الكلفة - يمكن التفكير بتفسيرات عدة لهذا الأمر<sup>١</sup>. وهذه تشمل:

- الارتفاع المتسارع في أسعار السلع الذي يحفز طلب الصين عليها، والذي يجعل من محطات الطاقة كافة أكثر كلفة، ولكنه يؤثر على المحطات النووية تأثيراً حاداً بشكل خاص بسبب حجمها المادي.

- النقص في مرافق الإنتاج، ما يعني أن شركات الخدمات التي تأمل بناء محطات نووية تتخذ خيارات بخصوص مكونات مثل ناقلات الضغط.

- لا يتم استبدال النقص في المهارات النووية الضرورية بأخصائيين شبان نظراً لأعمار القوة العاملة النووية.

- ضعف الدولار الأمريكي.

- التحفظ الأكبر في تقدير التكلفة الذي تمارسه شركات الخدمات.

تبدو هذه الأمور كلها مثار إعجاب من النظرة الأولى، ولكن الفحص المدقق يبين أنها ليست كلها مقنعة.

يبين الجدول ١٠ تكاليف البناء الأخيرة لمحطات الطاقة النووية الأمريكية. وتظهر عوامل عدة من هذا الجدول. أولاً، معظم التقديرات، وبالأخص تلك التي تم العمل عليها بالكامل، هي لتصميم (AP1000). ونظراً لأن هذا التصميم، وكذلك تصميم (ABWR) هما التصميمان الوحيدان اللذان تم استكمال مراجعة (NRC) لهما -على الرغم من إخضاع كليهما لمراجعة ثانية- فمن الأسهل عمل تقديرات لتكاليف البناء، لأن التصميم أقرب إلى التصميم النهائي. ولكن يصعب استخلاص نتيجة حاسمة من هذا الجدول، بخلاف أن

من الواضح أنه خلال العقد الماضي ارتفعت التكاليف التقديرية لمحطات نووية جديدة أضعافاً عدة عما سبقها، ربما لأكثر من خمسة أضعافها، مع عدم وجود مؤشرات على أن معدل الزيادة قد يتناقص أو يستقر. وتبين التجارب الماضية كافة، أنه عندما يتم وضع تكاليف البناء الفعلية، فإنها تكون أكبر بكثير من التقديرات. ومع ذلك، الأصعب هو إثبات ما إذا كانت التكاليف التقديرية الحالية أعلى بكثير من التكاليف السابقة، وأنها إن كانت كذلك، فما هو سبب زيادة التكاليف التقديرية إلى معدلات كهذه؟

محطة (Sizewell B) هي آخر محطة تم بناؤها في المملكة المتحدة، وهي لم تواجه مشاكل كبيرة في مرحلة البناء، وقد كلفت نحو ٢ مليارات جنيه إسترليني، وهذا لا يخرج عن خط التقديرات الحالية، بينما المحطات الأمريكية التي اكتملت في التسعينيات كلفت القدر نفسه. ويبدو أن مصممي المحطات افترضوا أن البدء دون «العتاد» كله الذي حصلت عليه الأجيال السابقة للتصاميم لمواجهة تحديات السلامة التي فجرها (Three Mile Island) وتشرنوبل، فإن التصاميم الجديدة يمكن أن تستوفي شروط السلامة، ولكن مع التصاميم الأيسر بكثير والأرخص والأكثر كفاءة. وقد يكون هذا التصور محض وهم، وأن التصاميم قد أصبحت أقل تعقيداً بكثير. والحاجة لتوفير حماية من ضربات الطائرات تجلت أيضاً بصفتها أكثر إزعاجاً مما توقعته الصناعة النووية.

1) For more discussion on these factors, see Standard & Poor's, "Construction Costs To Soar for New U.S. Nuclear Power Plants" (2008).

- أسعار السلع: خلال العقد الماضي، ارتفعت أسعار السلع والكثير من المعادن والمواد الخام ارتفاعاً ملحوظاً، بفعل ما يسمى بأثر الصين. ومع ذلك، تراجعت أسعار السلع تراجعاً حاداً بفعل الأزمة المالية، ولكن هذا التراجع لم ينطبق على تكاليف البناء التقديرية.
- أزمات المكونات والنقص في المهارات: تضع (Standard & Poor's) تركيزها على موضوع النقص في منشآت تصنيع المكونات. وتحدد ناقلات الضغط، مضخات تدوير المياه، ومولدات التوربين على أنها مصدر خاص للمشاكل. ويوجد مورد وحيد فقط، شركة فولاذ اليابان، التي تصنع معدات الاستخدام المكثف لناقلات الضغط. ولئن كان الطلب الكبير على تلك المنتجات سوف يفضي، بلا شك، إلى زيادة في القدرة، فإن شروط المصادقة على المكونات النووية يبطئ العملية، ما يدفع الشركات إلى التردد في الالتزام في عمل الاستثمار اللازم لبناء منشآت الإنتاج هذه، حتى يتجلى لها دليل متين على وجود طلب على المدى البعيد. وتشير (Standard & Poor's) إلى أن النقص في المهارات يشكل عائقاً كبيراً، وتشد من جديد على عدم إمكانية التغلب على هذا النقص في المهارات بسرعة أو ببسر. وتتوقع أن تضطر الولايات المتحدة إلى الاعتماد على الخبرة
- في الدول الأجنبية، وبخاصة فرنسا واليابان في المراحل الأولى.
- عدم استقرار العملات: باتت قيم العملات وأسعار صرفها متقلبة بشكل كبير خلال السنتين الماضيتين، حيث وصل الدولار الأمريكي إلى أدنى مستوياته مقابل العملات الأوروبية. ومنذ تشرين الثاني العام ٢٠٠٥ وحتى تموز العام ٢٠٠٨، تراجعت قيمة الدولار مقابل اليورو من ١ يورو = ١,١٧ دولار، إلى ١ يورو = ١,٥٧ دولار. ولكن استرد الدولار عافيته في تشرين الثاني العام ٢٠٠٨، حيث وصل سعر الصرف إلى ١ يورو = ١,٢٧ دولار. وهناك احتمال بأن يكون تصاعد التكلفة على الأقل مرده تراجع سعر صرف الدولار، ما يجعل تكلفة بعض المداخلات أكبر إذا قيس بالدولار، ولكنها لم تكن بالضرورة أعلى إذا ما قيست باليورو.

خلال العقد الماضي ارتفعت التكاليف التقديرية لمحطات نووية جديدة أضعافاً عدة عما سبقها، ربما لأكثر من خمسة أضعافها، مع عدم وجود مؤشرات على أن معدل الزيادة قد يتناقص أو يستقر

- السياسة المحافظة لشركات الخدمات: من الصعب تحديد الكمي لمدى تحسن إدراك شركات الخدمات لدقة تقديراتها، وما إذا كانت هناك عواقب مالية جدية. إن التجربة في أوكلوتو، والوعي بأن الهيئات المنظمة والجمهور لم يعودا يتسامحان مع تخطي التكاليف كما كان الحال في الماضي، يشكل حافزاً قوياً لتلك الشركات لوضع تدابير طوارئ ضخمة.

النووية يبطئ العملية، ما يدفع الشركات إلى التردد في الالتزام في عمل الاستثمار اللازم لبناء منشآت الإنتاج هذه، حتى يتجلى لها دليل متين على وجود طلب على المدى البعيد. وتشير (Standard & Poor's) إلى أن النقص في المهارات يشكل عائقاً كبيراً، وتشد من جديد على عدم إمكانية التغلب على هذا النقص في المهارات بسرعة أو ببسر. وتتوقع أن تضطر الولايات المتحدة إلى الاعتماد على الخبرة

PUSH FOR  
COIN

## ١٠ الحاجة للدعم المالي العام ومداه

الحكومة، وإما التزام الهيئات المنظمة بالسماح للشركات المقدمة للخدمة باسترداد تكاليفها من المستهلكين. وهذه الظروف تمكن الشركات المقدمة للخدمة من اقتراض المال اللازم بأسعار زهيدة.

والمجالات التي تستدعي الدعم المالي والضمانات أيضاً هي، بشكل خاص، تلك التي لا تكون بالكامل ضمن نطاق سيطرة المالك. وهي تشمل:

- تكاليف البناء: يمكن أن تكون تكاليف بناء محطة نووية جديدة مرتفعة، وهناك مخاطر كبيرة بأن يتم تخطي التكاليف المقدر. ولهذا، قد تضطر الحكومة إلى وضع سقف للتكاليف التي سيدفعها المستثمر الخاص.

- الأداء التشغيلي: هناك مخاطرة عالية بأن يكون الأداء أكثر رداءً من التوقعات. والمصادقية هي، بشكل كبير، ضمن نطاق سيطرة المالك، ولكن ليس من الواضح ما إذا كان القائمون على تطوير المشروع على ثقة كافية بقدراتهم على تحمل مخاطر مصادقية أدنى من المتوقع.

توصلت الدراسات المتعاقبة التي أجرتها الحكومة البريطانية في الأعوام ١٩٨٩ و١٩٩٥ و٢٠٠٢ إلى خلاصة مفادها أنه في سوق كهرباء متحرر، فإن شركات خدمات الكهرباء لن تقوم ببناء محطات طاقة نووية دون دعم مالي من الحكومة وضمانات حكومية تسمح بتغطية التكاليف. وفي الدول التي رفعت وضع الاحتكار التجاري عن شركات التوليد، يتم تطبيق اعتبارات مشابهة. ولا تطبق الطلبية الأخيرة هذه الاعتبارات. ومن الواضح أن الطلبية الأخيرة في فنلندا، لم تأخذ هذه التوقعات بعين الاعتبار، ولكن، كما بيّنا بالحجة فيما سبق، فإن الوضع الخاص للمشتري بصفته شركة غير ربحية يمتلكه شركات صناعية تم التعاقد معها لشراء منتج المحطة، يعني أن هذه الشروط الخاصة في فنلندا تعتبر مثلاً لا يمكن للدول الأخرى أن تقتدي به. وقد كانت التجربة في هذا المشروع سيئة على الدوام، ومن المحتمل أن تشكل عاملاً مثنياً لشركات الخدمات العاملة في أسواق التجارة التنافسية يمنعها من بناء محطات طاقة نووية، إلا إذا تحصّنت بشكل كافٍ من مخاطر السوق.

وتبين من برنامج الولايات المتحدة أنه لغايات إحياء الطلب، فإن الشرط الرئيسي لعمل طلبية هو إما ضمانات قروض مسنودة من

سحب المحطة من التشغيل بتصميم مناسب على الرغم من أن التجربة في سحب المحطات والتخلص من النفايات تبين أن التقديرات الحالية متدنية بشكل ملحوظ عن الواقع، وإذا كانت عوائد الاستثمار في الصندوق أدنى من المتوقع، ستظهر ضرورة لزيادة المساهمات بشكل كبير. وبالتالي، قد يسعى المستثمرون من القطاع الخاص إلى الحصول على بعض «التغطية» لمساهماتهم.

ستكون الضمانات متوسعة ومرتفعة بشكل خاص في الوحدات الأولى التي يتم بناؤها، والتي ستتحمل تكاليف إرساء تكنولوجيا جديدة. وإذا ما تم بناء سلسلة من المحطات، وكانت تجربة تلك المحطات جيدة، عندها يكون من الممكن أن يصبح السوق مستعداً لتحمل مخاطر أكبر على الرغم من أن الالتزام السياسي لتطوير الطاقة النووي لا يكفي بحد ذاته مطلقاً لضمان اكتمال برنامج. ولا بد أن نتذكر أن إدارتي ريغان وتاتشر اللتين وعدتا ببعث قوي للصناعة النووية، شهدتا خلال فترة رئاستيهما تراجعاً ساحقاً في ثروات الطاقة النووية.

• العمليات التي لا تشمل وقود الصيانة وتكاليفها: وبالطريقة نفسها، هذه الأمور هي عموماً ضمن نطاق سيطرة المالك، وقد يكون على استعداد لتحمل وزر تلك المخاطرة.

• تكلفة الوقود النووي: عموماً، لا يعتبر شراء الوقود نشاطاً ينطوي على مخاطر. فيمكن تخزين اليورانيوم بسهولة، كما يمكن التعامل مع احتمال ارتفاع تكلفة شراء الوقود. ولكن تكلفة التخلص من الوقود المستنفذ (على فرض اختيار اللجوء إلى إعادة المعالجة والتصنيع) هي ذات مخاطرة عالية، وقد يمارس المالكون الضغط للحصول على شكل من الضمانات للمساعدة في تكاليف التخلص على شاكلة التدابير الأمريكية.

• تكاليف سحب المحطة من التشغيل: يصعب التنبؤ بتكاليف سحب المحطة من التشغيل، ولكنها سوف تتصاعد عالياً في المستقبل. ويبدو هناك احتمال لتدبير صندوق منفصل لغايات

## ١١) الخلاصة

للتكنولوجيا والاقتصاد غير صائبة، فإن الدعم السياسي - على شاكلة ما قدمته إدارتا تانتر وريغان في الثمانينات - لن يكون كافياً. ويركز التقرير على الاقتصاد، ولكن هناك تداخلاً بين الاقتصاد والتكنولوجيا. ومن ناحية المبدأ، يمكن عمل أي تصميم للوفاء بمقاييس السلامة التي تشترطها الهيئات المنظمة، ولكن تكاليف هذا العمل قد تشكل عائقاً.

وقد ثبت أن هناك صعوبة أكبر في الحصول على مصادقة الهيئات المنظمة على التصميم الجديدة مما كان متوقعاً. لقد تم إطلاق برنامج ٢٠١٠ للطاقة النووية في الولايات المتحدة بهدف وضع تصميم الجيل ٢+ في السوق في الولايات المتحدة بحلول العام ٢٠١٠. ويبدو أن التصميم (AP١٠٠٠) هو الوحيد الذي استوفى إجراءات اعتماد التصميم، وحتى هذا التصميم يخضع منذ ذلك الوقت لمراجعة جديدة بعد تقديم بعض التعديلات عليه. ومع بداية العام ٢٠١٠، كان من الواضح أنه لم يتم الحصول على اعتماد كامل لأيٍّ من هذه التصميمات قبل العام ٢٠١١، وربما في تاريخ لاحق. وهناك قضايا أساسية مرتبطة بالتصميم مثل نظم المراقبة والتجهيز لبناء (EPR) والدرع الواقعي لتصميم (AP١٠٠٠) قابلة للحل، ولكن عند حلها فإن التكاليف سوف ترتفع وسيحدث تأخير. وهناك ثلاثة أسباب وراء صعوبة التكهن بتكاليف الطاقة من المحطات النووية، وهي أسباب مؤثرة للجدل أيضاً:

- ترتبط العديد من المتغيرات بعمليات لم تثبت نفسها على النطاق التجاري، مثل سحب المحطة من الإنتاج والتخلص من النفايات، وبخاصة النفايات ذات المستوى المتوسط والعالي. وتبين تجربة الطاقة النووية أن تلك العمليات غير المثبتة قد تأتي بتكاليف عالية غير متوقعة. ولهذا، فإن المخاطرة عالية بشأن أن القدرة على التنبؤ بتلك التكاليف ستكون متدنية بشكل ملحوظ.

- بالنسبة لبعض المتغيرات التي لا يوجد لها رد «صحيح»، وهي تشمل مثلاً معدل الحسم، فهي قابلة للتباين الشديد، ولا يوجد توافق حول كيفية تنظيم مخصصات الدفع لقاء سحب المحطة.

- كما يوجد نقص في البيانات الموثوقة والمحدثة حول المحطات النووية الفعلية. وتحافظ الشركات المقدمة للخدمة على سرية هذه المعلومات المتعلقة بالكلفة التي تكبدتها، في حين أنه خلال العقدین الماضيين، كانت هناك فقط حفنة من الطلبات مصدرها أوروبا الغربية، ولم تأت أي طلبية منذ العام ١٩٨٠ من أمريكا الشمالية. وبالتالي، لم يتم اختبار أيٍّ من التصميمات الجديدة.

خلال العقود الأربعة الماضية، كانت هناك فجوة واسعة ومستمرة بين أداء المحطات النووية القائمة وتوقعات أداء المحطات النووية الجديدة. وقد تبين أن كل تلك التوقعات بلا استثناء كانت

خلال العقد الذي انطلق مع النهضة النووية المستندة إلى الإصدار الأول لتصاميم الجيل ٢+ في نهاية التسعينيات، أصبح واضحاً أن التنبؤات الاقتصادية للمحطات النووية قد تراجعت بشكل مذهل. والمثير هو أن هذا الوضع يبدو أنه قد دفع الكثير من الحكومات، بما فيها حكومات الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وإيطاليا، بشكل كبير، إلى فرض المزيد من الطلبات على محطات طاقة نووية جديدة وتميرها. وفي واقع الأمر، يبدو أن جهود إعادة إطلاق عنان الطلب النووي قد ارتبطت بشكل شخصي بحكام تلك الدول، وهم: بوش، بليز، برلسكوني.

وفي حين أن هذا الدعم السياسي القوي قد يشكل قوة دافعة متينة، مثل العمل على تقصير مدة إجراءات التخطيط وتوفير الدعم المالي العام، إلا أنه يمكن أن يكون نقطة ضعف. فعندما تتغير الحكومة، فإن الحكومة الجديدة قد تكون أقل حماساً تجاه المشروع.

ويبدو أن جزءاً من الحماس تجاه الطاقة النووية يستند إلى رؤية مضللة بشكل واضح، مفادها أن التوسع في الطاقة النووية قد يشكل طريقة رئيسية للحد من انبعاثات غازات الدفيئة. وعادة ما تشكل الكهرباء ٢٠٪ فقط من الطلب النهائي على الطاقة، وحتى إذا كانت تلك النسبة تزيد شيئاً ما مع زيادة الطلب على الكهرباء من الطاقة النووية، فسيظل من الصعوبة بمكان تأمين حصة الطاقة التي تلبىها الكهرباء النووية إلى ما يربو على ١٠٪. وتثير الزيادة في القدرة النووية العالمية بمعدل أربعة أو خمسة أضعاف قضايا رئيسية، منها، على سبيل المثال، كفاية مورد اليورانيوم، وتوفر المواقع المقبولة، والتخلص من النفايات، حتى وإن أمكن تجميع المعدات والمهارات والموارد المالية.

وعلى مستوى العالم، فإن معدل الطلب على محطات الطاقة النووية الجديدة ظل متديناً لـ ٣٠ سنة. وخلال السنوات القليلة الماضية، رفعت الطلبات من الصين، وإلى حد أدنى من كوريا الجنوبية وروسيا، بشكل جوهري، عدد المحطات قيد البناء، حيث كانت، في كانون الثاني العام ٢٠١٠، ٢٠ محطة قيد البناء في الصين وحدها. ولكن هذه الطلبات يتم توريدها عادة من خلال بائعين وطنيين، وهي عادة ما تغطي الأجيال السابقة من التصميمات والأسواق التي لا بد من إعادة فتحها في حال ما تحققت تلك النبوّة، مثل الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وإيطاليا، ما زالت بعيدة بسنوات عدة عن إصدار طلبات، وكذلك ما زال أمامنا سنوات عدة قبل أن تثبت تصاميم الجيل ٢+ قدرتها من خلال التجربة.

وعلى الرغم من أن الدعم السياسي القوي قادر على دفع النهضة النووية دفعة قوية، فإنه في حال كانت الأسس الجوهريّة

1) See for example, Health & Safety Executive, "Joint Regulatory Position Statement on the EPR Pressurized Water Reactor," Release No: V4 22/10/2009, November 2, 2009, <http://www.hse.gov.uk/PRESS/2009/hse221009.htm>.

2) See for example, Nuclear Regulatory Commission, NRC Informs Westinghouse of Safety Issues with AP1000 Shield Building, <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2009/09-173.html>.

تعكس منظور المجتمع الأوسع.

وكحال الكثير من التوقعات السابقة بخصوص «العودة الثانية» للطاقة النووية منذ العام ١٩٨٠، فإن نتائج «النهضة» الحالية لن تكون عدداً كبيراً من الطلبات النووية. فالدول التي لم تواجه فيها الطلبات النووية مشاكل، سوف تواصل الطلب على المحطات. وحتى في تلك الدول، فإن الحماس سوف يخبو عندما تتكشف التكاليف المتصاعدة، وتظل مشكلة التخلص من النفايات دون حل، وتتوجه القدرات النووية نحو موتها.

في «دول النهضة»، سيتم بناء حفنة من المحطات، ما يثبت أن محطات الطاقة النووية قابلة للبناء إذا كانت الحكومات على استعداد لتقديم دعم مالي كافٍ، والتغاضي عن عمليات التشاور الديمقراطي. ولكن الخسارة الحقيقية ستكون - كما كان الحال في العقود القليلة الماضية - أنه لن يتم اقتناص فرصة شراء الخيارات ذات الكلفة الأكثر فعالية لتلبية أهداف سياسة الطاقة في توفير طاقة معقولة السعر وموثوق بها ونظيفة - أو التوفير من خلال الكفاءة. وما انفك منحني التكلفة للطاقة النووية يرتفع إلى مستويات عالية. وبعبارة أخرى، بدلاً من التوصل إلى سعر أرخص مع مرور الزمن بالاستفادة من التعلم ووفورات الحجم وأثار التطور الفني، كحال معظم التقنيات، فإن التكلفة النووية قد ازدادت. ويبين تحليل فروغات وشنايدر (Froggatt and Schneider ٢٠١٠) أن كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة هي استثمار أفضل من الطاقة النووية، وأن منحني التكلفة يميل إلى الهبوط. وإذا تم صرف الموارد المكرسة لمحاولة غير مثمرة أخرى لإحياء الطاقة النووية في هذه المصادر، فإن الفجوة الاقتصادية بين كفاءة الطاقة والطاقات المتجددة والنووية قد تنمو بشكل أكبر بكثير.

مفرطة في التفاؤل. وتظل الفجوة في الأداء المتوقع كبيرة وعلى حالها بين التوقعات الحالية للأداء الاقتصادي للجيل القادم من محطات الطاقة النووية، وأداء المحطات القائمة. وحقبة أن التوقعات في الماضي أثبتت خطأها، لا تضمن أن تكون التوقعات الحالية غير دقيقة أيضاً. ولكنها تشير إلى أن التوقعات التي تعتمد على تحسينات كبيرة في الأداء، ينبغي التعامل معها بنوع من التشكك. والفرضيات الأكثر أهمية هي:

- تكاليف البناء.
- الأداء التشغيلي.
- العمليات بدون الوقود وتكاليف الصيانة.
- تكلفة الوقود النووي.
- تكاليف سحب المحطة.

ويمكن بناء محطات الطاقة النووية فقط في حال توفرت ضمانات حكومية موسعة ودعم مالي كبير.

وقد تكون هناك حاجة لضمانات تجارية بأن إنتاج المحطات سيتم شراؤه بسعر مضمون. ويبدو أن هناك شكاً بأن هذه الرزمة الموسعة من «مساعدات الدولة» مقبولة ضمن قانون التنافسي الأوروبي.

ويغيب الانسجام، بشكل كبير، بين المصالح التجارية للشركات المشاركة ومصصلحة المجتمع بشكل عام. فالتكاليف التي سيتم تكبدها في المستقبل البعيد - مهما كانت كبيرة أو غير أكيدة - لها وزن صغير في تقدير التكلفة التجارية، وما زالت الشركات خاضعة لمخاطر حوادث نووية بفعل المعاهدات الدولية. وبالتالي، فإن وضع تقديرات التكلفة من وجهة نظر الشركة بحاجة للتصويب، بحيث

## الملحقات

### الملحق ١: تكنولوجيات المفاعلات، والتصاميم الحالية، والجهات البائعة

#### تكنولوجيات المفاعلات

وأكثرها شيوعاً هي مفاعلات كاندو (Candu) المصممة في كندا. ففي الماء الثقيل، يحل نموذج الديوتريوم في الهيدروجين مكان الصورة الشائعة للذرة. والماء الثقيل أكثر كفاءة كوسيط، ويمكن للمحطات الكندية استخدام اليورانيوم الطبيعي (غير المخصب). ومع ذلك، فإن كفاءته الأكبر تتراجع بفعل تكلفة إنتاج الماء الثقيل. وقد تم طرح تصميم كاندو جديد يستخدم الماء الخفيف كمبرد، والماء الثقيل كوسيط، ولكن ما زال هذا التصميم على لوح الرسم.

يتم تبريد المحطات البريطانية كافة، باستثناء (Sizewell B)، باستخدام غاز ثاني أكسيد الكربون والغرافيت كوسيط. وتستخدم محطات الجيل الأول (the Magnoxes)، اليورانيوم الطبيعي، ولكن معظمها لم يتمكن من العمل لفترة طويلة حسب تصنيف تصميمها الكامل، لأن مبرد ثاني أكسيد الكربون يكتسب خصائص حمضية عند تفاعله مع الماء، ويسبب تآكل الأنابيب. ومحطات الجيل الثاني تستخدم اليورانيوم المخصب والمواد المحسنة لمنع التآكل. والغرافيت وسيط كفاء ولكن غالي جداً مقارنة مع الماء، وعيبه أنه قابل للاشتعال، ويميل للتكسر والتشوه بفعل التعرض للإشعاع. والتصميم المستخدم في تشرنوبل (RBMK)، يستخدم الجرافيت أيضاً كوسيط، ولكنه يستخدم الماء الخفيف كمبرد.

وقد كان هناك اهتمام متواصل بالمفاعلات التي تستخدم غاز الهيليوم كمبرد والغرافيت كوسيط، والمسماة بمفاعلات التبريد الغازي ذات الحرارة العالية (High temperature gas – cooled reactors - HTGRs). والهيليوم غاز خامل وكفاء على الرغم من كونه مبرد غالي. واستخدام الهيليوم والغرافيت يعني أن المفاعل يعمل بدرجة حرارة أعلى من المفاعل الذي يستخدم الماء الخفيف أو ثاني أكسيد الكربون للتبريد. وهذا يسمح بتحويل كمية أكبر من حرارة الطاقة إلى كهرباء، ويفتح الطريق أمام استخدام بعض الحرارة في العمليات الصناعية، بينما يظل قادراً على توليد الطاقة. ولكن على الرغم من الأبحاث التي أجريت في دول عدة، منها بريطانيا، والتي تعود إلى أكثر من ٥٠ سنة، لم يتم إنتاج تصميم تجاري لمثل هذا النوع من المحطات، وكان سجل محطات التجريب التي تم بناؤها هزياً جداً.

وكان هناك بعض النقاش على تصاميم الجيل الرابع<sup>١</sup>. ففي الوقت الذي تصف فيه سلطة الطاقة الأمريكية تصاميم الجيل ٣+ بأنها «تطويرية»، فإن تصاميم الجيل الرابع توصف بكونها «ثورية». فهي «أكثر أمناً واستدامة، واقتصادية، وموانعة للتسرب، وأكثر أمناً». والسمة الأساسية لهذه التصاميم التي تميزها عن غيرها من التصاميم القائمة، هي أنها تستخدم اليورانيوم الطبيعي بشكل كامل أكثر من التكنولوجيات القائمة، مثلاً من خلال استخدام «دورات تكوين» تسمح باستخدام ٩٩,٣٪ من اليورانيوم الطبيعي الذي لا تستخدمه المفاعلات الحالية. كما يمكنها العمل بدرجات حرارة أعلى من تلك الموجودة في المفاعلات الحالية، ويمكنها، على سبيل المثال، إنتاج الهيدروجين. وقد تم تعريف ست تقنيات بأنها التقنيات الواعدة أكثر من غيرها:

يمكن تصنيف مفاعلات الطاقة النووية عموماً من خلال المبردات والوسائط التي تستخدمها. فالمبردات هي التدفق (غاز أو سائل) المستخدم لسحب حرارة محور المفاعل باتجاه مولد التوربين. والوسائط هي الوسيلة المستخدمة للتخفيف من تذبذبات النيوترونات، بحيث تظل في المركز لفترة كافية للمحافظة على تفاعل السلسلة النووية. وهناك الكثير من الخلطات الممكنة للمبردات والوسائط، ولكن من بين المفاعلات العاملة حالياً أو المعروضة، هناك أربع إمكانيات للمبردات وثلاث للوسائط.

النوع الأكثر شيوعاً للمحطات النووية هو المفاعل الماء الخفيف (Light-water reactor – LWR)، الذي يتضمن صنفين هما مفاعل الماء المضغوط (Pressurised water reactor – PWR)، ومفاعل الماء المغلي (Boiling water react – BWR). وهذه الأوصاف مشتقة من وحدات النبض في الغواصات التي تستخدم مياه عادية («ماء خفيف») كمبرد وكوسيط. وميزة الماء هي رخص ثمنه على الرغم من أنه ليس الوسيط الأكثر كفاءة (فجزيئات الماء تمتص بعض النيوترونات بدلاً من أن تظل «تتأرجح» في الماء). ونتيجة لذلك، فإن نسبة المادة المشعة من اليورانيوم تزيد من ٠,٧٪، وهي نسبة الإشعاع في اليورانيوم الطبيعي، إلى أكثر من ٣٪.

أما في التبريد، فإن عيب الماء هو أنه قد صمم ليعمل كسائل. وإذا كان هناك كسر في دارة المبرد، فإن الماء يغلي، وبالتالي لا يعود بالإمكان استخدامه للغاية المقترضة استخدامه فيها. ولهذا توضع أولوية كبرى لتفادي إمكانية «حوادث خسارة المبرد» في تصميم المفاعل. والفرق الرئيسي بين مفاعل الماء المضغوط ومفاعل الماء المغلي هو أنه في مفاعل الماء المغلي يستطيع الماء المبرد الغليان والضغط مباشرة على دارة مولد التوربين، حيث يقوم البخار المتولد في محور المفاعل بتشغيل التوربين. وفي مفاعل الماء المضغوط يظل الماء المبرد محتفظاً به في حالته السائلة من خلال الإبقاء عليه تحت الضغط. ويتم استخدام محول حراري (مولد بخار) لتحويل الطاقة إلى دارة ثانوية، حيث يسمح فيها للماء بالغليان وتشغيل التوربين. ولهذا، فإن مفاعلات الماء المغلي أقل تعقيداً من مفاعلات الماء المضغوط، ولكن نظراً لتوجه الماء المبرد مباشرة نحو التوربين، فإن التلوث الإشعاعي للمحطة يكون أكثر اتساعاً. ومعظم المحطات من تصميم روسي (WWER)، هي مفاعلات ماء مضغوط. ويوجد في بريطانيا مفاعل ماء مضغوط وحيد (PWR) وهو مفاعل (Sizewell B)، ولكن لا توجد مفاعلات ماء مغلي.

وتستخدم بعض المحطات «الماء الثقيل» كمبرد وكوسيط،

1) For more information on Gen IV technology, see the Generation IV International Forum at <http://www.gen-4.org/>.

الجيل ٣+ هي، بخلاف كونه قد صمم خلال الـ ١٥ سنة الماضية، أنه:

- تصميم معياري لتسريع عملية الترخيص والحد من التكلفة على رأس المال ووقت البناء.
- تصميم أبسط ومحصن بشكل أكبر، بحيث يكون أسهل بالتشغيل وأقل عرضة للحوادث التشغيلية.
- إتاحة أكبر وعمر افتراضي أطول - عادة ٦٠ سنة.
- تقليل إمكانية حوادث ذوبان المحور.
- الحد الأدنى من الأثر على البيئة.
- احتراق أعلى لتخفيف استخدام الوقود وكمية النفايات.
- ماصات قابلة للحرق («سوموم») لتطويل عمر الوقود.
- احتراق أعلى لتخفيف استخدام الوقود وكمية النفايات.
- ماصات قابلة للحرق («سوموم») لتطويل عمر الوقود.

من الواضح أن الخواص غير محددة ولا تعرف جيداً ما يميز محطات الجيل ٣+ عن التصميمات السابقة، بخلاف أنه قد تطور من النماذج الحالية. وفي التوصيفات التالية، نركز على التصميمات التي تم طلبها، أو التي تخضع للتقييم، على يد الجهات النازمة للسلامة.

## مفاعلات الماء المضغوط (PWR)

توجد أربع جهات بيع مستقلة رئيسية لتكنولوجيا مفاعلات الماء المضغوط، التي صدرت عنها التصميمات الحالية: Babcock & Westinghouse (Combustion Engineering)، (Wilcox B&W)، والبائع الروسي (Rosatom).

### (Westinghouse)

تكنولوجيا (Westinghouse) تستخدم على نطاق واسع، وقد تم تبنيها بشكل متوسع باستخدام رخص التكنولوجيا، حيث أن الجهات الرئيسية المرخص لها هي شركة أريفا الفرنسية (حتى ٢٠٠١، والمعروفة باسم Framatome)، و (Siemens) (ألمانيا)، وميتسوبيشي (اليابان). وقد بيعت محطات (Westinghouse) في أنحاء العالم كافة على الرغم من أنها لم تستقبل سوى طلب واحد خلال الـ ٢٥ سنة الماضية (Sizewell B)، قبل أن تستقبل أربع طلبات من الصين سنة ٢٠٠٨؛ وآخر طلب في الولايات المتحدة (تم إلغاؤه لاحقاً) كان قبل أكثر من ٣٠ سنة. وفي سنة ١٩٩٨، استحوذت (BNFL) على القسم النووي في (Westinghouse)، ولكن في العام ٢٠٠٦ بيعت إلى توشيبا. والتصميم الحالي الرئيسي لـ (Westinghouse) هو (AP١٠٠٠)، على الرغم من أنه تلقى طلبات على أربع وحدات فقط، كلها من الصين.

(AP١٠٠٠) (السليبي المتقدم - Advanced Passive) طور من تصميم (AP-٦٠٠). وقد كانت هناك مبالغة في تقدير الفكرة من وراء (AP-٦٠٠)، وهي زيادة الاعتماد على السلامة السلبية واقتصاديات الحجم (من بناء وحدات أكبر مقارنة مع بناء وحدات

- المفاعلات السريعة المبردة بالغاز.
- المفاعلات السريعة المبردة بالبرصاص.
- مفاعلات الملح المنصهر.
- المفاعلات السريعة المبردة بالصدوديوم.
- المفاعلات الخارقة المبردة بالماء.
- المفاعلات المبردة بالماء ذات الحرارة العالية.

وحدها المفاعلات السريعة المبردة بالصدوديوم والمفاعلات المبردة بالغاز ذات الحرارة العالية هي التي شهدت تطوراً ملحوظاً في المحطات العاملة. ومع ذلك، ظهرت مشاكل كبيرة في كلتا التقنيتين. وبدأ تشغيل المفاعلات السريعة المبردة بالصدوديوم منذ الستينيات، وكانت في كثير من الدول برامج لمفاعلات مبردة بالصدوديوم ومنجزة له، ولكنها أثبتت أنها مكلفة ولا يمكن الاعتماد عليها، وهناك عدد قليل من الدول التي تواصل استخدام هذه التكنولوجيا حالياً. وكما أشرنا سابقاً، فإن المفاعلات المبردة بالغاز ذات الحرارة العالية تطورت في كثير من الدول منذ الستينيات، وقد تبين أنه من المستحيل ترويجها تجارياً، وأن معظم الدول لم تعد تنشط في مواصلة العمل بها.

ويبقى علينا أن ننتظر إذا ما كان سيظهر احتمال للتسويق التجاري لأي من تلك التكنولوجيات، ولكن حتى مؤيدو هذه التكنولوجيا يقرون بأنها لن تشكل خياراً تجارياً قبل حلول العام ٢٠٣٠، وبالتالي عليهم العودة إلى خيارات المفاعلات الحالية.

## التصاميم الحالية والباثون

تعتبر التصميمات الأكثر إمكانية للطلب في العقد القادم في الغرب هي المسماة بالجيل ٣+. وتمثل تصاميم الجيل ١ الطليبات الأولى المطروحة في الخمسينيات والستينيات، بينما تصاميم الجيل ٢ تمثل معظم الوحدات العاملة حالياً، وتشمل المحطات التي تم طلبها منذ نهاية الستينيات وحتى بداية الثمانينيات. أما محطات الجيل الثالث، فهي تلك التي تم طلبها في بداية الثمانينيات حتى نحو العام ٢٠٠٠. وتدمج، من البداية، الدروس الرئيسية من حادث (Three Mile Island). والفرق الرئيسي بين الجيل الثالث والجيل ٣+ من المحطات، الذي تم تصميمه بعد كارثة تشيرنوبل، هو أن الأخير يدمج مستوى أعلى من السلامة «السلبية» مقارنة مع السلامة الهندسية. مثلاً، تعتمد تصاميم الجيل ٣+ بشكل أقل على النظم المهندسة للتبريد الطارئ وأكثر على العمليات الطبيعية، مثل الخاصية الحرارية. وقد أضافت هجمات ١١ أيلول اعتبارات أخرى مهمة على التصميم، وأي تصميم جديد آخر ينبغي عليه إثبات قدرته على الوقوف في وجه اختراق طائرة تجارية له.

لقد أعلن عن عدد كبير من التصميمات، ولكن لم يتم دفع الكثير منها قدماً، حيث لم تحصل على مصادقة الهيئات النازمة، وأفاق الطلب عليها محدودة. ولا يوجد تعريف واضح يحدد الجيل الذي ينتمي إليه أي تصميم معين، ولكن السمات الرئيسية لتصميم

العام ٢٠٠٩، كانت تجربة البناء ما زالت في حدها الأدنى. وتلقى التصميم موافقة عمومية على السلامة من السلطات الفرنسية في أيلول العام ٢٠٠٤، ومن السلطات الفنلندية في كانون الثاني العام ٢٠٠٥، على الرغم من أنه من الواضح الآن، كما سنطرح في النقاش لاحقاً، أن الكثير من تفاصيل التصميم ما زالت دون تشطيب. وطلبت أريفا من (NRC)، بالتعاون مع (Constellation Energy)، في ظل برنامج الطاقة النووية ٢٠١٠ البدء بترخيص (EPR) في الولايات المتحدة. ومن غير المحتمل الحصول على المصادقة النهائية قبل العام ٢٠١٢. وتصميم (EPR) هو أحد التصاميم التي تراجعها سلطات السلامة البريطانية (NII)، في ظل برنامجها (GDA) الذي انطلق في العام ٢٠٠٧. وتوقع (NII) أن تنتهي من دراستها التقييمية في منتصف العام ٢٠١١، ولكن هذا لا يعني أنها سوف تقوم بمنح المصادقة حينها. وبالنسبة لسوق الولايات المتحدة، فإن (EPR) هو اختصار لمفاعل الطاقة التطويري (Evolutionary Power Reactor).

والطاقة الإنتاجية لـ (EPR) أولكلوتو (فنلندا) هي ١٦٠٠ ميغاواط، على الرغم من أنها ارتفعت إلى ١٧٠٠ ميغاواط للطلبات اللاحقة. وقد تم تطوير التصميم من تصميم فراماتوم السابق (N٤)، مع بعض مساهمات من تصميم سابق لـ (Siemens)، محطة «كونفوي» (Konvoi). ومن المتوقع أن يسمح تخفيض وقت إعادة الشحن بالوقود بعامل تحميل<sup>٢</sup> بنحو ٩٠٪.

## ميتسوبيشي

تورد ميتسوبيشي تكنولوجيا (PWR) لليابان، حيث قامت ببناء ٢٢ وحدة، ولكنها لم تحاول أبداً بيع محطات في السوق الدولية قبل عرضه على عملية ٢٠١٠ الأمريكية للطاقة النووية. تخطط شركة خدمات أمريكية واحدة لبناء الـ (PWR) المتقدم (APWR)، أحدث تصاميمها. وبدأ تطوير هذا التصميم من قبل ميتسوبيشي ومركزها لهذه التكنولوجيا (Westinghouse) خلال العام ١٩٨٠، ولكن تعرضت الطلبات الأولى لتأخير متواصل. وكانت هناك توقعات على طلبات على وحدة لموقع تسوروغا (اليابان) خلال سنة إلى ١٠ سنوات، ولكن بدءاً من نهاية العام ٢٠٠٩، ظل الطلب براوح مكانه ولم يتم التقدم به. ويخضع تصميم متقدم لـ (APWR) للمراجعة من قبل (NRC)، وتخطط شركة الخدمات الأمريكية (TXU) طلبه. وليس من المتوقع أن تنتهي (NII) من مراجعتها قبل العام ٢٠١٢.

## (Combustion Engineering)

أنتجت هذه الشركة تصميمها الخاص من مفاعلات الماء المضغوط، وتم تركيبه في الولايات المتحدة، أما خارج الولايات المتحدة، فقد حصلت هذه التكنولوجيا على ترخيص من كوريا

أكثر). وقد برر أحد المسؤولين التنفيذيين في (Westinghouse) هذا الخيار نحو حجم وحدة بقدرة ٦٠٠ ميغاواط بدلاً من ١٠٠٠-١٣٠٠ ميغاواط بتصريحه بأن «اقتصاديات الحجم لم تعد فعالة». وتخطى تصميم (AP-٦٠٠) العملية التنظيمية في أمريكا، وحصل على المصادقة على السلامة سنة ١٩٩٩. وعندها اتضح أن التصميم لن يكون اقتصادياً، وأنه لم يتم طرح التصميم أبداً في العطاءات، تم رفع حجمه إلى ١١٥٠ ميغاواط، على أمل أن يجعله اقتصاد الحجم أكثر تنافسية. وفي أيلول العام ٢٠٠٤، منحت هيئة التنظيم النووية (NRC) مصادقة على التصميم النهائي، سارية المفعول لمدة خمس سنوات، لشركة (Westinghouse) على تصميمها (AP١٠٠٠). وأصدرت الهيئة مصادقة معيارية على التصميم، سارية لـ ١٥ سنة في العام ٢٠٠٦. ولكن (Westinghouse) عرضت لاحقاً تعديلات على التصميم لن تصادق عليها الهيئة قبل العام ٢٠١١. كما يخضع تصميم (AP١٠٠٠) لمراجعة الـ (NII) في برنامجها الخاص بتقييم التصاميم الأصلية، ومن المتوقع أن تستكمل الـ (NII) مراجعتها التقييمية في منتصف العام ٢٠١١، على الرغم من أنه كما هو الحال في الـ (EPR)، ليست هناك ضمانات على أنه سيحصل على الترخيص.

## Areva

استقلت كل من (Framatome) و (Siemens) عن (Westinghouse)، واندمجتا سنة ٢٠٠٠ في نشاطاتهما النووية، حيث حصلت فراماتوم على ٦٦٪ من الأسهم، بينما اكتتبت (Siemens) لباقي الأسهم. وتسيطر مجموعة أريفا حالياً على فراماتوم وهي مملوكة بأكثر من ٩٠٪ للحكومة الفرنسية. وقد تغير اسم فراماتوم إلى (Areva NP) سنة ٢٠٠١. وفي العام ٢٠٠٩، أعربت (Siemens) عن نيتها الانسحاب من الاستثمار المشترك، على الرغم من أنه بحلول نهاية العام ٢٠٠٩، كانت المفاوضات ما زالت دائرة على تفاصيل الانسحاب. وردت فراماتوم كافة محطات مفاعلات الماء المضغوط (PWR) في فرنسا (٥٨ وحدة)، وصدرت محطات إلى جنوب أفريقيا، وكوريا الجنوبية، والصين، وبلجيكا. وردت (Siemens) ١٠ من أصل ١١ مفاعل ماء مضغوط تم بناؤها في ألمانيا، وصدرت مفاعلات من هذا النوع إلى هولندا، وسويسرا، والبرازيل.

والتصميم الوحيد من الجيل الثالث المتقدم لمفاعلات الماء المضغوط (Generation III+PWR) التي حظيت بتجربة بناء كبيرة هي مفاعلات الماء المضغوط الأوروبية (Areva NP). وأصدرت الحكومة الفنلندية رخصة بناء لمحطة (Oikiluoto EPR) في شباط العام ٢٠٠٥، وبدأ البناء في صيف ٢٠٠٥. وبدأ العمل على (EPR) في موقع (Flamanville) في فرنسا سنة ٢٠٠٧. وكانت هناك طلبتان على (EPR) من الصين، ولكن مع حلول نهاية

1) Nucleonics Week Special Report, "Outlook on Advanced Reactors," March 30, 1989, p. 3.

2) يتم حساب عامل التحميل السنوي (أو الافتراضي) على أنه الطاقة الإنتاجية السنوية (أو الافتراضية) للمحطة مُعَبَّر عنها كنسبة من الطاقة الإنتاجية للمحطة التي كان يمكن إنتاجها إذا ظلت تعمل بشكل متواصل بالطاقة الكاملة، وهو مقياس جيد لقياس إمكانية الاعتماد على المحطة.

الجنوبية. والقسم النووي من (Combustion Engineering) حازت عليه شركة (ABB) سنة ١٩٩٦، ومن ثم استحوذت عليه (BNFL) سنة ١٩٩٩. وهو يشكل الآن جزءاً من قسم (Westinghouse) الذي بيع سنة ٢٠٠٦ إلى توشيبا.

## (GE-Hitachi and Toshiba)

ما زال صاحب الرخصة الياباني لشركة (GE) يطرح تصاميم مفاعلات الماء المضغوط في اليابان. ويوجد حالياً ٣٢ محطة (BWR) عاملة أو قيد البناء في اليابان. وقد تم شراء بضع محطات هي الأولى من نوعها في اليابان من شركة (GE)، وتقسمت البقية الأخرى بين هيتاشي وتوشيبا. وتم تطوير المفاعل (ABWR) في اليابان بالتشارك بين هيتاشي وتوشيبا ومرخصهم للتكنولوجيا الأمريكية (GE). وطرح أول طلبيتين خلال العام ١٩٩٢، واستكملت في ١٩٩٦/٩٧. ومع نهاية العام ٢٠٠٩، كانت هناك أربع (ABWR) عاملة، وواحدة قيد الإنشاء في اليابان، واثنان قيد الإنشاء في تايوان. وتلتقت (ABWR) مصادقة السلامة في الولايات المتحدة سنة ١٩٩٧، ولكن هذه المصادقة انتهت في العام ٢٠١٢. وهي معروضة الآن من قبل الاستثمار المشترك بين (GE-Hitachi) ومن قبل توشيبا، التي تعمل الآن بشكل مستقل. وتتوقع كلتا الشركتين تقديم تصميم محدث لهيئة المراجعة النووية لتجديد المصادقة على السلامة. ومن غير المعروف بعد، مدى التعديلات التي ستطلبها الهيئة، أو الفترة التي سوف تستغرقها عملية إعادة الترخيص. ومن المؤكد، أن التصميم الجديد يحتاج لحماية أكبر من هجمات الطائرات مقارنة مع النموذج السابق. وربما يجدر تصنيف تصميم (ABWR) على أنه من الجيل الثالث، ولكنه إذا نجح في الحصول على تجديد لترخيصه من قبل هيئة (NRC)، فإنه يجوز اعتبار التصميم أنه من الجيل ٣+. وهناك شركة خدمات واحدة (NRG)، تخطط لبناء مفاعلات (ABWR) ضمن برنامج الطاقة النووية الأمريكي ٢٠١٠.

ومفاعل الماء المغلي الاقتصادي والمبسط (ESBWR) هو تصميم بقدرة ١٥٠٠ ميغاواط، طورته شركة (GE). وفي تشرين الأول العام ٢٠٠٥، تقدم الاستثمار المشترك (GE-Hitachi) بطلب لهيئة (NRC) لترخيص التصميم. وقد تم تطوير هذا التصميم جزئياً من مفاعل الماء المغلي المبسط الخاص بشركة (GE)، ومفاعل الماء المغلي المتقدم (ABWR). وبدأ (SBWR) عملية الحصول على مصادقة الهيئة المنظمة في التسعينيات، ولكنه انسحب قبل استكمال الإجراءات، ولم يفر بأي طلبيات. وقد اختار عدد من شركات الخدمات الأمريكية هذا التصميم في ظل برنامج ٢٠١٠ للطاقة النووية، على الرغم من أن (NRC) لا تتوقع الانتهاء من مراجعته قبل العام ٢٠١١. وقد قدم تصميم (ESBWR) لبرنامج (GDA) البريطاني للمراجعة سنة ٢٠٠٧، ولكنه سحب سنة ٢٠٠٨. وخطت ست من شركات الخدمات في الولايات المتحدة بناء المفاعل ضمن برنامج الطاقة النووية ٢٠١٠، ولكن تحولت واحدة منها إلى (ABWR)، ويبدو أن واحدة أخرى قد تخلت عن المشروع، بينما تحوم الشكوك حول قابلية المشاريع الأربعة الأخرى للحياة. ويبدو أن الاهتمام قليل بهذا المفاعل خارج الولايات المتحدة، وقد يتم التخلي عن التصميم.

وحصل تصميم (+٨٠ System) الخاص بـ (Combustion Engineering) على مصادقة الهيئة المنظمة في الولايات المتحدة في العام ١٩٩٠. وهو الآن معروض للبيع من قبل وستنغهاوس (Westinghouse). ولكن البائع الكوري الجنوبي -دوسان- استخدم التصميم بموجب ترخيص من وستنغهاوس (Westinghouse) لتطوير تصميمه (AP-١٤٠٠)، الذي طلب لصالح كوريا الجنوبية سنة ٢٠٠٨. وعرضت كوريا الجنوبية التصميم لمحطات الجيل الثالث في العطاء المنظم سنة ٢٠٠٥ في الصين، ولكنه رفض. وفي كانون الثاني العام ٢٠٠٩، فازت بعطاء لترتيب أربع وحدات في الإمارات العربية المتحدة، ومن المتوقع أن يقوم الموردون بالعرض في تركيا.

## (Babcock & Wilcox)

وردت هذه الشركة تصميمها الخاص من مفاعلات الماء المضغوط في السوق الأمريكي، ولكن حادث (Three Mile Island)، الذي شمل تكنولوجيا (B&W) وضع حداً لاهتمامها بمبيعات المفاعل والمحطة الوحيدة بتصميم (B&W) المبنية خارج الولايات المتحدة تمت بموجب رخصة في ألمانيا، ولكنها أغلقت سنة ١٩٨٨ بسبب مشاكل في الترخيص بعد فترة وجيزة من استكمالها سنة ١٩٨٦، ولم تتم معاودة العمل فيها.

## (Rosatom/Atom Story Export)

تتم صادرات التكنولوجيا الروسية من خلال (Atom Story Export) وهي جزء من شركة (Rosatom). وفي العام ٢٠٠٩، كانت (Siemens) تتفاوض مع (Rosatom) لتكوين استثمار مشترك جديد لبيع التكنولوجيا الروسية. وأحدث تصميم روسي يولد نحو ١٢٠٠ ميغاواط هو (AES-٢٠٠٦/WWER-١٢٠٠)، وقد طرح منذ العام ٢٠٠٦ فصاعداً. وقد وصلت طلبية على وحدتين من هذا التصميم لموقعين في روسيا (لينينغراد ونوفوفورونيش). وقد رحبت عطاء في العام ٢٠٠٨ لمحطات نووية تبني في تركيا، على الرغم من أنها كانت المتقدم الوحيد للعطاء، وقد سحب العقد في العام ٢٠٠٩ بسبب ارتفاع السعر المعروف. وقد تنظر فيه فنلندا والهند.

## مفاعلات الماء المغلي (BWRs)

المصمم الرئيسي لهذه المفاعلات هي الشركة الأمريكية (General Electrics - GE)، التي قامت بتوريد عدد كبير من المحطات في الولايات المتحدة والأسواق العالمية مثل ألمانيا واليابان وسويسرا وإسبانيا والمكسيك. واشتملت الهيئات المرخص لها بهذا التصميم على (AEG) (التي استحوذت عليها لاحقاً شركة

## مفاعلات الـ(BWR) الأخرى

أنتجت آسيا أتوم (Asea Atom) السويدية تصميمها الخاص لمفاعل (BWR)، حيث بني تسعة منها في السويد، واثنان في فنلندا. واندجت آسيا أتوم مع براون بوفيري (Brown Boveri) لتشكيل (ABB)، التي استحوذت عليها (BNFL) في العام ١٩٩٩، وبيعت لتوشيا في العام ٢٠٠٦ كجزء من قسم وستنغهاوس (Westinghouse) النووي. ومفاعل (BWR-٩٠+) هو تصميم بقدرة ١٥٠٠ ميغاواط، وطوره (Westinghouse) من تصميم (Asea BWR)، حيث تمت تجربته، ولكن لم يحدث تقدم في تطويره.

## مفاعلات كاندو

المورد الرئيسي لمفاعل الماء الثقيل هو الشركة الكندية (Atomic Energy of Canada Limited - AECL)، وقد زودت محطات بأكثر من ٢٠ وحدة لشركات الخدمات الكندية وصادرات إلى الأرجنتين ورومانيا وكوريا الجنوبية والصين. كما باعت محطات للهند، ولكن بسبب قضايا تتعلق بانتشار الأسلحة النووية، لم تتصل مع الهند منذ العام ١٩٧٥، على الرغم من أن الهند تواصل بناء محطات هذا التصميم الأريغيني. وقد بنت الأرجنتين ثلاث محطات ماء ثقيل، إحداها من نوع كاندو، واثنان من تصميم ألماني (واحدة منهما غير مكتملة، وليست هناك أي أعمال تجري فيها حالياً).

تصميم المستقبل الرئيسي لـ (AECL) هو مفاعل كاندو المتطور (ACR)، الذي كان من المتوقع أن يتم إنتاجه في حجمين، ٧٥٠ ميغاواط (ACR-٧٥٠) و١٢٠٠ ميغاواط (ACR-١٠٠٠). وعلى عكس مفاعلات كاندو السابقة، التي استخدمت الماء الثقيل كمبرد وكوسيط، فإن هذه المفاعلات تستخدم الماء الخفيف كمبرد، والماء الثقيل كوسيط. وقد خضع مفاعل (ACR-٧٥٠) لمراجعة (NRC) تحت إشراف شركة الخدمات الأمريكية دومينيون، ولكن دومينيون سحب دعمها في كانون الثاني العام ٢٠٠٥، وتوجهت عوضاً عن هذا التصميم إلى مفاعل (ESBWR) من إنتاج (GE)، مبررة ذلك بطول المدة التي قد تستغرق ما لا يقل عن خمس سنوات التي أعلنت (NRC) أنها تلزمها لعملية المراجعة بسبب قلة المعرفة بتصاميم كاندو في الولايات المتحدة. ويبدو أنه قد تم التخلي لاحقاً عن تصميم (ACR-٧٥٠) للاستعاضة عنه بـ (ACR-١٠٠٠). وأي دعوات لعطاءات تشترط مفاعلاً من هذا الحجم، قد يعرض عليها طراز معدل عن تصميم (Candu-٦) ذي الثلاثين عاماً. وقد تم التقدم بتصميم (ACR-١٠٠٠) في دعوة لعطاءات في أونتاريو، ولكن سعر العرض كان مرتفعاً أكثر من اللازم. كما تم التقدم به لعملية (GDA) في المملكة المتحدة سنة ٢٠٠٧، ولكن تم سحبه منها بعد فترة وجيزة. وهناك حالياً مقترحات لتخصيص شركة البيع المملوكة للدولة (AECL)، وتحوم الشكوك حول مستقبل تكنولوجيا (CANDU) في الطلبات الجديدة.

## المفاعلات المبردة بالغاز ذات الحرارة العالية (HTGRs)

ليس من الواضح ما إذا يجدر تصنيف تصاميم (HTGR) على أنها من الجيل الثالث أو الرابع. فالمفاعل النمطي المحجر (Pebble Bed Modular Reactor - PBMR) يستند إلى تصاميم طورتها (Siemens) و(ABB) لألمانيا، ولكن تم التخلي عنها بعد التجارب الضعيفة في محطة التجريب. وتعكف المرافق العامة في جنوب أفريقيا حالياً على تطويرها. وعمليات الاستحواذ والدمج التي تمت في تجارة بيع المفاعلات تعني أن مانحي الرخص التكنولوجية هم حالياً (Areva) لصالح (Siemens) و(ABB) ولصالح (Westinghouse) و(ABB). وتقوم شركة (PBMR) بتطوير التكنولوجيا، وهي فرع من شركة خدمات الكهرباء المملوكة للدولة في جنوب أفريقيا «إسكوم». وتم التعاقد على تمويل أعمال التطوير، بحيث تأتي من «إسكوم»؛ (BNFL)، وشركة الخدمات الأمريكية (Exelon)، وشركة التطوير الصناعي المملوكة للدولة في جنوب أفريقيا. وهذا الاستثمار يعطي الحق للشركات في حصة في شركة جديدة قد تباع المفاعلات. وقد تم نشر المشروع لأول مرة في العام ١٩٩٨ عندما كان من المتوقع أن تتم الطلبات التجارية الأولى سنة ٢٠٠٣. ولكن ظهرت مشاكل أكبر من المتوقع في استكمال التصميم. وانسحبت إكسلون سنة ٢٠٠٢، ودفع الشركاء الآخرون أقل من المبلغ المتفق عليه في العقد، تاركين «إسكوم» تتحمل معظم التكاليف حتى العام ٢٠٠٤، ومن ثم تحملت العبء حكومة جنوب أفريقيا بشكل مباشر. وانتقل خيار (BNFL) إلى (Westinghouse)، وانسحبت شركة التطوير الصناعي ولم يعد هناك مستثمرون جدد. وانزلق الإطار الزمني للمشروع بشكل مهمل حتى إنه بحلول العام ٢٠٠٩، لم تكن هناك توقعات لطلبات تجارية حتى العام ٢٠٢٥. وفي العام ٢٠٠٨، صدر تقرير عن مركز بوليش للأبحاث، وهو منظمة البحث النووي الحكومية الألمانية التي طورت تكنولوجيا فرش الحصى. وأثار التقرير شكوكاً حول سلامة التصميم بناء على إعادة تقييم التجربة في المحطة التجريبية لهذا التصميم. وفي آذار العام ٢٠٠٩، أعلنت حكومة جنوب أفريقيا أنها ستوفر تمويلاً لسنة إضافية واحدة فقط. وقررت شركة (PBMR) التخلي تماماً عن التصميم الذي كانت تعكف على تطويره. وقد تقوم حالياً بتطوير تصميم مشابه دون بعض السمات المتقدمة، يستهدف سوق حرارة المعالجة؛ مثل التحلية، وتحويل الفحم إلى غاز وسائل. ولا يبدو أن هناك احتمالاً بأن يصمد برنامج (PBMR) طويلاً بعد انتهاء تمويل الحكومة الجنوب أفريقية.

كما تقوم المصالح الصينية بتطوير تكنولوجيا مثيلة مع أصول تكنولوجية شبيهة، ولكن حتى مع التصريحات المتفائلة حول هذا التطوير هناك، يبدو أن الحكومة الصينية تدعم تطوير تصاميم (PWR) وربما (BWR).

## الملحق ٢: الحسم، تكلفة رأس المال، معدل العائد المطلوب

يواجه الاقتصاد النووي قضية صعبة، بشكل خاص، تتمثل في التعامل مع تدفقات الدخل والمصاريف في مراحل مختلفة من عمر محطة الطاقة النووية، ووضع أساس مشترك للمقارنة بينها. وحسب خطط المملكة المتحدة، فإن الوقت ما بين طرح طلبية لمفاعل واستكمال سحبه من العمل قد تمتد لأكثر من ٢٠٠ سنة.

وحسب الطريقة المتبعة تقليدياً، تتم مقارنة تدفقات الدخل والنفقات التي تحدث في مراحل زمنية مختلفة باستخدام منهجيات تدفق النقد المحسوم (Discounted Cash Flow - DCF). وهذه تستند إلى فرضية معقولة منطقياً، وهي أن الدخل أو المصاريف التي تتم حالياً يجب أن تعطى وزناً أكبر بكثير من الدخل أو المصاريف الواقعة في المستقبل. مثلاً، أي ذمة ينبغي سدادها الآن سوف تكلف المبلغ الكامل، ولكن الذمة التي يجب سدادها، لنقل خلال ١٠ سنوات، يمكن الوفاء بها من خلال استثمار مبلغ أقل، والسماح للفائدة المتأتبة باستكمال المبلغ الإضافي اللازم. وفي التحليل باستخدام هذه المنهجية (DCF)، فإن الإيرادات والنفقات كافة على مدار الوقت،

تحتسب على أساس مشترك من خلال «عملية حسم». وإذا تم تلقي دخل بـ ١٠٠ دولار في مدة سنة، وكان «معدل الحسم» يصل إلى ٥٪، فإن «القيمة الحالية الصافية» لهذا الدخل هي ٩٥,٢٣ دولار - مبلغ ٩٥,٢٣ دولار سوف يربح ٤,٧٧ دولار خلال سنة ليشكل المجموع ١٠٠ دولار. وعادة ما يعتبر معدل الحسم «تكلفة فرصة» للمال؛ أي بعبارة أخرى معدل عائد (بدون احتساب التضخم) يمكن كسبه إذا تم استثمار المال في استخدام آخر.

ولئن كانت هذه العملية تبدو معقولة خلال فترات تصل إلى عقد من الزمن، أو ما يقاربها مع معدلات حسم متدنية نسبياً، فإنها على الفترات الأطول - مع معدلات حسم عالية - يمكن أن تكون نتائج الحسم مؤثرة جداً، ولا بد من التفكير بشكل شمولي في الفرضيات. مثلاً، إذا كان معدل الحسم ١٥٪، وكانت التكلفة المتكبدة خلال ١٠ سنوات هي ١٠٠ دولار، فإن صافي القيمة الحالية سيكون ١٢,٢٨ دولار فقط لا غير. والتكلفة التي يتم تكبدها على مدى ١٠٠ سنة، حتى وإن كان معدل الحسم ٣٪ فقط، ستكون صافي قيمتها ٥,٢٠ دولار فقط لا غير. وبمعدل حسم يصل إلى ١٥٪، فإن التكاليف أو الخسائر التي تزيد مدة تحققها على ١٥ سنة قدماً، ستكون قيمتها لا تذكر في التحليل الاقتصادي الطبيعي (انظر الجدول ١٢).

### الجدول ١٢: أثر الحسم: صافي القيمة الحالية

مدة الحسم (سنوات)	3%	15%
5	0.86	0.50
10	0.74	0.25
15	0.64	0.12
20	0.55	0.061
30	0.41	0.015
50	0.23	0.00092
100	0.052	-
150	0.012	-

المصدر: حسابات المؤلف.

عند تطبيق هذه الحسابات على المحطات النووية العاملة في سوق تنافسي، حيث تكلفة رأس المال مرتفعة جداً، فإن هذا يعني أن التكاليف والأرباح التي تنشأ خلال أكثر من ١٠ سنوات، مثلاً، في المستقبل سوف يكون وزنها ضئيلاً في تقييم اقتصاد محطة الطاقة النووية. وبالتالي، فإن الفائدة المجنية من زيادة عمر المحطة من ٣٠ سنة إلى ٦٠ سنة تكون ضئيلة، بينما تكاليف الفرش التي يتم تكبدها بعد مدة، لنقل إنها ١٥ سنة، سوف يكون أثرها كذلك مضمحلًا.

وبالنسبة لعملية الإغلاق النهائي وسحب المحطة، وحسب خطط المملكة المتحدة، من غير المتوقع أن تبدأ المرحلة الأكثر تكلفة حتى مرور ١٣٥ سنة بعد إغلاق المحطة. وهذا يعني أن تكاليف سحب المحطة الضخمة، ستكون ذات أثر هزيل حتى مع معدل حسم متدنٍ جداً، ينسجم مع صناديق الاستثمار في موضع

آمن مع معدل عائد منخفض، ربما بنسبة ٣٪. وإذا افترضنا أن محطة ماغنوكس سوف تكلف نحو ١,٨ مليار دولار لسحبها وإغلاقها، فإن حسابات المرحلة النهائية لـ ٦٥٪ من التكلفة الكاملة (غير المحسومة) (١,١٧٠ مليون)، فإن ٢٨ مليون دولار فقط يتم استثمارها عند إغلاق المحطة تكون قد نمت كفاية لتدفع تكاليف المرحلة النهائية من عملية الإغلاق والسحب.

والفرضية وراء منهجيات تدفقات النقد المحسومة هي أن معدل العائد المحدد سوف يظل متوفرًا طوال الفترة الكاملة. وإذا علمنا أنه حتى سنوات الحكومة - التي تعتبر عادة الشكل الأكثر أمناً للاستثمار - متاحة فقط لـ ٣٠ سنة مقدماً، وأن فترة المائة سنة من النمو الاقتصادي المتواصل هي أمر لم يسبق أن تحقق في تاريخ البشرية، فإنه يصعب تبرير استخدام هذه الفرضية. لهذا، في حال الطاقة النووية يظهر أن هناك معضلة مفادها أنه في مرحلة

كانت المحطة دائرية. ويجب ملاحظة أن التعامل مع الوقود المستنفذ غير مدرج في تكلفة المرحلة الأولى.

أما في المرحلة الثانية، فيتم تدمير البنى غير الملوثة أو التي تلوثت قليلاً وإزالتها، وهي بشكل أساسي المفاعل. ومرة أخرى هذا عمل روتيني نسبياً لا يتطلب خبرات خاصة. وبعبارات اقتصادية، فإن الحافز هو تأخيره أطول مدة ممكنة للتقليل إلى الحد الأدنى من المبلغ الذي يجب جمعه من المستهلكين لدفع تكاليف هذه العملية، فكلما طالبت فترة التأخير، زادت الفائدة على موازنة سحب المحطة. والنقطة المحددة هي أنه عندما لا يعود بالإمكان تأمين سلامة المباني، تظهر مخاطر بانهاياره مؤدية إلى تسرب المواد الإشعاعية. ففي بريطانيا، هناك خطط لتأخير المرحلة الثانية حتى ٤٠ سنة بعد إغلاق المحطة.

المرحلة الثالثة، إزالة محور المفاعل، وهي بلا منازع الأكثر كلفة والأكثر تحدياً من الناحية التكنولوجية، حيث تتطلب التعامل مع المواد من خلال أنظمة آلية عن بعد. وكما هو الحال في المرحلة الثانية، فإن الحافز الاقتصادي هو تأخير العمل حتى لا يعود هذا التأخير آمناً، وفي بريطانيا من المتوقع أن يؤدي هذا إلى تأخير مدته ١٣٥ سنة.

في نهاية المرحلة الثالثة، فإن الوضع المثالي هو أن يتم الإفراج عن الأرض بحيث تستخدم دون قيود، أي بعبارة أخرى لا يعود مستوى الإشعاع فيها أعلى من معدلاته في التربة غير الملوثة. وفي الواقع التطبيقي، فإن هذا لن يكون دائماً ممكناً في بعض المواقع «القدرية» مثل موقع دونري في اسكتلندا، حيث تم تشغيل مفاعل تجريبي سريع، وحيث من المتوقع أن يظل استخدام الأرض محدوداً إلى أبد الأبدين بسبب ارتفاع مستويات التلوث.

ولم يتم سحب سوى عدد قليل جداً من المحطات بالحجم التجاري التي بدأ تشغيلها على مدار عمرها الافتراضي، لهذا لا توجد حسابات دقيقة على التكلفة. وقيل إن العمليات قد تمت بنجاح على نطاق صغير، ولكن حتى يتم تطبيقها في المحطات الكبرى فإنه لا يمكن التيقن من العملية، فالكثير من العمليات التي تمت على نطاق صغير في هذا المجال، عانت من مشكلات عندما ارتفع المقياس إلى الحجم التجاري.

وبشكل التلخص من النفايات الإشعاعية الجزء الكبير من تكاليف سحب المحطة. ولم يتم إثبات تكلفة التخلص من النفايات في المنشآت، وبخاصة بالنسبة للنفايات على المستوى الدولي، والنفايات المتدنية المستوى التي عاشت لفترة طويلة بسبب نقص الخبرة في بناء منشآت تستوعب هذه النفايات.

وينعكس غياب اليقين بطريقة تسعير تكاليف سحب المحطة النووية. وعادة يتم احتساب التسعيرة على أساس نسبة مئوية من تكاليف البناء (ربما ٢٥٪). ونظراً لأن العلاقة بين تكاليف سحب المحطة من الخدمة، وتكلفة البناء، محدودة بشكل واضح، فإن هذا يدل على محدودية المعرفة بالتكاليف.

إن التقسيم الشائع للتكلفة غير المحسومة المتوقعة لسحب

الاستثمار، فإن معدل الحسم (أو معدل العائد المطلوب) بنسبة ١٥٪ هو الأقرب احتمالاً للتطبيق لتعدد ما إذا كان الاستثمار مربحاً، بينما بالنسبة لموازنات سحب المحطة من الاستخدام وإغلاقها، فإن معدل الحسم المتدني للغاية هو المطبق لتحديد مدى توقعات نمو موازنات الإغلاق والسحب.

العنصر الرئيسي الذي يحل هذه المعضلة هو المخاطرة. لقد كان الاستثمار في محطات الطاقة النووية دائماً ينطوي على المخاطر بسبب صعوبة التحكم بتكاليف البناء، وبسبب اختلاف الأداء وتغيره، ومخاطر تأثير الأحداث الخارجية على التشغيل، وحقيقة أن الكثير من العمليات ما زالت لم تخضع للاختبار (مثل التخلص من مستويات عالية من النفايات وسحب المحطة وإغلاقها). وفي بيئة تنافسية، هناك أيضاً مخاطر إضافية بسبب جمود بنية التكلفة. ويتم تكبد معظم التكاليف؛ سواء تم تشغيل المحطة أم لا. ولهذا، فإنه بينما سيكون أداء المحطات النووية جيداً عندما يكون سعر الجلمة مرتفعاً (كما هو الحال مع برتش إنرجي ما بين ١٩٩٦ - ١٩٩٩)، فإنها تصبح هزيلة عندما يكون سعر الجلمة متدنياً (٢٠٠٠ - ٢٠٠٢). إن مجرد كون المحطة قد حققت أرباحاً لمدة عقد من الزمان، لن يحميها من الإفلاس في السنوات السيئة، وبالتالي فإن الممولين يرون في الاستثمار في الطاقة النووية مخاطرة عالية للغاية، ويطلبون معدلات فائدة مرتفعة جداً تعكس التهديد باحتمال خسارة الأموال التي يتم إقراضها بسهولة.

### الملحق ٣: سحب المحطة من العمل

إغلاق المحطات النووية وسحبها اجتذبا اهتمام الجمهور بشكل واسع في السنوات الأخيرة حيث قاربت المفاعلات على نهاية فترة حياتها، وتصاعدت تكاليف السحب المتوقعة، وظهرت نقاط الضعف في الخطط التي كانت تهدف إلى توفير الموازنات للقيام بهذا العمل.

وعادة ما يتم تقسيم عملية السحب إلى ثلاث مراحل. في المرحلة الأولى، تتم إزالة الوقود وتأمين المفاعل. ويتبين الوقت اللازم لإزالة الوقود حيث المحطات التي تتزود في الوقود وهي غير دائرية تستغرق وقتاً أقل بقليل (مثل مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء المغلي). ويتم تصميم هذه مقابيل نحو ثلث الوقود الذي يجب استبداله في عملية إغلاق سنوية لبضعة أسابيع. والمفاعلات التي تتزود بالوقود وهي دائرية مثل (AGR; Candu) تستغرق وقتاً أطول لأن آلة التزود بالوقود مصممة لتقوم باستبدال متواصل لنسب صغيرة من الوقود، بينما يكون المفاعل دائراً. وهذا يتطلب آلات حساب دقيق تعمل ببطء، وبهذا قد تستغرق عملية إزالة المحول الكامل سنوات عدة. وعندما تتم إزالة الوقود ولا يعود المفاعل يشكل خطراً حرجاً، وتكون الغالبية العظمى من الإشعاعية والنفايات كافة ذات درجة المخاطرة العالية قد أزيلت. وحتى اكتمال هذه المحطة، يجب أن يبقى كامل موظفي المحطة فيها كما لو كانت دائرية. ولهذا، فإن هناك دافع اقتصادي قوي لاستكمال المرحلة الأولى بأسرع وقت ممكن، ولكي تكون المرحلة الأولى مكتملة في أي حال من الأحوال بأسرع وقت ممكن، يجب أن يتمشى هذا مع درجة السلامة. وبعبارات تكنولوجية، فإن المرحلة الأولى بسيطة؛ فهي في جملها تواصل للعمليات التي كانت تتم بينما

وصفر بعد ذلك، بينما اقترضت (BNFL) معدل حسم بنسبة ٢,٥٪ إلى ما لا نهاية. وفي ٢٠٠٤/٢٠٠٣ رفعت برتش إنرجي معدل الحسم لديها إلى ٣,٥٪.

وإذا افترضنا أن إجمالي تكلفة سحب المحطة من الخدمة هو ١,٨ مليار دولار، مقسمة على المراحل حسب ما سبق، حيث يتم تنفيذ المرحلة الأولى فوراً بعد الإغلاق، والمرحلة الثانية بعد ٤٠ سنة، والمرحلة الثالثة بعد ١٣٥ سنة، فإن التكلفة قبل الحسم وبعده هي كما تظهر في الجدول ١٣.

### الجدول ١٣: توضيح تكاليف سحب المحطة من الخدمة (مليون جنيه إسترليني)

المرحلة الأولى	قبل الحسم	برتش إنرجي (3٪)	برتش إنرجي (3.5٪)	BNFL (2.5٪)
300	300	300	300	300
600	184	151	223	223
1,200	113	76	41	41
1,800	597	527	574	574

المصدر: حسابات المؤلف.

جنيه إسترليني في مخصصات المحاسبة المحببة من المستهلكين، ولكن الشركة بيعت لقاء ثلث قيمة أصولها، مما يعني خسارة ثلثي المخصصات. ولم تحول الحكومة أيأً من محصلات البيع للشركة التي ورثت محطات الطاقة النووية، ما يعني خسارة باقي المخصصات.

والمهنية التي تبدو أكثر مصداقية هي الموازنة المنفصلة. وبموجب هذه المهنية، يحدد المستهلكون مخصصات طوال فترة حياة المحطة، ويتم إيداعها في موازنة لا يكون لمالك المحطة إمكانية النفاذ إليها، ويتم إدارتها بشكل مستقل. ويتم استثمار الأموال في استثمارات آمنة جداً لتخفيض احتمال خسارة التمويل إلى الحد الأدنى. وقد لا يكون العائد من تلك الاستثمارات يزيد على فائدة قدرها ٢٪. وعندما يتم سحب المحطة من الخدمة، فإن الشركة المالكة للمحطة يمكنها السحب من هذه الموازنة المنفصلة. ومرة أخرى هناك مخاطر كما تجلى من التجربة البريطانية. فقد خصصت برتش إنرجي موازنة لتغطية المرحلة الأولى -وهي بلا منازع المرحلة الأكثر كلفة في حسابات الحسم (نحو النصف)- في حين أن الشركة انهارت قبل وقت طويل من انتهاء العمر الافتراضي للمحطات. وكان لا بد من تدخل الحكومة لإنقاذ الشركة، وسيتم تحمل جزء كبير من عبء سحب المحطة من الخدمة من قبل دافعي الضرائب في المستقبل، الذين سيطلب منهم توفير الأموال عندما يتم تنفيذ عملية السحب من الخدمة.

وقد يكون النهج الأقل مخاطرة، من حيث عدم كفاية المخصصات، هو إنشاء صندوق موازنة منفصلة عند بدء تشغيل المحطة موازنات كافية لدفع تكاليف سحب المحطة من الخدمة بعد اكتمال عمر المحطة حسب تصميمها. وإذا افترضنا أن فترة الحياة (العمر الافتراضي) هي ٣٠ سنة، وكان معدل الحسم هو ٢٪، فإن المبلغ المطلوب سيكون ٤٠٪ من المبلغ قبل الحسم. وبهذا إذا كانت تكاليف سحب المحطة دون احتساب الحسم تقدر بنحو ٢٥٪ من تكاليف البناء، فإن المبلغ الذي ينبغي إيداعه في صندوق الموازنة المخصصة يصل إلى ١٠٪

المحطة من الخدمة قد يكون السدس للمرحلة الأولى، والثلث للمرحلة الثانية، والنصف للمرحلة الثالثة. وقد تم الطلب من برتش إنرجي أن تدير موازنة «منفصلة» لدفع عملية سحب محطاتها من الخدمة، على الرغم من أنه كان من المتوقع أن يتم تمويل المرحلة الأولى من تدفقات النقد. و(BNFL)، المالكة لمحطات ماغونوكس حتى تم نقلها إلى سلطة السحب من الخدمة النووية في نيسان ٢٠٠٤، هي ملكية عامة، وسياسة الخزنة هي عدم السماح بالموازنات المنفصلة للشركات المملوكة ملكية عامة. وافترضت برتش إنرجي معدل حسم بنسبة ٣٪ للسنوات الثمانين الأولى،

من المتوقع أن تكون المفاعلات البريطانية المبردة بالغاز مكلفة في عملية السحب من الخدمة نظراً لبنيتها المادية الضخمة، التي تنتج كمية كبيرة من النفايات. أما مفاعلات الماء المضغوط والمغلي، فهي أصغر حجماً، وربما تكلف ثلث المبلغ -مثلاً، من المتوقع أن يكلف (Sizewell B) ما مجموعه ٥٤٠ مليون دولار.

ويتم استخدام وسائل عدة، حسب شروط مبدأ «الموت يدفع»، بحيث يقوم مستهلكو الكهرباء المنتجة بالدفع لقاء سحب المحطة من الخدمة. ومهما كانت المهنية المستخدمة، إذا كان هناك تخبس في احتساب قيمة سحب المحطة من الخدمة، فإنه سيكون هناك دائماً عجز في الموازنات يتوجب في كل الأحوال تحميله على حساب دافعي الضرائب في المستقبل. وفي بريطانيا نمت التكاليف المتوقعة لسحب محطات ماغونوكس من الخدمة بمعامل يقدر بنحو أربعة أضعاف ما قدرت عليه خلال العشرين سنة الماضية، حتى قبل البدء بأي من الأعمال التي تنطوي على الكثير من التحديات.

والمهنية الأقل مصداقية في جمع الموازنات هي منهجية المحاسبة غير المخصص موازنة لها، حيث تحدد الشركة مخصصات محاسبة لعملية السحب من الخدمة. وتتم جباية المخصصات من المستهلكين، ولكن لا يتم عزلها بأي طريقة كانت عن إيرادات الشركة الأخرى. وتكون الشركة حرة في استثمارها بأي طريقة تراها مناسبة، وتشكل تلك المخصصات حصة من أصول الشركة، ولا يكون هناك أي مبلغ مرصود أو أصول مكرسة لتغطية تكاليف السحب من الخدمة. ويمكن الاعتماد على هذه المهنية فقط إذا ظلت الشركة قائمة حتى اكتمال عملية السحب من الخدمة، وإذا حققت الأصول التي تبنيها معدل عائد لا يقل عن المعدل المقترض. وقد تجلت نقطة ضعف هذه المهنية عندما تم تخصيص مجلس إدارة شركة توليد الكهرباء المركزية، وهي الشركة التي كانت تمتلك محطات الطاقة في إنجلترا وويلز سنة ١٩٩٠. وكان قد تم تخصيص نحو ١,٧ مليار

مفاعلين من طراز (AP1000) وكان على القائمة النهائية لسلطة الطاقة الأمريكية للتأهل لضمانات القروض. وكانت الشركة قد قدرت تكاليف بناء محطتي سمر وحدهما - بدون رسوم التحويل والتمويل - بـ ٩,٨ مليار دولار في حزيران ٢٠٠٨.٤ ولكن في كانون الثاني ٢٠٠٩، زادت الشركة التقديرات الخاصة بحصتها البالغة ٥٥٪ من ٤,٨ مليار دولار إلى ٦,٣ مليار دولار، ما يرفع التكلفة الإجمالية إلى ١١,٥ مليار دولار.٥ وقد وصف هذا على أنه سعر «شامل» ومفترض أن يشمل تكاليف التمويل.

## يونستار (Unistar)

تجمع يونستار هو استثمار مشترك لـ (Constellation Energy)، و(Baltimore Gas & Electricity)، وشركة الكهرباء الفرنسية، تشكل سنة ٢٠٠٧. ثم استحوذت شركة الكهرباء الفرنسية على حصة (Constellation Energy) البالغة ٤٩,٩٪ من الأصول النووية القائمة. ويضم يونستار ثلاثة مشاريع: Calvert Cliffs (Maryland), Nine Mile Point (New York), and Elmore (Idaho)، وكلها لمفاعلات (EPR) ذات الوحدة الواحدة. والمشروع الأكثر تقدماً من بين هذه المشاريع الثلاثة هو كالفيرت كليفس، الذي كان في القائمة النهائية من المؤهلين لضمانات القروض. ولن يتم التقدم بالمشروعين الآخرين: ناين مايل بوينت والمور قبل أن يلوح في الأفق احتمال للحصول على ضمانات للقروض. وفي كانون الأول العام ٢٠٠٩، طلبت يونستار من هيئة المراجعة النووية تعليق طلبها للحصول على رخصة مدمجة للبناء والتشغيل لمشروع ناين مايل بوينت.٦ ومشروع المور في مرحلة أقل تقدماً من مشروع ناين مايل بوينت. وفي نيسان العام ٢٠٠٩، قال رئيس يونستار أن (Constellation) لم تعلن عن التكلفة التقديرية لمشروع (Calvert Cliffs) وأن هذه الأرقام سرية.٧

## (NRG)

مشروع جنوبي تكساس هو مشروع لوحدتي (ABWR) مورد من قبل توشيبا، التي حلت محل (GE-Hitachi) كبائع للتصميم ذاته في سماته الأساسية، وذلك في آذار العام ٢٠٠٨. وهو المشروع الوحيد الذي يشير إلى تصميم (ABWR). على الرغم من أن بعض المشاريع التي تشير إلى تصميم (ESBWR) قد تحول إلى (ABWR). وقد وضع على القائمة النهائية المؤهلة لضمانات القروض التي توفرها سلطة الطاقة الأمريكية. وقد اجتذب هذا المشروع دعاية كبيرة في نهاية العام ٢٠٠٩، حيث كانت شركة نينا (Nuclear Innovation North America – NINA) - وهي استثمار

من تكاليف البناء. وحتى هذه الخطة غير ملائمة إذا لزم إغلاق المحطة مبكراً، أو إذا كان هناك تقليل في تقدير تكاليف سحب المحطة من الخدمة، أو إذا لم تحقق الموازنات المخصصة معدل العائد المتوقع.

والاستنتاج العام إذاً هو أن تكاليف سحب المحطات من النووية من الخدمة قد تكون مرتفعة للغاية. ولكن حتى في ظل خطط توفر أقل قدر من المخاطرة من عدم توفر الموازنات الكافية لدفع تكاليف السحب من الخدمة عند الحاجة لها، إذا ما تم احتساب التكاليف بدقة، فإن الأثر على التكلفة الإجمالية سيبدو محدوداً بسبب أثر عملية الحسم.

## الملحق ٤: وضع المشاريع الأمريكية

### شركة الجنوب

يبدو أن مشروع فوغتل هو الأكثر تقدماً من مشاريع برنامج ٢٠١٠ للمحطات النووية. وفي كانون الأول العام ٢٠٠٩، اعتبر مشروع فوغتل (جورجيا) الذي يشمل مفاعلين من طراز (AP1000) هو المرشح الأول للحصول على ضمانات القروض التي ستوفرها الحكومة الأمريكية. ولكن المفارقة هي أن وحدتين سابقتين من مشروع فوغتل، كان قد تم بناؤهما في الثمانينيات، وكانتا من بين أسوأ حالات تصاعد التكاليف في حينها. بداية، كان من المتوقع أن تكون التكلفة ٦٦٠ مليون دولار لأربع وحدات، ومن ثم تصاعدت لتصل إلى ٨,٨٧ مليار دولار للوحدتين اللتين بنيتا بالفعل.

وأصدرت هيئة المراجعة النووية لشركة الجنوب تصريحاً يسمح بالبدء بعمليات بناء محدودة، مثل الطعم الداعم، والجدران الاستنادية، وتجهيزات منع تسرب المياه في موقع فوغتل النووي.٨ كما أصدرت هيئة المراجعة النووية تصريحاً مبكراً للموقع لشركة الجنوب، يحدد أن الموقع مناسب بيئياً لمفاعلات جديدة ويصادق على خطط الطوارئ. وقبلت هيئة الخدمات العامة في جورجيا طلب جورجيا بور، المالكة لـ ٤٤,٧٪ من المشروع، لاسترداد تكاليف التمويل لحصتها البالغة ٦,٤ مليار دولار من المشروع النووي، وقدرته ٢٢٢٤ ميغاواط، من خلال «أعمال البناء قيد التنفيذ» ابتداءً من العام ٢٠١١.٩ وضمان استرداد الكلفة يعني أن شركة الجنوب قد ادعت أنها سوف تباشر بالبناء حتى لو لم تتلق ضمانات القروض. كما قللت من التكاليف المتوقعة لحصتها، بما في ذلك تمويل يصل إلى ٤,٥٢٩ مليار دولار، أو ما مجموعه ٩,٩ مليار دولار.١٠

### شركة ساوث كارولينا للكهرباء والغاز

كحال مشروع فوغتل، فإن مشروع سمر (ساوث كارولينا) يشمل

- 1) Greenwire, "NRC Grants 'Limited Work' Approval for Proposed Ga. Reactors," August 27, 2009.
- 2) Platts Global Power Report, "Georgia PSC Approves Two Nuclear Reactors by Georgia Power, and a Biomass Conversion," March 19, 2009.
- 3) Nucleonics Week, "Georgia Power Lowers Estimate."
- 4) Nuclear Engineering International, "Power Market Developments – The American Way," June 2008.
- 5) SNL Power Week (Canada), "SCE&G Discloses New Costs for Summer Nuke Expansion," January 5, 2009.
- 6) Nucleonics Week, "UniStar Puts Further Hold on Nine Mile Point-3," December 10, 2009.
- 7) Daily Record (Baltimore), "Constellation Energy CEO: French Firm Won't Influence Baltimore Gas & Electric Co.," April 28, 2009.

## (Dominion)

مشروع نورث أنا (North Anna) هو الأول الذي تم الإعلان عنه، وقد كان من المتوقع أصلاً أن يستخدم التصميم الكندي (ACR-700). ولكن في العام ٢٠٠٥، أعلنت دومينيون تخليها عن التصميم (ACR-700)، مستبدلة إياه بتصميم (ESBWR). وفي كانون الثاني ٢٠٠٩، أعلنت دومينيون أنها لم تستطع الاتفاق على الشروط مع (GE-Hitachi) لتزويد المحطة. وأعلنت دومينيون أنها سوف تلجأ «لاستخدام عملية تنافسية» لتري إذا ما كان بإمكان البائعين توفير مفاعل (North Anna-3) «بحيث يكون مرخصاً ومبنيًا بشروط تقبلها الشركة». ومن المتوقع أن تتخذ دومينيون قرارها بشأن الجهة الموردة في نهاية الربع الأول من العام ٢٠١٠.

## (Entergy)

في شباط العام ٢٠٠٩، طلبت إنترجي من هيئة المراجعة النووية تعليق مراجعاتها لطلباتها بتصميم (ESBWR) في غراند جولف (تكساس) وريفر بيند (لويزيانا) بسبب مخاوفها بشأن ارتفاع الأسعار<sup>١</sup>. وقد قال رئيس إنترجي ومديرها التنفيذي جايمس ليونارد إن الشركة «قد تعرضت لصدمة كبيرة» في مفاوضاتها بشأن عقد هندسة وشراء وبناء مع (GE Hitachi) لتصميم (ESBWR)، لأن السعر ارتفع إلى نحو ١٠ مليارات دولار، وهذا ما سمته أكثر بكثير من توقعات التكلفة الأصلية<sup>٢</sup>.

## (Duke Energy)

مشروع دوك لي (ساوث كارولينا) هو لوحدي (AP1000). وفي أيلول العام ٢٠٠٩، قالت دوك إنها توقعات البدء في العمل في الوحدة الأولى في العام ٢٠٢١، وفي الوحدة الثانية في العام ٢٠٢٣؛ أي بعد ثلاث سنوات مما كان مخططاً له أصلاً<sup>٣</sup>. وقدرت دوك إنترجي في تشرين الثاني العام ٢٠٠٨ أن تكلفة القروض الآمنة قصيرة الأجل لمحطة لي ذات الوحدتين ستبلغ ١١ مليار دولار، وهو ما يوازي ضعف التقدير السابق<sup>٤</sup>.

## (Progress Energy)

مشروع هاريس (نورث كارولينا) ومشروع ليفي (فلوريدا)

مشترك مملوك بحصة ٨٨٪ من قبل (NRG)، و ١٢٪ مملوك لتوشيا- تمتلك ٥٠٪ من مشروع جنوب تكساس، بينما (CPS)، المملوكة لمجلس بلدي سان أنتونيو، مالكة للنصف الآخر من المشروع. ومع ذلك، ففي تشرين الثاني العام ٢٠٠٩، أعلنت (CPS) عن رغبتها في تخفيض حصتها من الأسهم إلى ما بين ٢٠ - ٢٥٪. وفي كانون الأول من العام نفسه كانت تدرس إمكانية الخروج من المشروع بشكل نهائي. وحدث ذلك بعد ما تبين أن توشيا (البائع) قدمت تقدير تكلفة للمشروع الموسع أعلى بمبلغ ٤ مليارات دولار عن التقدير الذي كان بـ ١٣ مليار دولار، والذي طرحته (CPS) على المسؤولين في البلدية. ورفعت (CPS) دعوى في ٦ كانون الأول تطلب فيها من المحكمة توضيح حقوقها إذا ما انسحبت من الصفقة. وتساعد النزاع في ٢٣ كانون الأول عندما رفعت (NINA) دعوة تتهم فيها (CPS) بانتهاك العقد، ويجب أن تخسر مئات ملايين الدولارات التي كانت قد استثمرتها. ورفعت (CPS) دعوى مضادة بعد بضع ساعات تطالب فيه بتعويض قدره ٣٢ مليار دولار، مدعية أن (NRG) وتوشيا قد خدعنا (CPS) للانضمام للمشروع من خلال «سلوك مضلل ومشين وغير قانوني»، ومن ثم حاولت إخراج (CPS). وفي تشرين الأول العام ٢٠٠٩، تبين أن تقدير تكلفة وحدتي (ABWR) في جنوب تكساس هو نحو ١٧ مليار دولار، بما في ذلك التمويل. ولم تتوفر أي تقديرات محدثة دون تكاليف التمويل.

## (TXU Energy)

يعتبر مشروع كومانش بيك (تكساس) [Commanche Peak (Texax)] المشروع الوحيد لتصميم (APWR). وقد كان الأول الذي وضع على قائمة المشاريع المؤهلة لضمانات القروض، ولكنه تعرض لاحقاً لتخلف أولي. ولم يتم نشر أي تقديرات لتكلفة البناء في مشروع كومانش بيك.

## (Exelon Corporation)

في تشرين الثاني العام ٢٠٠٨، تخلت إكسلون نهائياً عن (ESBWR) في موقع فيكتوريا (تكساس)، حيث كانت هناك خطط لوحدين، وقد قيل إنها كانت تبحث عن تصاميم بديلة<sup>٥</sup>. وفي حزيران العام ٢٠٠٩، أعلنت إكسلون أنها سوف تؤجل مشروع فيكتوريا لعشرين سنة قادمة، على الرغم من أنها كانت تواصل عملية الحصول على ترخيص مبكر للموقع<sup>٦</sup>.

1) Nucleonics Week, "NRG 'Perplexed' as CPS Explores Exiting Plan for New Texas Reactors," December 10, 2009.

2) San Antonio Express, "Mayor Calls for Meeting of Reactor Partners," January 5, 2010.

3) Nucleonics Week, "Exelon Drops ESBWR, Looks at Other Reactor Designs for Its Texas Project," November 27, 2008.

4) Greenwire, "Exelon Suspends Plans for Texas Plant," July 1, 2009.

5) Nuclear News, "Sales Talks Stall with Entergy, Dominion," February 2009.

6) Nucleonics Week, "Entergy Revises Construction Plans, Looks again to Acquisitions," February 26, 2009, p. 1.

7) Nucleonics Week, "ESBWR Design Certification Rule To Be Completed in September 2011," November 12, 2009.

8) Nucleonics Week, "Duke May Push Back Startup of Lee Units," September 10, 2009.

9) WNN, "Duke Raises Cost Estimate for Lee Plant," November 7, 2008.

## (Amarillo Power)

مشروع أماريلو يشمل وحدتي (EPR)، وهو استثمار مشترك مع يونستار، وفي هذه الحالة، مع أماريلو بور. ولم يتم التقدم بطلب بعد لرخصة بناء وتشغيل مدمجة حتى نهاية العام ٢٠٠٩.

## (FPL)

مشروع تيركي بوينت هو مشروع لوحدتي (AP1000). وفي تشرين الثاني العام ٢٠٠٩، صادقت هيئة الخدمات العامة في فلوريدا (هيئة تنظيم الخدمات العامة في الولاية) على (FPL) موافقة على أن تبدأ الشركة بجمع تكاليف البناء لهاتين الوحدتين من المستهلكين في العام ٢٠١٠. وقد وافقت الهيئة على قيام (FPL) باسترداد ٦٢,٧ مليون دولار من تكاليفها<sup>١</sup>. وأخبرت (FPL) هيئة الخدمات العامة في فلوريدا بأنها تتوقع أن تكون تكاليف البناء مع قرض آمن قصير الأجل لموقع تيركي بوينت في حدود ٣,١٠٨ - ٤,٥٤٠ دولار/كيلوواط<sup>٢</sup>. ومع ذلك، قالت (FPL) في أيلول العام ٢٠٠٩، إن نطاق التكلفة المتوقع قد ارتفع من ١٢,١ - ١٧,٨ مليار دولار إلى ١٥ - ١٨ مليار دولار، ونتيجة لذلك، قد يتم تأخير تواريخ الانتهاء من العام ٢٠١٨ إلى العام ٢٠٢٠ كما أعلن سابقاً<sup>٣</sup>.

## (TVA)

سلطة تينيسي فالي تختلف بشكل كبير عن غيرها من الشركات الخدمية الأمريكية، لأنها مملوكة بنسبة ١٠٠٪ للحكومة الفيدرالية. ونتيجة لذلك، فهي لا تخضع للسلطات على مستوى الولايات كحال شركات الخدمات الأخرى. كما أن لديها إمكانية أكبر للوصول إلى رأس المال، ولا تخشى بشأن التصنيف الائتماني. ولهذا، هي لا تتطلب (ولا يمكن أن تتأهل) لضمانات الإقراض الفيدرالي. ولهذا، ليس بمحض الصدفة أنها كانت تتصدر جهود إعادة بدء الطلبات النووية. والافاق بالنسبة لوحدتي (AP1000) المخطط لهما في موقع بيلفونتي -واحدة من المشروع المعروف سابقاً تحت برنامج الطاقة النووية ٢٠١٠- قد شابتها الغيوم بفعل مشروع من سلطة تينيسي فالي لإكمال وحدتين تم فيهما البناء جزئياً، وكان

كلاهما لوحدتي (AP1000). ولم يتحقق تقدم بشأن الالتزام ببناء هذه الوحدات. وكانت الخطة المبدئية لـ«بروغرس» هي البدء بالتشغيل التجاري للأولى من وحدتي هاريس المخطط لهما في العام ٢٠١٩، والثانية في العام ٢٠٢٠. ولكن، مع تراجع الطلب عن التوقعات، فإن بروغرس يمكنها الاختيار بين أن تكون شريكة في مشروع دوك أو مشروع دومنيون. وقد تم تأخير توقيت محطات ليفي، حيث تأخر تاريخ الانتهاء من ٢٠١٦/٢٠١٧ إلى ٢٠١٩/٢٠٢٠<sup>٤</sup>. ومع ذلك، سمح لبروغرس إنرجي بأن تجمع ما يقارب ٢٠٧ ملايين دولار للبناء والأعمال المصاحبة له في ليفي-١ و-٢. وهذا تتم ترجمته إلى ٥,٨٦ دولار إضافية على المستهلك العادي<sup>٥</sup>. وفي شباط العام ٢٠٠٩، قدرت بروغرس أن تكلفة بناء ليفي ستكون ١٤ مليار دولار، مستثنية تكاليف النقل والربط التي تصل إلى ٣ مليارات دولار<sup>٦</sup>.

## (Ameren UE)

أعلنت (Ameren) أنها سوف تنسحب من مشروع (EPR) في كلاوي (ميسوري) نظراً لأن «التشريع الحالي لن يمنحنا اليقين المالي والتنظيمي اللازم لاستكمال هذا المشروع»<sup>٧</sup>.

## (DTE Energy)

مشروع (DTE Energy) هو لوحدة (ESBWR) في موقع فيرمي (متشيجان). وقد قيل إن التكلفة ستبلغ نحو ١٠ مليارات دولار، ولكن من غير الواضح ما الذي تغطيه هذه التكلفة<sup>٨</sup>.

## (PPL Corporation)

مشروع (PPL's Bell Bend) (بنسلفانيا) هو مشروع بوحدة (EPR) واحدة، وهو استثمار مشترك بين (PPL) وشريكها أونستار. ويشير موقع المشروع الإلكتروني إلى أن تكلفة المشروع ستكون بين ١٢ - ١٥ مليار دولار بما يشمل التصعيد وتكاليف التمويل والوقود النووي الأولي والطوارئ والاحتياطي<sup>٩</sup>.

1) Inside NRC, "Potential AP1000 Buyers Unsure If NRC Design Finding Will Cause Delays," October 26, 2009.

2) Nuclear News, "The Florida PSC Approved Rate Recovery for New Reactors," November 2009.

3) Nuclear News, "EPC Contract Signed for Two AP1000s," February 2009.

4) Ameren, "AmerenUE Requests Sponsors to Withdraw Missouri Clean and Renewable Energy Construction Bills in General Assembly," press release, April 23, 2009, <http://ameren.mediaroom.com/index.php?s=43&item=634>.

5) Tina Lam, "DTE Applies for Another Nuclear Plant," Detroit Free Press, September 19, 2008, <http://www.freep.com/apps/pbcs.dll?article?AID=20080919/NEWS05/809190398>.

6) <http://www.bellbend.com/faqs.htm>.

7) Nuclear News, "The Florida PSC Approved Rate Recovery for New Reactors," November 2009.

8) Tenders Info, "United States: Florida Nuclear Utilities Recover Expansion Costs," October 22, 2009.

9) Nuclear Engineering International, "Power Market Developments."

10) Nucleonics Week, "FP&L Continuing with Plans to Build Reactors, but May Change Schedule."

البناء للوحدات التي بنيت أجزاء منها، فإن استكمالها قد يكون طريقة أرخص لتلبية الطلب مقارنة مع بناء وحدة جديدة. وقدرت (TVA) تكاليف البناء بقروض قصيرة الأجل وأمنة لوحدتي (AP١٠٠٠) بقيمة ٥,٦ - ١٠,٤ مليار دولاراً<sup>١</sup>.

قد توقف في منتصف الثمانينيات. وفي كانون الأول العام ٢٠٠٩، نشرت السلطة بياناً بشأن الأثر البيئي لمختلف خططها التوسعية، ولكن لم يشمل أي منها وحدة (AP١٠٠٠) ثانية في بيلفونت، ولهذا يبدو أنه قد تم إلغاء الوحدة الثانية نهائياً<sup>٢</sup>. وإذا ما أعيد منح تصاريح

1) Nuclear News, "TVA Announced the Issuance of Its Bellefonte Draft EIS," December 2009.

2) Chattanooga Times, "Estimates Rise."