

# مفاعلات الطاقة النووية الصغيرة .. طاقة نظيفة وتكلفة قليلة

ا.د. عمر دسوقي

2022-04-27

في عالم ملتزم بشكل متزايد بخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري إلى الصفر بحلول عام 2050، يمكن أن تلعب الطاقة النووية دورًا مركزيًا في هذا الأمر. وفي معظم الخطط التي نظر فيها الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC) لإبقاء الاحترار العالمي أقل من 1.5 درجة مئوية، تم توقع زيادة حصة الطاقة النووية في توليد الكهرباء. ومع ذلك، فإن بناء محطة الطاقة النووية لا يسير على الطريق الصحيح بالتوازي مع الطموحات المناخية.

وفقًا لوكالة الطاقة الدولية والتي تعمل على الوصول إلى هدفها عام 2050 "صافي صفر"، والذي يلزم ذلك مضاعفة المعدل السنوي لإضافات القدرات النووية تقريبًا، وذلك يكاد يكون مستحيلًا على الأقل في الوقت الحالي. إذ إنه لا يستغرق الأمر ثماني سنوات فقط في المتوسط لبناء محطة للطاقة النووية، ولكن الأهم من ذلك أن الوقت هو الوقت الذي تستغرقه المحطة من حيث اتخاذ القرار والتشغيل، والذي من الممكن أن يتراوح من 10 إلى 19 عامًا. أضف إلى ذلك أيضاً العقبات التجارية الكبرى، في المقام الأول التكلفة الرأسمالية الكبيرة، خاصة عند مقارنتها بأنواع أخرى من محطات الطاقة مثل الفحم أو الغاز الطبيعي.

تنجم هذه التحديات عن حجم محطات الطاقة النووية وتعقيدها التقني. يمكن لنسخة أبسط وأصغر وأكثر مرونة من المحطة النووية التقليدية أن تسرع انتشارها بشكل كبير. هذا ما تحاول المفاعلات المعيارية الصغيرة الحجم (SMR) تحقيقه. التكنولوجيا واعدة، والاقتصاد يبدو جذابًا على الورق، لكن لم يتم اختبارها بعد على نطاق واسع. يمكن أن تواجه SMR أيضًا ردة فعل اجتماعية عنيفة، لأن الطاقة النووية هي مسألة خلافية حتى بين دعاة حماية البيئة. ومع ذلك، فإن أشد المؤيدين المتحمسين للمفاعلات الصغيرة والمتوسطة يأملون في إمكانية التغلب على هذه الشكوك.

على الرغم من مرور ما يقرب من 70 عامًا على بدء تشغيل أول محطة نووية في أوبنيسك "روسيا"، إلا أن الطاقة النووية اليوم تمثل 10 بالمائة فقط من

توليد الكهرباء في العالم. بعد أن بلغت ذروتها عند 18 في المائة من الكهرباء العالمية في عام 1996، أخذت الطاقة النووية في التدهور، مزاحمة بشكل أساسي بالغاز الطبيعي والطاقة المتجددة. في عام 1996، كانت الحصة الخاصة بهذين النوعين من الوقود 15 في المائة وواحد في المائة. اليوم هو 23 في المائة و 12 في المائة، على الرغم من أن الغاز الطبيعي في وضع لا يقارن مع الطاقة النووية عندما يتعلق الأمر بانبعثات غازات الاحتباس الحراري. وفي الوقت نفسه، لا يمكن للطاقة المتجددة أن تولد طاقة بنفس مستوى الطاقة النووية.

ومع ذلك، كانت السلامة مصدر قلق كبير. برغم أن الحوادث النووية عالمياً ليست متكررة، إلا أن وقوع حادث واحد يمكن أن يكون له عواقب وخيمة. كان من الصعب محو الكوارث النووية مثل حادثة جزيرة ثري مايل (الولايات المتحدة، 1979)، تشيرنوبيل (الاتحاد السوفيتي، 1986) وفوكوشيما (اليابان، 2011) من الذاكرة. كانت النتيجة زيادة تشديد اللوائح في صناعة شديدة التنظيم بالفعل. وربما تكون الطاقة النووية هي قطاع الطاقة الأكثر تنظيمًا. ومن الجدير بالذكر أن تلك العمليات تخضع لفحص دقيق في جميع مراحل سلسلة التوريد، من تعدين اليورانيوم إلى التخلص الآمن من النفايات المشعة. والتي تساهم في المدة الزمنية الطويلة وراء بناء محطات الطاقة النووية.

علاوة على ذلك، فإن تكاليف أي كارثة نووية باهظة للغاية بحيث لا توجد شركة تأمين خاصة على استعداد لتغطيتها. في حالة وقوع حادث، تتحمل الحكومة العبء، ويتم تحميل التكاليف على عاتق المجتمع. تكاليف الاستثمار مرتفعة، ويمكن بسهولة أن تصل إلى عشرات المليارات من الدولارات، مما يجعل الحصول على التمويل التجاري صعبًا وغالبًا ما يتطلب دعمًا كبيرًا من الدولة. ولا عجب أن 32 دولة فقط تستخدم الطاقة النووية. حيث تقوم الدول الخمس الأولى، بقيادة الولايات المتحدة بتوليد 71 بالمائة من قدرة الطاقة النووية العالمية. وحاليًا، تفكر حوالي 52 دولة في السعي وراء الطاقة النووية، ولكن من غير المرجح أن يتم تحقيق معظم هذه الخطط على أرض الواقع، وذلك نظرًا للعقبات القائمة.

**يأتي معظم إنتاج الطاقة النووية في جميع أنحاء العالم من عدد قليل جدًا من البلدان.**

مع تأسيس توليد الطاقة النووية منذ الخمسينيات من القرن الماضي، نما حجم وحدات المفاعل من 60 ميغاواط إلى أكثر من 1600 ميغاواط، في الوقت نفسه، كان هناك عدة مئات من مفاعلات الطاقة الأصغر التي تم بناؤها للاستخدامات العسكرية والبحرية (حتى 190 ميغاوات حراريًا) وكمصادر نيوترونية، مما أسفر عن خبرة هائلة ومترابطة في هندسة وحدات مفاعلات الطاقة الصغيرة.

تُعرّف الوكالة الدولية للطاقة الذرية المفاعلات الصغيرة بأنها أقل من 300 ميغاواط، وما يصل إلى 700 ميغاواط على أنها "متوسطة". وقد أشارت الوكالة الدولية للطاقة الذرية إليهما معًا على أنهما مفاعلات صغيرة ومتوسطة. المفاعلات المعيارية الصغيرة (SMRs) هي مفاعلات نووية متقدمة لها قدرة طاقة تصل إلى 300 ميغاواط لكل وحدة، وهو ما يمثل حوالي ثلث قدرة التوليد لمفاعلات الطاقة النووية التقليدية SMR، يمكن أن تنتج كمية كبيرة من الكهرباء منخفضة الكربون، **وخصائصها كما يلي:**

- صغيرة: ماديًا جزء صغير من حجم مفاعل الطاقة النووية التقليدي.
- معياري: يجعل من الممكن تجميع الأنظمة والمكونات في المصنع ونقلها كوحدة إلى الموقع للتركيب.
- المفاعلات: تسخير الانشطار النووي لتوليد الحرارة لإنتاج الطاقة.

### كيف تعمل المفاعلات المعيارية الصغيرة

تستخدم هذه الأنواع من المفاعلات حاليًا الانشطار النووي كأساس لإنتاج الطاقة. الانشطار النووي هو العملية التي يتم من خلالها انقسام نواة الذرة إلى نواتين أصغر حجمًا وأخف وزنًا. تطلق الذرة المنقسمة كميات كبيرة من الطاقة على شكل حرارة وإشعاع. يؤدي هذا إلى تفاعل متسلسل يحتاج إلى استمراره لتوليد الطاقة النووية.

تشمل التصميمات مفاعلات حرارية نيوترونية ومفاعلات نيوترونية سريعة. الفرق بين الاثنين هو السرعة التي تتدفق بها النيوترونات. تعتمد المفاعلات الحرارية النيوترونية على وسيط لإبطاء سرعة حركة النيوترونات واستخدام اليورانيوم في المقام الأول كمادة انشطارية. لا تستخدم مفاعلات النيوترونات السريعة وسيطات وتعتمد على قدرة الوقود النووي على امتصاص النيوترونات التي تنتقل بسرعات أعلى. عادةً ما تستخدم مفاعلات النيوترونات السريعة البلوتونيوم كمادة انشطارية. حتى الآن، تستخدم معظم المفاعلات النووية العاملة نهج النيوترونات الحرارية.

مثل المفاعلات النووية التقليدية، تستخدم المفاعلات المعيارية الصغيرة الطاقة الحرارية لتوليد الطاقة الكهربائية. على سبيل المثال، تقوم الطاقة الحرارية بتسخين الماء إلى بخار، والذي يقوم بعد ذلك بتشغيل التوربينات، لتوليد الطاقة الكهربائية.

### مزايا المفاعلات الصغيرة

ترتبط العديد من فوائد المفاعلات الصغيرة SMR بشكل أساسي بطبيعة تصميمها - الصغيرة والنمطية. نظرًا لصغر حجمها، يمكن تحديد مواقع SMR في أماكن غير مناسبة لمحطات الطاقة النووية الأكبر حجمًا. يمكن تصنيع الوحدات الجاهزة من SMRs ثم شحنها وتركيبها في الموقع، مما يجعلها ميسورة التكلفة في البناء أكثر من مفاعلات الطاقة الكبيرة، والتي غالبًا ما تكون مصممة خصيصًا لموقع معين، مما يؤدي أحيانًا إلى تأخيرات في البناء. توفر SMRs وفورات في التكلفة ووقت البناء، ويمكن نشرها بشكل تدريجي لتلائم الطلب المتزايد على الطاقة.

في المناطق الريفية والبعيدة التي تفتقر إلى خطوط كافية للنقل وسعة الشبكة، يمكن تثبيت SMR في شبكة موجودة أو خارج الشبكة عن بعد. نظرًا لإخراجها الكهربائي الأصغر، مما يوفر طاقة منخفضة الكربون للصناعة والسكان.

المفاعلات الصغيرة ستكون مناسبة بشكل أفضل للمناطق التي يتعذر الوصول إليها للحصول على طاقة نظيفة وموثوقة وبأسعار معقولة. علاوة على ذلك، يمكن أن تعمل المفاعلات الصغرى كمصدر طاقة احتياطي في حالات الطوارئ أو محل مولدات الطاقة التي غالبًا ما تعمل بالديزل، على سبيل المثال، في المجتمعات الريفية أو الأعمال التجارية البعيدة. ويهدف مطوروها إلى استخدام مثل هذه المفاعلات الصغيرة في المصانع الضخمة التي تحتاج إلى طاقة كبيرة وخفض التكاليف.

خفضت SMRs من متطلبات الوقود. قد تتطلب محطات توليد الطاقة التي تعتمد على SMR إعادة التزود بالوقود بشكل أقل تكرارًا، كل 3 إلى 7 سنوات، مقارنةً بما يتراوح بين سنة وستين للمحطات التقليدية. تم تصميم بعض SMRs للعمل لمدة تصل إلى 30 عامًا دون إعادة التزود بالوقود. علاوة على ذلك تعد المفاعلات المعيارية الصغيرة أكثر أمانًا بطبيعتها من المفاعلات الأكبر حجمًا لأنها تستخدم كميات أقل من الوقود ولديها الكثير من ميزات الأمان "غير الفعالة" والتي تقوم بغلق المفاعل تلقائيًا عند حدوث أي شيء غير متوقع، ودون تدخل بشري. متطلباتها أقل في الاحتياج إلى مياه التبريد - وبالتالي فهي مناسبة للمناطق النائية ولتطبيقات محددة مثل التعدين أو تحلية المياه. القدرة على إزالة وحدة المفاعل أو إيقاف التشغيل في الموقع في نهاية العمر الافتراضي.

ذكرت الوكالة الدولية للطاقة الذرية أن محطات الطاقة القائمة على SMRs قد تتطلب التزود بالوقود كل ثلاث إلى سبع سنوات، مقارنةً بسنة إلى سنتين للمحطات التقليدية. تم تصميم بعض SMRs للعمل لمدة تصل إلى 30 عامًا دون إعادة التزود بالوقود. يقلل إعادة التزود بالوقود من المخاطر الكامنة في نقل المواد المشعة.

## مستقبل المفاعلات المعيارية الصغيرة

تشارك كل من المؤسسات العامة والخاصة بنشاط في الجهود الرامية إلى جلب تكنولوجيا SMR لتؤدي ثمارها خلال هذا العقد. تنتج محطة Akademik Lomonosov الروسية، وهي أول محطة للطاقة النووية العائمة في العالم بدأت التشغيل التجاري في مايو 2020، الطاقة من محطتين صغيرتين صغيرتين بقوة 35 ميجاوات ولا تزال نماذج SMR أخرى قيد الإنشاء أو في مرحلة الترخيص في الأرجنتين، وكندا، والصين، وروسيا، وكوريا الجنوبية، والولايات المتحدة الأمريكية.

أكثر من 70 تصميمًا تجاريًا للمفاعلات الصغيرة يتم تطويرها حول العالم، تستهدف تلك التصميمات مخرجات متنوعة وتطبيقات مختلفة، مثل إنتاج الكهرباء وأنظمة الطاقة الهجينة والتدفئة وتحلية المياه والبخار للتطبيقات الصناعية. على الرغم من أن SMRs لديها تكلفة رأسمالية أقل مقدمًا لكل وحدة، إلا أن قدرتها التنافسية الاقتصادية لا يزال يتعين إثباتها عمليًا بمجرد نشرها.

وبالنسبة للأسواق، فإن المفاعلات النووية المعيارية جذابة بفضل مرونتها. وتواجه أوروبا ارتفاعًا مستمرًا في الطلب على الطاقة وستشهد ارتفاعًا في الطلب على الغاز بمقدار 150 مليار متر مكعب في السنوات الخمس المقبلة، وهو ما يقرب من ضعف كمية الغاز التي تستهلكها حاليًا. إن "أحد إغراءات الطاقة النووية هو تكلفة الوقود التي لا تشكل سوى حوالي 10% من تكلفة إنتاج الطاقة، وبالتالي فإن إمدادات الطاقة ليست مستقرة فحسب، بل التكلفة أيضا. المشكلة في الغاز هي أن تكلفة الوقود تشكل حوالي 70% من تكلفة إنتاج الطاقة، بحيث إذا تضاعفت أسعار الغاز "وهو ما سيحدث" فإن تكلفة الطاقة ترتفع بنسبة 70%. ولا توفر الطاقة النووية مصدر طاقة ثابتًا عند الطلب فحسب، بل توفر أيضا استقرارًا في الأسعار أيضا.

ثمة تحديان رئيسيان أمام الطاقة النووية وهما التكلفة والحجم، والفكرة التي تقف وراء المفاعل المعياري الصغير هي أنه يسهل تمويل بناء عدد من المفاعلات الصغيرة، إذ يكلف كل نموذج منها بضع مئات من ملايين الدولارات بدلا من المليارات. يعطي إنتاج عشرة نماذج من المفاعل المعياري الصغير 100 ميغاواط للنموذج الواحد، ويتيح التحكم بشكل أكبر في إمدادات الطاقة مقارنة بمحطة واحدة تنتج 1 غيغاوات.

وتعد المفاعلات المعيارية الصغيرة امل كثير من البلدان النامية إذ يمكن لأي بلد نامي ان يكون قادرا على تشغيل أي عدد من المفاعلات النووية المعيارية الصغيرة، التي يمكن تنصيب الواحد منها في مساحة ملعب كرة قدم، وتمتد شبكة خطوطها وشبكاتها الكهربائية بين 10 و20 كم، ولا تحتاج إلى الاتصال بشبكة وطنية كبيرة. هذا وقد أدرك الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة ودول

أخرى أنه لا يمكن تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون إلا من خلال نشر الطاقة النووية على نطاق واسع، في جميع أنحاء العالم. هذا وقد قام جهاز قطر للاستثمار بشراء 10% من شركة رولز رويس البريطانية المتخصصة في إنتاج الطاقة النووية منخفضة الكربون من خلال تصنيع المفاعلات المعيارية الصغيرة.

تواصل مع الكاتب: [omardesouky@yahoo.com](mailto:omardesouky@yahoo.com)

الآراء الواردة في هذا المقال هي آراء المؤلفين وليست، بالضرورة، آراء منظمة المجتمع العلمي العربي

يسعدنا أن تشاركوا آرائكم وتعليقاتكم حول هذه المقالة عبر التعليقات المباشرة بالأسفل أو عبر وسائل التواصل الإجتماعي الخاصة بالمنظمة

[src=](#) [src=](#) [src=](#) [src=](#) [src=](#) [src=](#)