

# مفاعلات الجيل المقبل: أدوات مأمونة ومقتصدة للطاقة المستدامة

بقلم: ماثيو فيشر

وتأتي مع تصاميم المفاعلات المتقدّمة هذه إمكانية اضطلاع الطاقة النووية بدور موسّع. وحتى الآن، استُخدمت الطاقة النووية في المقام الأول لتوليد الكهرباء، ولكن هناك مجموعة واسعة من التطبيقات الأخرى غير الكهربائية التي يمكن أن يكون الجيل الجديد من المفاعلات مناسباً تماماً لها.

ويقول فرانسوا غاوشي، رئيس مجموعة سياسات المحفل الدولي للجيل الرابع من المفاعلات ومدير الطاقة النووية في المفوضية الفرنسية للطاقات البديلة والطاقة الذرية: "لا ينبغي أن تقتصر فوائد الطاقة النووية على إنتاج الكهرباء، بل ينبغي أن تستهدف أيضاً تطبيقات أخرى، مثل إنتاج الحرارة. ويتمثل مفهوم المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية في السعي إلى توفير وحدات أصغر حجماً، والبناء وفق مبدأ الوحدات النمطية، وتبسيط التصميم، والأمان المجرب وذلك من أجل إضافة المرونة وتيسير اتخاذ قرار الاستثمار".

وثمة عدّة بلدان بصدد تطوير وتصميم الجيل التالي من المفاعلات، وقد بدأت بالفعل أعمال البناء على أربعة مفاعلات صغيرة ومتوسطة الحجم أو نمطية في الأرجنتين والصين وروسيا.

## مفاعلات ابتكارية من أجل طاقة مستدامة

تشهد الصين في الوقت الراهن تشييد أكثر المفاعلات المبرّدة بالغاز تقدّماً حتى اليوم، وهو المفاعل الأكثر تقدّماً المبرّد بالغاز حتى الآن والمفاعل المرتفع

يمكن أن تستفيد الصناعة النووية من جيل جديد من المفاعلات المصمّمة لإنشاء محطات قوى نووية تتّسم، في جوهرها، بأنها أكثر أماناً وأكثر كفاءة. وقد تسهم هذه المفاعلات في تطوير طاقة نووية أكثر استدامة ويمكن استخدامها أيضاً في مجموعة متنوّعة من التطبيقات الصناعية.

## مفاعلات متقدّمة بخصائص أداء وأمان فريدة

الجيل التالي من المفاعلات مصنّع لتلبية العديد من المعايير في الأداء والأمان والموثوقية. والمفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية، على سبيل المثال، هي مفاعلات متقدّمة يمكنها توليد ما يصل إلى ٣٠٠ ميغاواط من الكهرباء ويمكن نقل أجزائها إلى مواقع التركيب كوحدات نمطية مصنّعة مسبقاً.

وقال ستيفانو مونتني، رئيس قسم تطوير تكنولوجيا القوى النووية في الوكالة الدولية للطاقة الذرية: "بفضل نموذج البناء الجاهز وحجمه الأصغر، تقلّ التكلفة الرأسمالية للمفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم عن تكلفة المفاعلات الكبيرة الاعتيادية التي هي قيد الإنشاء أو قيد التشغيل. ومن المتوقع أيضاً أن تكون فترة البناء أقصر حيث إنّ الوحدات النمطية مصنّعة مسبقاً ومن ثمّ يتمّ جلبها إلى موقع التركيب لبنائها. كذلك فإنّ المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية، في جوهرها، أقلّ عرضة للحوادث العنيفة، لأنّها مصمّمة لخفض تواتر تلف قلب المفاعل".

"يتمثّل مفهوم المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية في السعي إلى توفير وحدات أصغر حجماً، والبناء وفق مبدأ الوحدات النمطية، وتبسيط التصميم، والأمان المجرب وذلك من أجل إضافة المرونة وتيسير اتخاذ قرار الاستثمار".

— فرانسوا غاوشي، مدير الطاقة النووية، هيئة الطاقة الذرية الفرنسية

## مفاعلات المستقبل

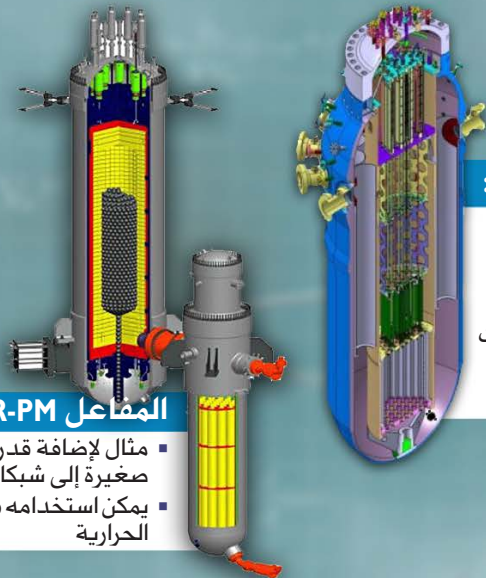


### المفاعل KLT-40S:

- مفاعل قوى عائم
- يمكن نقله إلى مناطق نائية لتوفير التدفئة والكهرباء

### المفاعل HTR-PM:

- مثال لإضافة قدرات إضافية صغيرة إلى شبكات الكهرباء
- يمكن استخدامه في التطبيقات الحرارية



### المفاعل CAREM:

- مفاعل ماء مضغوط مدمج
- يستخدم عناصر الأمان التي لا تتطلب مدخلات من موظفي المفاعل

## المرأة في المجال النووي

### باتريشيا بافيت

مديرة، مكتب المواد والتكنولوجيات الكيميائية، وزارة الطاقة في الولايات المتحدة



تشرف الدكتورة بافيت على أنشطة البحث والتطوير المتعلقة بالمرحلة الختامية من دورة الوقود النووي، التي تشمل استعادة المواد ووضع أشكال النفايات، وحماية المواد، والمساءلة، وتكنولوجيا المراقبة. وقبل انضمامها إلى وزارة الطاقة الأمريكية، شغلت بافيت منصب نائب مدير معهد علوم وتكنولوجيا الطاقة النووية لشؤون بحوث دورة الوقود والتعليم في مختبر أيداهو الوطني، حيث كانت مسؤولة عن تعزيز وتوسيع شراكات الجامعة في مجالات مثل علم الأكتينيدات، وعمليات الفصل، والضمانات والأجهزة. وتشغل الدكتورة بافيت أيضاً منصب رئيس المحفل الدولي للجبل الرابع من المفاعلات – فرقة العمل المعنية بالتعليم والتدريب.

”تعتمد متانة وازدهار واستدامة دورة الوقود النووي في المستقبل على تكوين مهندسين نوويين متخصصين، وعلماء، وأخصائيي كيمياء إشعاعية. وهناك حاجة إلى أفكار جديدة وحلول ابتكارية أيضاً. وينبغي أن يكون التعليم والتدريب من الأولويات، ليس فقط للتصدي للتحدي المتمثل في الحفاظ على قوة عاملة متمكنة وجيدة التعليم فحسب، بل أيضاً لمواكبة النمو المتوقع في هذا المضمار.“

من المؤتمرات بشأن تكنولوجيات المفاعلات الجديدة تحقيقاً للتنمية المستدامة. وفي حزيران/يونيه ٢٠١٧، عقدت الوكالة المؤتمر الدولي الثالث بشأن المفاعلات السريعة ودورات الوقود المتصلة بها، في بيكاترينبرغ، روسيا. وتجمع هذه الفعاليات مجموعة واسعة من المهنيين في هذا المجال لمناقشة أفضل السبل لتطبيق تصاميم مفاعلات جديدة لتوفير الطاقة النظيفة والمستدامة.

### تصاميم جديدة تسهم في التغلب على التحديات

على الرغم من أن المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية قد توفر العديد من الفوائد، لا تزال هناك بعض التحديات المرتبطة بتنفيذها. ويقول مونتي: ”نظراً إلى أنه لم يتم بعد نشر المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية المتقدمة، مازال يتعين علينا تعزيز بنية أساسية تنظيمية لمثل هذه المفاعلات. وهناك تحدٍ آخر هو وجود غرفة تحكم واحدة لجميع الوحدات النمطية ضمن مرفق المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية. وهذا لم يحدث من قبل، وإذا كان ناجحاً، يمكن أن يساعد في تبسيط العمليات التشغيلية للمفاعل.“ وأضاف مونتي قائلاً إنه على الرغم من أن ترخيص المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية قد يمكن أن يستغرق وقتاً أطول في البداية، فإنه ينبغي تسريع هذه العملية بشكل كبير بمجرد إرساء دعائم الأطر التنظيمية اللازمة.

الحرارة النمطي الحصري القاع (HTR-PM). وقال يولييانغ سون، معهد تكنولوجيا الطاقة النووية ومصادر الطاقة الجديدة بجامعة شينغوا، إن هذا المفاعل النمطي مصمم لتحقيق المستوى الأمثل من كفاءة الطاقة ويُعدُّ مثالاً لإضافة قدرات إضافية صغيرة إلى شبكات الكهرباء. كما أن هذا النوع من المفاعلات مناسب تماماً لتطبيق التوليد المشترك للطاقة والحرارة، وخاصة لتطبيق الحرارة عند مستويات أعلى من درجة الحرارة.

وأما الأرجنتين فماضية في تشييد مفاعل الماء المضغوط المدمج (CAREM). ومن المقرر أن يدخل طور التشغيل بحلول نهاية عام ٢٠١٨. ويدمج تصميم هذا المفاعل، وهو من فئة المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية، عناصر الأمان التي لا تتطلب مدخلات من موظفي المفاعل، بما في ذلك القدرة على الإغلاق تلقائياً في حال الكشف عن مشكلة ما في المفاعل.

وهناك حالة محدّدة للغاية هي المفاعل KLT-40S، وهو مفاعل قوى نووية عائم قيد الإنشاء في روسيا. ولمثل هذا النوع من المفاعلات تطبيقات محتملة في التدفئة والكهرباء وفي امدادات الطاقة للمستهلكين المعزولين في مناطق نائية. وأما المفاعل RITM-200، وهو أيضاً قيد الإنشاء في روسيا، فالهدف منه دفع سفينة كاسحة للجليد، ولكن يمكن أن يُستخدم مثل المفاعلات الصغيرة والمتوسطة الحجم أو النمطية المثبتة على اليابسة أو المحمولة على متن السفن من أجل توليد الحرارة والكهرباء.

### المفاعلات السريعة من أجل طاقة نووية أكثر كفاءة

المفاعلات السريعة مصممة لإنتاج طاقة أكبر بمعدل يتراوح بين ٦٠ و ٧٠ ضعفاً من اليورانيوم مقارنة بالجيل الحالي من المفاعلات الحرارية. ومن خلال إعادة تدوير الوقود المستهلك واستخدام النيوترونات ”السريعة“ (النيوترونات الناتجة عن الانشطار دون أن تتباطأ بفعل مُهدئ)، تتسم هذه المفاعلات بكفاءة عالية وتنتج نفايات نووية أقل بكثير، وقد تكون لها إمكانات كبيرة للتطبيقات غير الكهربائية للطاقة النووية، لا سيما بالنسبة للعمليات الصناعية.

والمفاعل السريع الوحيد المستخدم حالياً في الأغراض تجارية هو المفاعل BN-800 في روسيا. وتم وصل هذا المفاعل بالشبكة الكهربائية في كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٥، ويعمل على وقود خليط الأكسجين ويتسم بخصائص سلامة متقدمة. ويتسم المفاعل BN-800 أيضاً بكفاءة عالية في استهلاك الوقود.

ويقول فياتشيسلاف بيرشوكوف، نائب المدير العام في الشركة الحكومية للطاقة الذرية ’روزاتوم‘: ”يمثل المفاعل BN-800 خطوة أخرى نحو التسويق الكامل للمفاعلات السريعة التي ستتمكّن من التنافس مع مفاعلات الماء المضغوط من حيث التكلفة.“

وقد دأبت الوكالة على دعم التقدّم المحرّز في هذه التكنولوجيات الابتكارية، لا سيما باستضافة سلسلة