IAEA
الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الطاقة النووية في نظم القوى القادرة على تحمّل تغيُّر المناخ

"بسبب الظروف الجوية القاسية المتكررة أكثر فأكثر وحصص توليد الطاقة المتجددة المتزايدة بسرعة، تُعطى أهمية متزايدة لمصادر الطاقة القادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ. ووجود أساس متنوع وقادر على التحمُّل للطاقة المستمدة من مصادر الطاقة الخالية من الكربون مثل الطاقة النووية والطاقة الكهرومائية والطاقة الحرارية الأرضية وغيرها من المصادر سيكون له دور مهم في استيعاب مصادر الطاقة المتجددة وإزالة الكربون بنجاح من نظم الطاقة العالمية"[1].

المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

تعتبر موجات الحر الشديد، وهطول الأمطار الغزيرة، والجفاف، والفيضانات الساحلية والنهرية، والأعاصير المدارية عوامل ستجعل عملية تصميم وتنفيذ خطط النظم القادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ بالنسبة لنظام الطاقة العالمي مسألة أكثر تعقيداً، ولكنها كلها ضرورية للغاية.

يمكن للطاقة النووية أن تسهِّل دمج حصص عالية من مصادر الطاقة المتجددة وأن تدعم أمن الطاقة على المدى الطويل. وقدرة الأسطول النووي العالمي على تحمُّل تغيُّر المناخ تجعله مصدراً مكمِّلاً ممتازاً لمصادر الطاقة الأخرى المنخفضة الكربون مع تزايد مخاطر المناخ.

وقليلة هي الانخفاضات في الناتج النووي بسبب توافر مياه التبريد وغير ذلك من الظواهر المناخية — ففي عام 2022 مثَّلت هذه الخسائر في الطاقة 0,3٪ من توليد الطاقة النووية في العالم. وتُظهر البيانات التاريخية أن الظواهر العنيفة مثل موجات الحر والعواصف والجفاف لها تأثير ضئيل في عمليات تشغيل المحطات النووية، مما يجعل الطاقة النووية شريكاً رئيسياً إلى جانب مصادر الطاقة المتجددة في نُظم الطاقة الخالية من الكربون.

ورغم الحرارة الشديدة والجفاف، فقد بلغت الخسائر في الإنتاج النووي الفرنسي المنسوبة إلى أسباب بيئية في عام 2022 ما مجموعه 501 غيغاواط-ساعة؛ وهو أقل من 0,2٪ من الإنتاج السنوي من محطات القوى المتأثرة بذلك. وتميَّز ربيع عام 2022 بتسجيل معدلات منخفضة قياسية لتدفقات الأنهار وأعقب ذلك تسجيلُ ثاني أكثر صيف سخونة على الإطلاق في فرنسا.

1,1 درجة مئوية

الزيادة في درجة حرارة سطح الأرض في الفترة 2011–2020 أعلى من المستويات المسجَّلة في الفترة 1850–1900 [2].

ثمة قوتان — كلاهما ينمو بشكل تصاعدي — ستتطلبان إعادة التفكير بصورة كاملة في كيفية ضمان استمرارية عمليات تشغيل نظام الطاقة العالمي. وبسبب الظروف الجوية القاسية المتكررة أكثر فأكثر وحصص توليد الطاقة المتجددة المتزايدة بسرعة، فقد سُجِّلت مستويات غير مسبوقة من التقلبات وعدم التيقُّن في أسواق الطاقة.

كما أنَّ التهديدات المتزامنة الناجمة عن تغيُّر المناخ والتي تتصاعد وتيرتها وحدتها تؤثِّر بصورة متزايدة في العرض والطلب وفي البنية الأساسية لنظام الطاقة العالمي. وسيؤثر تغيُّر المناخ في كل جانب من جوانب قطاع الطاقة: أي في الناتج من كل تكنولوجيا تُستخدم لتوليد الطاقة، وفي حجم الطاقة المطلوبة والبنية الأساسية المادية وغير المادية المشتركة التي تضمن تنفيذ عمليات آمنة وموثوقة أثناء حدوث ظواهر جوية قاسية.

وهاتان القوتان معاً تعطيان قيمة متزايدة لمفهوم الطاقة القادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ، أو لقدرة تكنولوجيا الطاقة على تلبية الطلب باستمرار في ظل الإمدادات المتقلبة من الطاقة. كما أنَّ موجات الحر الشديد، وهطول الأمطار الغزيرة، والجفاف، والفيضانات الساحلية والنهرية، والأعاصير المدارية كلها عوامل ستجعل عملية تصميم وتنفيذ خطط تحمُّل تغيُّر المناخ بالنسبة لنظام الطاقة العالمي مسألة أكثر تعقيداً، ولكنها عملية ضرورية للغاية.
وسيتطلب ضمان وجود نظم طاقة قادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ اتخاذ إجراءات للتخفيف من تأثير تغيُّر المناخ — وذلك بنشر تكنولوجيات طاقة قادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ لتكون بمثابة آلية لتحقيق الاستقرار — وكذلك اتخاذ تدابير للتكيُّف مع تغيُّر المناخ كإدخال تحسينات تكنولوجية لدعم العمليات في مستقبل متقلب مناخياً. وتنطوي القوى النووية على إمكانات تتيح دعم نظم طاقة خالية من الكربون وقادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ.

تغير المناخ

سيكون له تأثير في كل جانب من جوانب قطاع الطاقة.

بما أن نظم الطاقة أصبحت تعتمد أكثر على مصادر الطاقة المتجددة لتلبية حصص كبيرة من الطلب على الطاقة، سيكون من المهم أكثر فأكثر تقدير مصادر الطاقة الثابتة والحفاظ عليها لضمان أمن إمدادات الطاقة.

دعم نظم الطاقة القادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ باستخدام الطاقة النووية

يمكن للكهرباء النووية والحرارة النووية أن تؤديا دوراً مهماً في المساعدة على التوصل إلى نظم طاقة قادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ والحفاظ عليها. ووجود أساس للطاقة يكون متنوِّعاً وقادراً على التحمُّل، حيث تشكل الطاقة النووية عنصراً رئيسياً فيه، يمكنه أن يتيح الدمج الناجح لتكنولوجيات الطاقة المتجددة في نظم الطاقة العالمية، ويقلل من تكلفة إزالة الكربون على مستوى الاقتصاد، ويخلق وظائف مجدية وطويلة الأمد، ويعزز أمن الطاقة. وبالنظر إلى هذا الدور الحاسم، سوف يستكشف هذا الكتيب ويحدِّد الأساليب التي يمكن أن تسهم بها الطاقة النووية في نظم الطاقة القادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ.

ويمكن للطاقة النووية أن تؤدي دوراً حاسماً في نظام طاقة يستخدم تكنولوجيات متنوعة ويكون قادراً على تحمُّل تغيُّر المناخ. ويمكن لمحطات القوى النووية أن تعمل بشكل مستمر، فتوفِّر بذلك مصدراً مستقراً للكهرباء لا يتأثر بالظروف الجوية. ومحطات القوى النووية قادرة أيضاً على أداء وظائف تَتَبُّع الحمولة لتكييف الإنتاج مع التقلبات اليومية في توليد الطاقة المتجددة.

وفي سياق تغيُّر المناخ، يمكن للطاقة النووية أن تساعد على الحد من انبعاثات غازات الدفيئة في قطاع الكهرباء، فضلا عن إمكانية توفير حرارة منخفضة الكربون لتطبيقات أخرى مثل إنتاج الهيدروجين وتحلية المياه وتدفئة الأحياء السكنية. وبالابتعاد عن محطات القوى التي تعمل بالوقود الأحفوري لأغراض هذه التطبيقات، يمكن للقوى النووية أن تساعد على خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وغيره من غازات الدفيئة، فتساعد بالتالي على التخفيف من تغيُّر المناخ.

تشير البيانات إلى أنَّ محطات القوى النووية تعاني من انقطاعات ضئيلة للغاية في عملياتها بسبب الظروف الجوية القاسية.

دراسة الطاقة النووية كمصدر لطاقة قادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ

رغم أنَّ وتيرة الظروف الجوية القاسية أصبحت متكررة أكثر فأكثر، فقد بلغت خسائر الطاقة المتصلة بالطقس أقل من ثلث واحد في المائة من ناتج المفاعلات — أي 0,3٪ في المتوسط في عام 2022 (الشكل 1). وقد تؤثر الظواهر الجوية المرتبطة بالمناخ مثل الفيضانات والعواصف والجفاف وموجات الحرارة في كميات الكهرباء التي تولِّدها محطات القوى النووية. ويمكن أن تتسبب الظواهر الجوية العنيفة في تقليل إنتاج المفاعلات النووية أو إغلاقها تماما للحفاظ على عمليات آمنة.

وتعمل الوكالة الدولية للطاقة الذرية على جمع البيانات ودراسات الحالات وأفضل الممارسات من الدول الأعضاء فيما يتعلق بتكييف تصاميم المحطات النووية للتخفيف من مخاطر حدوث خسائر في الإنتاج. وفي حين أن درجة حرارة مياه التبريد وتوافرها هما أحد المتغيرات المناخية الأكثر صلة بالحفاظ على مستويات عالية من الإنتاج النووي، فقد ثبت أن التكنولوجيا النووية قادرة على تحمُّل المتغيرات المناخية الأخرى، بما في ذلك الأمطار الغزيرة والرياح العاتية والبرودة الشديدة والعواصف التي تؤثر بسرعة أكبر في تكنولوجيات توليد الطاقة الأخرى أو البنية الأساسية للطاقة.

ويستخدم مشغلو المحطات النووية بالفعل مجموعة متنوعة من الحلول الهندسية وحلول إدارة المحطات القابلة للقياس الكمي، بما في ذلك توقيت انقطاع التزويد بالوقود لتجنب فترات ارتفاع الطلب على الطاقة بسبب الظواهر المتعلقة بالمناخ.

وتُعزى الخسائر في توليد الطاقة إلى مجموعة متنوعة من الأسباب، مما يسمح بإجراء تحليل متعمق لكيفية ظهور أنواع مختلفة من الانقطاعات مع مرور الزمن. ومع تزايد وتيرة حدوث ظروف جوية سيئة والتي تكون عنيفة كذلك بسبب تغيُّر المناخ، فمن الضروري قياس قدرة التوليد النووي على الأداء وتحديد ذلك كمياً في ظل ظروف متدهورة. ويسمح هذا القياس الكمي بإجراء مقارنة غير متحيزة لتكنولوجيات الطاقة ويمكن أن يضمن أن تلبي نُظُم الطاقة الطلب في كل الساعات، بدلا من إجبار مستهلكي الطاقة على تكييف أنماط الاستهلاك كثيراً مع عمليات تشغيل نظام الطاقة.

ما هي خسارة الطاقة؟

تقيس خسارة الطاقة الفرق بين الإنتاج المحتمل لمحطة للقوى وما تنتجه هذه المحطة بالفعل. وفي محطات القوى النووية، يمكن أن تحدث خسائر في الطاقة أثناء التزويد بالوقود (الأمر الذي يتطلب وقف تشغيل المحطات جزئياً أو كلياً)، ولكنَّ هذا الكتيب يركز على التخفيضات في الإنتاج الكهربائي التي يمكن أن تُعزى إلى تغيُّر المناخ. ونصنف هنا الخسائر المرتبطة بالطقس والمنسوبة إلى العواصف (الأعاصير والفيضانات والزوابع) ودرجات الحر الشديدة الحرارة أو البرودة (العواصف الثلجية وموجات الحر) والأساليب التي تؤثر بها هذه الظواهر بصورة مباشرة في المحطة النووية — مما يستلزم تخفيض الإنتاج إما للحفاظ على عمليات آمنة أو لاستيعاب درجة الحرارة أو توافر مياه التبريد.

ولا يُنظَر في هذا السياق في الظواهر الجوية العنيفة التي لا تؤثر تأثيرا مباشرا في محطة القوى ولكنها تعطِّل شبكة القوى الأوسع نطاقا والتي قد تتطلب من محطة القوى النووية أن تخفِّض الإنتاج بناء على طلب مشغِّل الشبكة.

وتقاس كمية الخسارة في الطاقة بمقدار الخسارة (تُحسب بوحدات الطاقة كالميغاواط أو الغيغاواط) وكذلك بحجم الخسارة (تُحسب مدة خسارة الطاقة بالساعات). وللتعبير عن تغيُّر حجم الأسطول النووي العالمي مع مرور الوقت، نعرض خسائر الطاقة كحصة من إنتاج المفاعلات — لمقارنة المقدار غير المتاح من الطاقة بناتج المفاعل خلال فترة زمنية محددة.

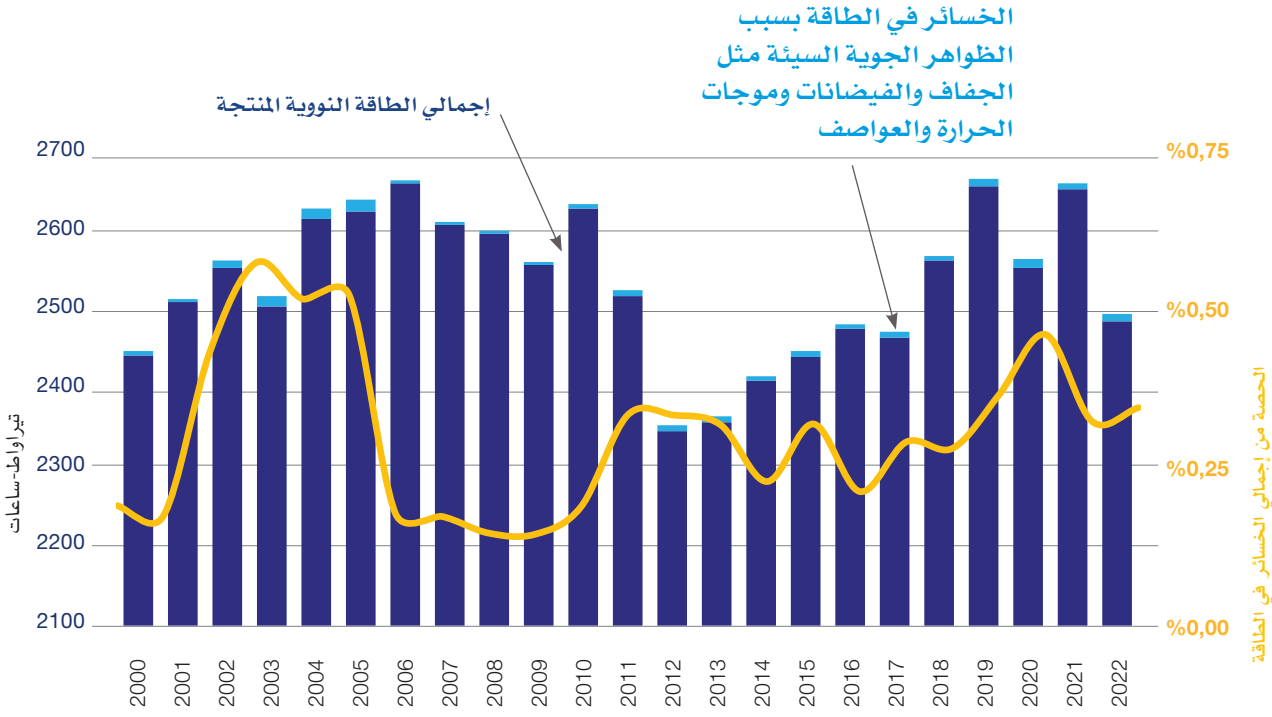
وقد ثبت أن التكنولوجيا النووية قادرة على الصمود في وجه المتغيرات المناخية الأخرى، بما في ذلك هطول الأمطار الغزيرة والرياح العاتية والبرودة الشديدة والعواصف.

وقد ثبت أن التكنولوجيا النووية قادرة على الصمود في وجه المتغيرات المناخية الأخرى، بما في ذلك هطول الأمطار الغزيرة والرياح العاتية والبرودة الشديدة والعواصف.

وتشكل خسائر الطاقة السنوية بسبب الظواهر الجوية السيئة حوالي 1٪ من إجمالي خسائر الأسطول النووي وتشكل جزءاً أصغر بكثير من إجمالي إنتاج الكهرباء النووية. وترد في الشكل 1 مقارنة بين مجموع الطاقة النووية المولدة والخسائر منها وبين الظواهر الجوية السيئة بحسب محطات القوى النووية في جميع أنحاء العالم. ولوضع هذه الأرقام في سياقها، فقد كان بإمكان أسطول القوى النووية في العالم في عام 2021 أن يوفِّر ضعفين من الاستهلاك السنوي الكامل من الكهرباء للهند — في حين أن الكمية الإجمالية للخسارة من الطاقة النووية بسبب الظواهر الجوية قد بلغت نحو 88 دقيقة من استهلاك الكهرباء في إمارة دبي. [3، 4].

وتشير البيانات إلى أنَّ محطات القوى النووية تعاني من انقطاعات ضئيلة للغاية في عملياتها بسبب الظروف الجوية القاسية. وفي حين يمكن ربط الطاقة النووية بتكنولوجيات أخرى منخفضة الكربون مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الكهروضوئية والطاقة الحرارية الأرضية للتخفيف من آثار تغيُّر المناخ، فإنَّ الطاقة النووية يمكن أن تكون أيضاً مصدراً لطاقة قادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ. وسيتناول القسم التالي مدى قدرة عمليات القوى النووية على تحمُّل تغيُّر المناخ مع مرور الزمن، مع التركيز على الجزء الصغير من خسائر الطاقة الذي يُعزى إلى الظروف الجوية القاسية للحصول على فهم أفضل لكيفية أداء محطات القوى النووية خلال مواجهة الظواهر الجوية القاسية في الماضي، وذلك كمؤشر للتكيُّف مع تغيُّر المناخ في الصناعة النووية.

تبين الأدلة التاريخية أن القوى النووية أثبتت قدرتها على التحمُّل في ظل الظواهر الجوية المتكررة والعنيفة أكثر فأكثر.



الشكل 1 – الإنتاج السنوي للطاقة النووية والخسائر المتصلة بالطقس في الفترة المتراوحة بين 2000 و2022 [5].

ملاحظة: البيانات الواردة في المرجع [5] مرهونة بتوافر البيانات والإفادة بها من جانب الدول الأعضاء في الوكالة.
المنشور لا يشمل وحدات المفاعلات الأوكرانية لأن البيانات التشغيلية الخاصة بعام 2022 لم تُقدَّم حتى موعد نشر هذه الوثيقة.

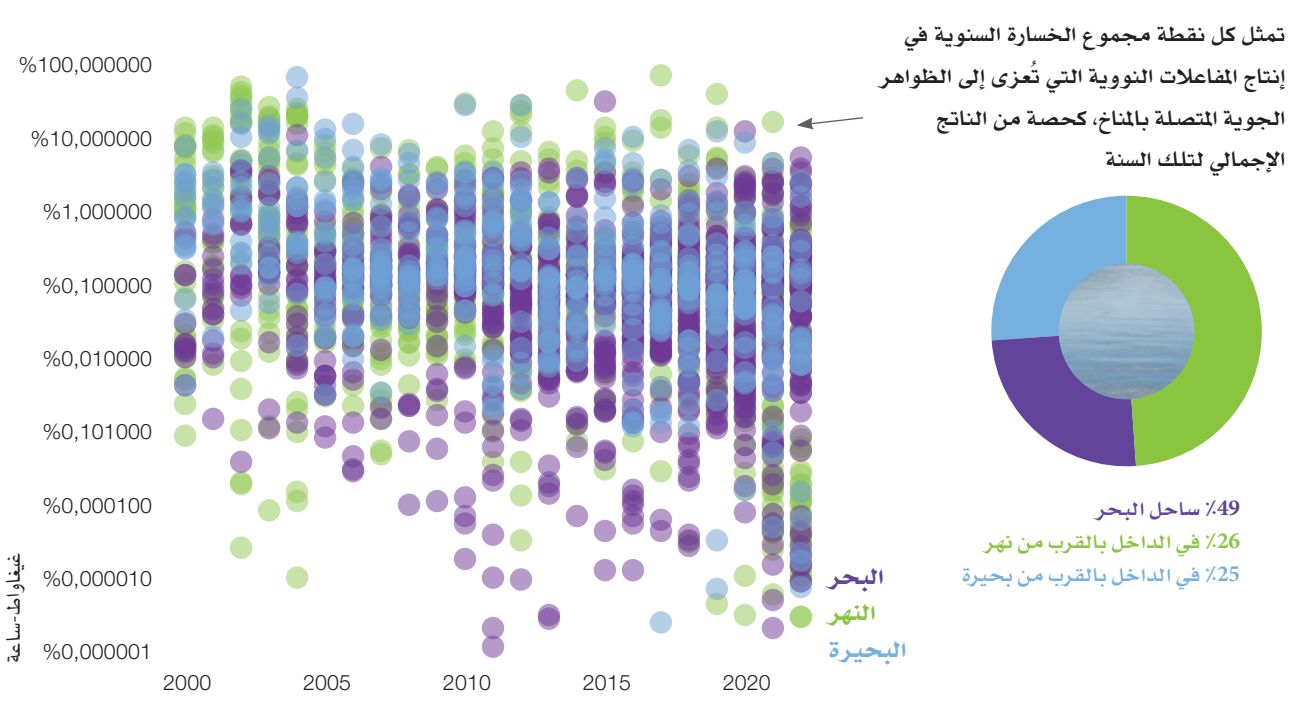
ثلث واحد في المائة

تبين الأدلة التاريخية أن القوى النووية أثبتت قدرتها على التحمُّل في ظل الظواهر الجوية المتكررة والعنيفة أكثر فأكثر. ونظرا لأن آثار تغيُّر المناخ أصبحت أكثر تعطيلاً لنظم الطاقة العالمية، ومع إرسال العديد من قادة العالم نداءات تدعو إلى تقاعد الأسطول العالمي الذي يعمل بالطاقة الأحفورية، فقد تُستخدَم الطاقة النووية أكثر فأكثر كمصدر ثابت للطاقة لموازنة مصادر الطاقة المتجددة. وفي حين أن خسائر الطاقة النووية بسبب الظواهر الجوية هي قليلة، إلا أنها لا تبلغ الصفر. وسيتناول هذا القسم الظروف التي تحدث فيها هذه الخسائر في الطاقة من أجل إجراء تقييم كامل لقدرة الطاقة النووية على أداء دور أساسي في نظم الطاقة القادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ.

ومن بين 460 غيغاواط من القدرة النووية التي كانت متصلة مباشرة بالشبكة في أي وقت بين عامي 2000 و2022، فإنَّ 48٪ من القدرة كانت تقع قرب البحر، و36٪ منها قرب نهر، و16٪ منها قرب بحيرة. وتبين الظواهر الجوية المتصلة بالمناخ التي أبلغ بها مشغلو المحطات النووية الوكالة الدولية للطاقة الذرية بأنه على مدى السنوات الـ22 الماضية، تسببت الظواهر الجوية في أعلى الخسائر من حجم الغيغاواط-ساعة في محطات القوى النووية الواقعة على الأنهار، في حين أن المحطات النووية القريبة من البحيرات وعلى ساحل البحر فقد أفادت تاريخياً بحدوث خسائر أقل نسبياً في الطاقة بسبب الظواهر الجوية (الشكل 2).

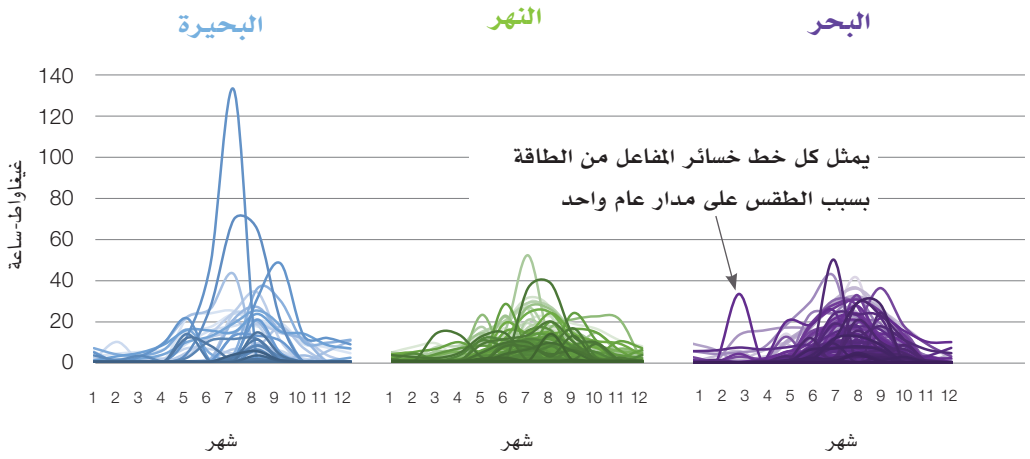
ومن المرجح أن يكون الجيل القادم من المفاعلات النووية أكثر تركيزاً على ساحل البحر بحيث يكون أقل تأثراً بمشاكل مياه التبريد. وتبلغ القدرة الإجمالية للمفاعلات قيد التشييد والمفاعلات المخطط إنشاؤها التي أبلغت بها الدول الأعضاء رسمياً الوكالة الدولية للطاقة الذرية أكثر من 100 غيغاواط؛ ومن هذه القدرة، يُخطَّط أن تكون نسبة 60٪ منها بالقرب من ساحل البحر. [5] وبعض المفاعلات لم يُحدد لها حتى الآن موقع معيَّن في محطة.

وتقع معظم محطات القوى النووية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، مما يسمح بإجراء مقارنات موسمية. وتسجِّل محطات القوى النووية الواقعة في الداخل بالقرب من الأنهار أو البحيرات خسائر أكثر في الطاقة النووية بسبب بالطقس بين أيار/مايو وتشرين الأول/أكتوبر، في حين أن المحطات الواقعة على ساحل البحر فإنها تميل إلى تسجيل خسائر في الطاقة بسبب الطقس تكون موزَّعة على مدار العام (الشكل 3). وتعاني بعض المحطات من خسائر في الطاقة تدوم لعدة أشهر، كما هو معبَّر عنه في الشكل 3 بمستويات الذروة ومستويات الانخفاض الكثيرة — وفي كثير من الأحيان، تُعزى هذه الخسائر الأطول أمداً في الطاقة إلى ارتفاع درجة الحرارة أو انخفاض فرص توافر مياه التبريد.



الشكل 2– الخسائر السنوية في الطاقة النووية بسبب الطقس كحصة من توليد المفاعلات (يساراً) وحصة الخسائر في الطاقة النووية بسبب الطقس بحسب مكان المفاعل (يميناً)، في الفترة بين 2000 و2022 [5].

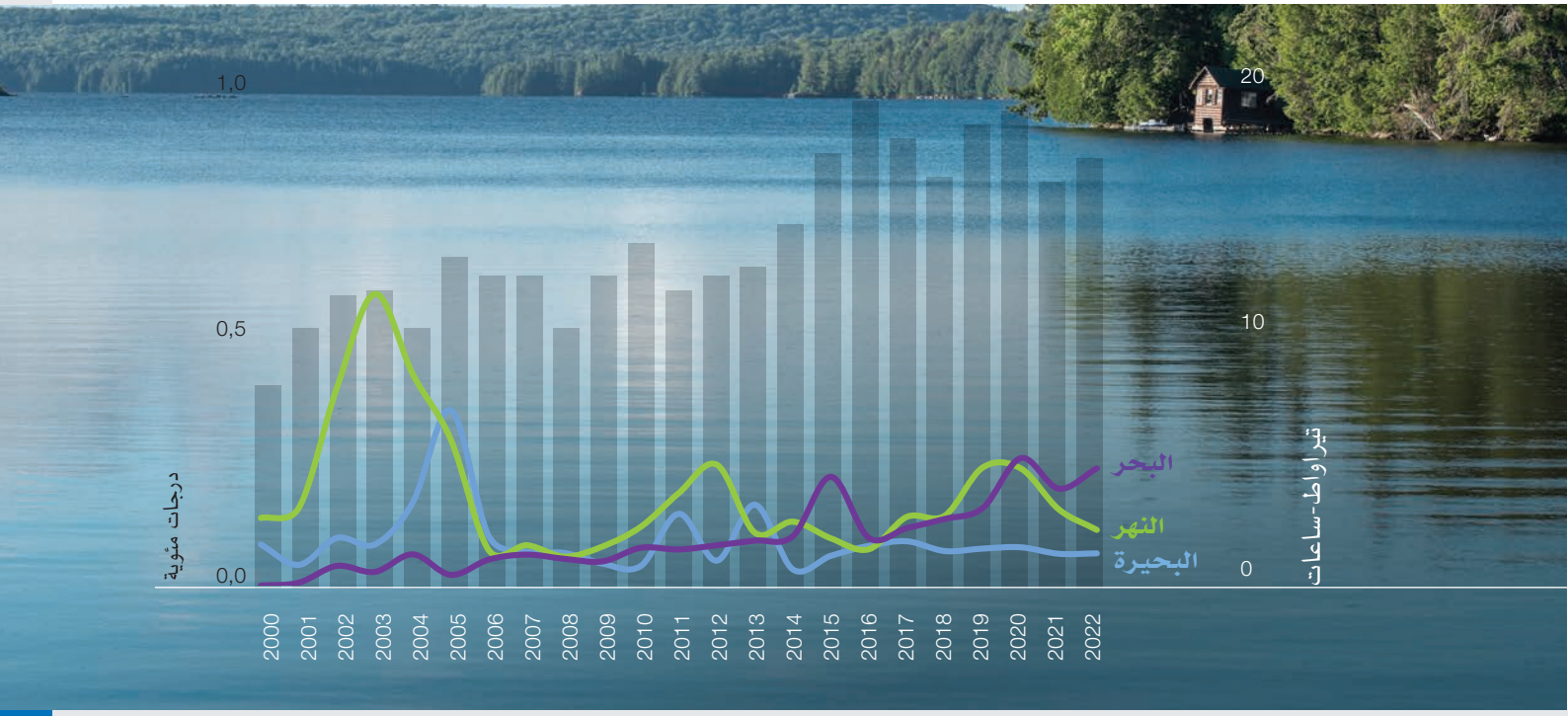
ملاحظة: البيانات الواردة في المرجع [5] مرهونة بتوافر البيانات والإفادة بها من جانب الدول الأعضاء في الوكالة.
والمنشور لا يشمل وحدات المفاعلات الأوكرانية لأن البيانات التشغيلية الخاصة بعام 2022 لم تُقدَّم حتى موعد نشر هذه الوثيقة.



الشكل 3– الإنتاج السنوي للطاقة النووية والخسائر المتصلة بالطقس في الفترة المتراوحة بين 2000 و2022 [5].

ملاحظة: البيانات الواردة في المرجع [5] كانت مرهونة بتوافر البيانات والإفادة بها من جانب الدول الأعضاء في الوكالة. والمنشور لا يشمل وحدات المفاعلات الأوكرانية لأنَّ البيانات التشغيلية الخاصة بعام 2022 لم تُقدَّم حتى موعد نشر هذه الوثيقة. واستُبعدت القيم المتطرفة التي تتجاوز ثلاثة انحرافات معيارية عن المتوسط (أكثر من 0,1٪ من القيم) من الرسوم البيانية.

ويؤثر المصدر الذي يزوِّد محطة القوى النووية بمياه التبريد في مقدار وحجم الخسائر في الطاقة بسبب الظواهر الجوية القاسية. ويعتمد الإنتاج المستمد من محطات القوى الواقعة بالقرب من الأنهار والبحيرات اعتماداً كبيراً على توافر مياه التبريد، والتي يخضع الوصول إليها إلى رقابة محكمة لضمان أن يكون التأثير في النظام البيئي المحيط قليلاً إلى أدنى حد. ولهذا السبب، تكون المحطات الواقعة بالقرب من الأنهار والبحيرات أكثر عرضة للظروف الجوية القاسية مثل الحرارة المرتفعة أو الجفاف المفرط أو الفيضانات أو العواصف مقارنة بالمحطات الموجودة بالقرب من البحر. فعلى سبيل المثال، عاشت أوروبا موجة حر قياسية في صيف عام 2003، مما تسبب في انخفاض تاريخي في الإنتاج النووي (الشكل 4). وكانت هذه الظاهرة فرصة تعلَّم منها الأسطول النووي الأوروبي — ففي عام 2016، وصلت درجات الحرارة مرة أخرى إلى مستويات مرتفعة ولكن ذلك أدى إلى خسارة نسبة أقل في تيراواط-ساعة من الطاقة جراء الطقس. ومع مرور الوقت، تؤثر الفترات المتواصلة من الطقس الحار الشديد تأثيراً كبيراً في المحتوى الحراري وتوافر مياه البحر المستخدمة للتبريد (بسبب القيود الرقابية المفروضة على التصريف) — كما شهدت هذه المجموعة الفرعية من الأسطول النووي العالمي اتجاهاً تصاعدياً طفيفاً في خسائر الطاقة بسبب الطقس.



الشكل 4 – الانحرافات العالمية في درجات حرارة الأرض والمحيطات مقارنة بالمتوسط المسجَّل في الفترة 1910-2000 (المحور الأيسر) والخسائر السنوية في الطاقة النووية بسبب الطقس (المحور الأيمن)، 2000-2022، [5، 6].

ملاحظة: البيانات الواردة في المرجع [5] مرهونة بتوافر البيانات والإفادة بها من جانب الدول الأعضاء في الوكالة. والمنشور لا يشمل وحدات المفاعلات الأوكرانية لأن البيانات التشغيلية الخاصة بعام 2022 لم تُقدَّم حتى موعد نشر هذه الوثيقة. والظواهر الزلزالية غير مشمولة في خسائر الطاقة بسبب الطقس.

مساهمة من لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا

بناء نظم طاقة قادرة على التحمّل وتكون محايدة من حيث الكربون

كشف عدد من الأزمات، منها كوفيد-19 وتغير المناخ والأوضاع الجيوسياسية عن ضعف نظم الطاقة في جميع أنحاء العالم. ولمواجهة هذه التحديات، قرر المجتمع الدولي اتخاذ إجراءات ومساعدة البلدان على تصميم وبناء نظم طاقة قادرة على التحمُّل وتكون مُحايدة من حيث الكربون.

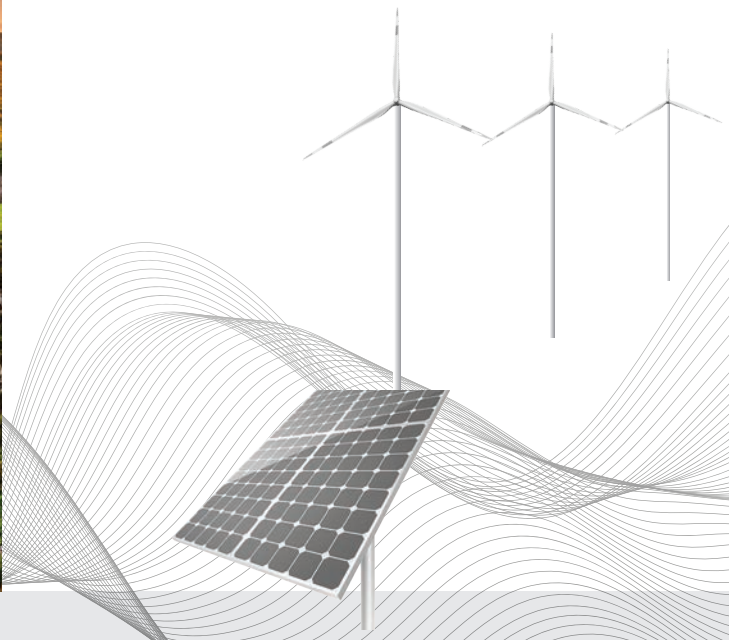
ويعتمد نظام الطاقة القادر على التحمُّل على ما يلي:

1 – أمن الطاقة الذي يضمن الطاقة اللازمة في أي وقت من خلال تنوع الإمدادات؛

2 – القدرة على تحمل تكاليف الطاقة المستدامة التي تقلل من تكاليف الكهرباء والتدفئة والتبريد والنقل مع زيادة كفاءة الطاقة النظامية؛

3 – الاستدامة البيئية التي تقلل من البصمة الكربونية وتعزز الكفاءة عبر سلسلة إمدادات الطاقة بما يتماشى مع اتفاق باريس وخطة التنمية المستدامة لعام 2030.

ويحتاج واضعو السياسات في جميع أنحاء العالم إلى أدوات تمكنهم من اتخاذ قرارات مستنيرة لتصميم وبناء نظم طاقة قادرة على التحمُّل وللاستعداد لأوجه عدم التيقُّن التي سيجلبها المستقبل. وتتضافر جهود الوكالة الدولية للطاقة الذرية مع لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا، والمكتب العالمي للأرصاد الجوية، والوكالة الدولية للطاقة، ومنظمة الأمن والتعاون في أوروبا، والمصرف الأوروبي للاستثمار، من بين جهات أخرى، لإطلاق منصة بشأن نظم الطاقة القادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ تكون منصة مصممة خصيصا لوضع سياسات فعالة. وستوفر هذه المنصة خدمتين رئيسيتين، هما: '1' أداة تستخدم الذكاء الاصطناعي لدعم وضع سياسات واتخاذ قرارات مصممة وهادفة، '2' ومنتدى فريد لتبادل المعلومات وإجراء حوار شامل للجهات المعنية المتعددة.



"الطاقة أمر بالغ الأهمية لدعم السلام والتعاون والتنمية الاقتصادية والاجتماعية ونوعية الحياة في منطقتنا وخارجها. وقد وجد الخبراء مسارات واضحة لواضعي السياسات لتحقيق نظام طاقة قادر على التحمُّل ويكون محايداً من حيث الكربون. وتحسين كفاءة الطاقة، ونشر الطاقة المتجددة، وتكنولوجيات الوقود الأحفوري العالية الكفاءة مع احتجاز الكربون واستخدامه وخزنه، والطاقة النووية (بما في ذلك القوى النووية المتقدمة)، والهيدروجين، والإدارة المتكاملة والمستدامة للموارد الطبيعية كلها جزء من الحل لتحقيق الحياد الكربوني. ووحده العمل الجريء والفوري والمستدام يمكن أن يطوِّر نظم طاقة قادرة على التحمُّل وتضمن الوصول إلى الطاقة بأسعار معقولة وإزالة الكربون من نظم الطاقة لدينا في الوقت المناسب لتجنب كارثة مناخية". [7]

تاتيانا مولسيان
الأمينة التنفيذية للجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا

تقوم الوكالة الدولية للطاقة الذرية بجمع البيانات ودراسات الحالات وأفضل الممارسات من الدول الأعضاء فيما يتعلق بتكييف تصاميم المحطات النووية للتخفيف من مخاطر حدوث خسائر في الإنتاج.

مساهمة من
الوكالة الدولية للطاقة

تحويل نظام الطاقة للتخفيف من تغيُّر المناخ والتكيُّف معه

تهدد الآثار المتزايدة لتغيُّر المناخ القدرة على تحمُّل تكاليف نظام الطاقة وأمنه. وثمة جزء متزايد من البنى الأساسية للطاقة التي شُيِّدت من أجل إرساء مناخ أكثر برودة وهدوءاً لم يعد موثوقاً أو قادراً على التحمُّل بما فيه الكفاية مع ارتفاع درجات الحرارة ولأنَّ الظواهر الجوية أضحت أعنف. وهناك حاجة إلى إجراء تحوُّل كامل في نظم الطاقة لتجنُّب حدوث تغير أكثر حدة في المناخ والتعامل مع آثار تغير المناخ الحالية. يحدد تقرير توقعات الطاقة العالمية لعام 2023 [8] الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة أربعة مجالات رئيسية تتطلب اهتماماً عاجلاً لتحويل نُظم الطاقة العالمية. ويمكن استخدام الطاقة النووية لمعالجة هذه المجالات من أجل ضمان انتقال سريع وآمن وميسور التكلفة وشامل (انظر الشكلين 5 و6).

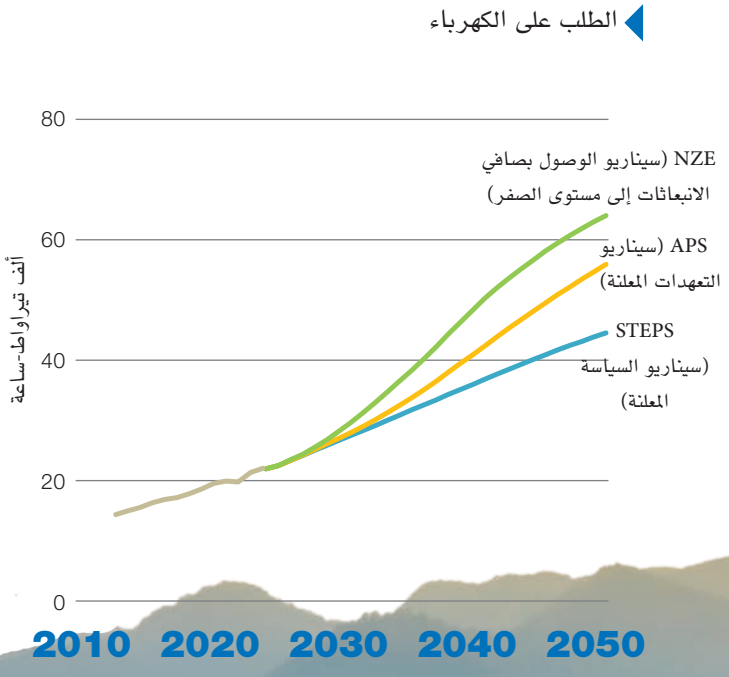
زيادة الاستثمار في الطاقة النظيفة في اقتصادات الأسواق الصاعدة والاقتصادات النامية

سيكون إحراز تقدم في توفير الكهرباء متوقِّفاً على تقليل الكلفة وتحسين توافر رأس المال. فالزيادات في تكاليف التمويل لها أكبر أثر في المشاريع الكبيرة التي تنطوي على التكنولوجيات الكثيفة رأس المال مثل تكنولوجيا الرياح البحرية أو الشبكات أو محطات القوى النووية الجديدة. وهناك حاجة إلى آليات تمويل مبتكرة وواسعة النطاق لدعم استثمارات الطاقة النظيفة، لا سيما في الاقتصادات الناشئة والنامية.

ضمان مزيج متوازن من الاستثمار

يدعو سيناريو الوكالة الدولية للطاقة لعام 2023 الخاص بالوصول بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050 إلى تسجيل أكثر من الضعف في القدرة المنشأة للطاقة النووية؛ وأن تحل مصادر الطاقة المتجددة والقوى النووية محل معظم الاستخدامات الأحفورية في سيناريو الوصول بالانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050 [9].

وتظل المفاعلات الكبيرة الحجم هي الشكل السائد للقوى النووية في جميع السيناريوهات، ولكن تطوير المفاعلات النمطية الصغيرة وتزايد الاهتمام بها يزيد من إمكانات القوى النووية على المدى الطويل. ويؤدي تمديد عمر محطات القوى النووية القائمة إلى جانب عمليات التشييد الجديدة المتوقعة في البلدان المنفتحة على الأخذ بالقوى النووية إلى زيادة القدرة النووية في جميع سيناريوهات النمذجة الخاصة بالوكالة الدولية للطاقة.



الشكل 5– الطلب العالمي على الكهرباء، 2010–2050، ومزيج توليد الكهرباء حسب السيناريو، 2022 و2050.
مقتبس من المرجع [8] بعد الحصول على إذن بذلك. ملاحظة: STEPS — سيناريو السياسة المعلنة، APS — سيناريو التعهدات المعلنة، NZE — سيناريوهات الوصول بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر.

جعل الانتقالات قادرة على التحمُّل وشاملة وميسورة التكلفة

من المتوقع أن ترتفع حصة طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية في إجمالي توليد الكهرباء من 12٪ إلى حوالي 30٪ بحلول عام 2030، مما يضع مرونة نظام الطاقة في صلب أمن الكهرباء.

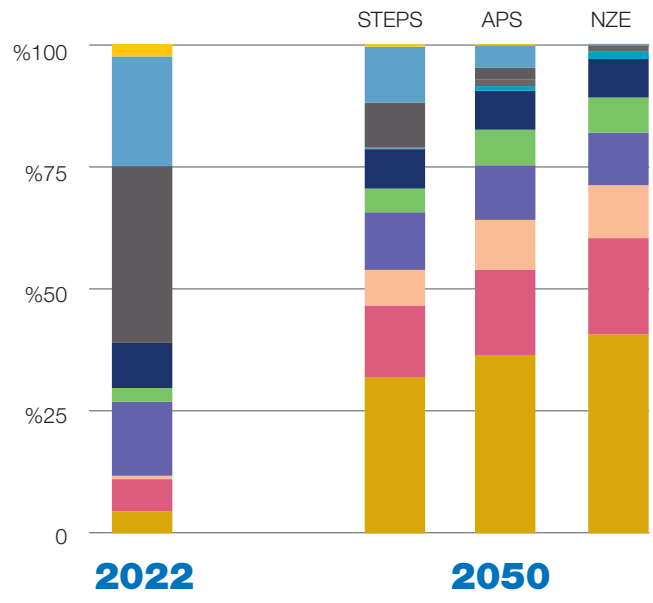
ويمكن للتكنولوجيات المنخفضة الانبعاثات، مثل الطاقة النووية، والطاقة الكهرومائية، وأنواع الوقود الأحفوري مع احتجاز الكربون واستخدامه وخزنه، والطاقة الحيوية، والهيدروجين، والأمونيا، أن تكون بمثابة آليات مهمة لتوفير المرونة الموسمية لضمان انتقال آمن للطاقة.

إيجاد سبل للحكومات للعمل معاً

يتوقف استمرار دور القوى النووية في قطاع الكهرباء على القرارات المتعلقة بتمديد عمر المفاعلات القائمة ونجاح البرامج الرامية إلى تشييد مفاعلات جديدة. ويتعين على الحكومات أن تأخذ زمام المبادرة في ضمان انتقالات آمنة للطاقة من خلال معالجة اختلالات السوق — ولا سيما الإعانات الداعمة للوقود الأحفوري — فضلا عن تصحيح إخفاقات السوق.

ومع ذلك، من غير المرجح أن تكون انتقالات الطاقة فعالة إن هي أُديرت على أساس الاتجاه من القمة إلى القاعدة فقط. وسيتطلب توسيع نطاق تمويل الطاقة النظيفة تحولا من التمويل المباشر للمشاريع إلى المزيد من الحد من مخاطر المشاريع بهدف الاستفادة من مضاعفات أعلى بكثير من التمويل الخاص.

توليد الكهرباء



STEPS (سيناريو السياسة المعلنة)
APS (سيناريو التعهدات المعلنة)
NZE (سيناريو الوصول بصافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر)

- النفط
- الغاز الطبيعي بدون انقطاع
- الفحم بدون انقطاع
- أنواع الوقود الأحفوري مع احتجاز الكربون واستخدامه وخزنه
- الهيدروجين والأمونيا
- الطاقة النووية
- مصادر أخرى للطاقة المتجددة
- الطاقة الكهرمائية
- الرياح البحرية
- الرياح البرية
- الطاقة الشمسية الفلطائية الضوئية

الشكل 6– الطلب العالمي على الكهرباء، 2010–2050، ومزيج توليد الكهرباء حسب السيناريو، 2022 و2050. مقتبس من المرجع [8] بعد الحصول على إذن بذلك.

مساهمة من هيئة كهرباء فرنسا (ÉLECTRICITÉ DE FRANCE)

قياس أثر الظروف البيئية في الطاقة النووية الفرنسية

كان صيف عام 2022 ثاني أكثر صيف سخونة على الإطلاق في فرنسا بعد عام 2003، مع تسجيل درجات حرارة مرتفعة بصورة خاصة في المناطق الجنوبية والغربية من البلد وثلاث موجات حر متتالية. وارتباطاً بالحرارة، فقد شهدت فرنسا أيضا معدلات منخفضة بصورة خاصة لتدفق الأنهار بدأت في أوائل الربيع، مع تسجيل الحد الأدنى لمعدلات التدفق على نهري الرون وغارون. وعملت هيئة كهرباء فرنسا (Électricité de France)، التي تملك وتشغِّل الأسطول النووي الفرنسي، على دراسة أداء الأسطول النووي للبلد في صيف عام 2022 مقارنة بالسنوات السابقة.

وفي عام 2022، بلغ إجمالي خسائر الإنتاج (انظر الشكل 7) المنسوبة إلى أسباب بيئية ما مجموعه 501 غيغاواط-ساعة، أي أقل من 0,2٪ من الإنتاج السنوي من محطات القوى المتضررة. وتكبدت محطات القوى النووية الفرنسية خسائر في الطاقة من أجل الوفاء بالحدود الرقابية للحفاظ على درجات حرارة المياه والنظم الإيكولوجية.

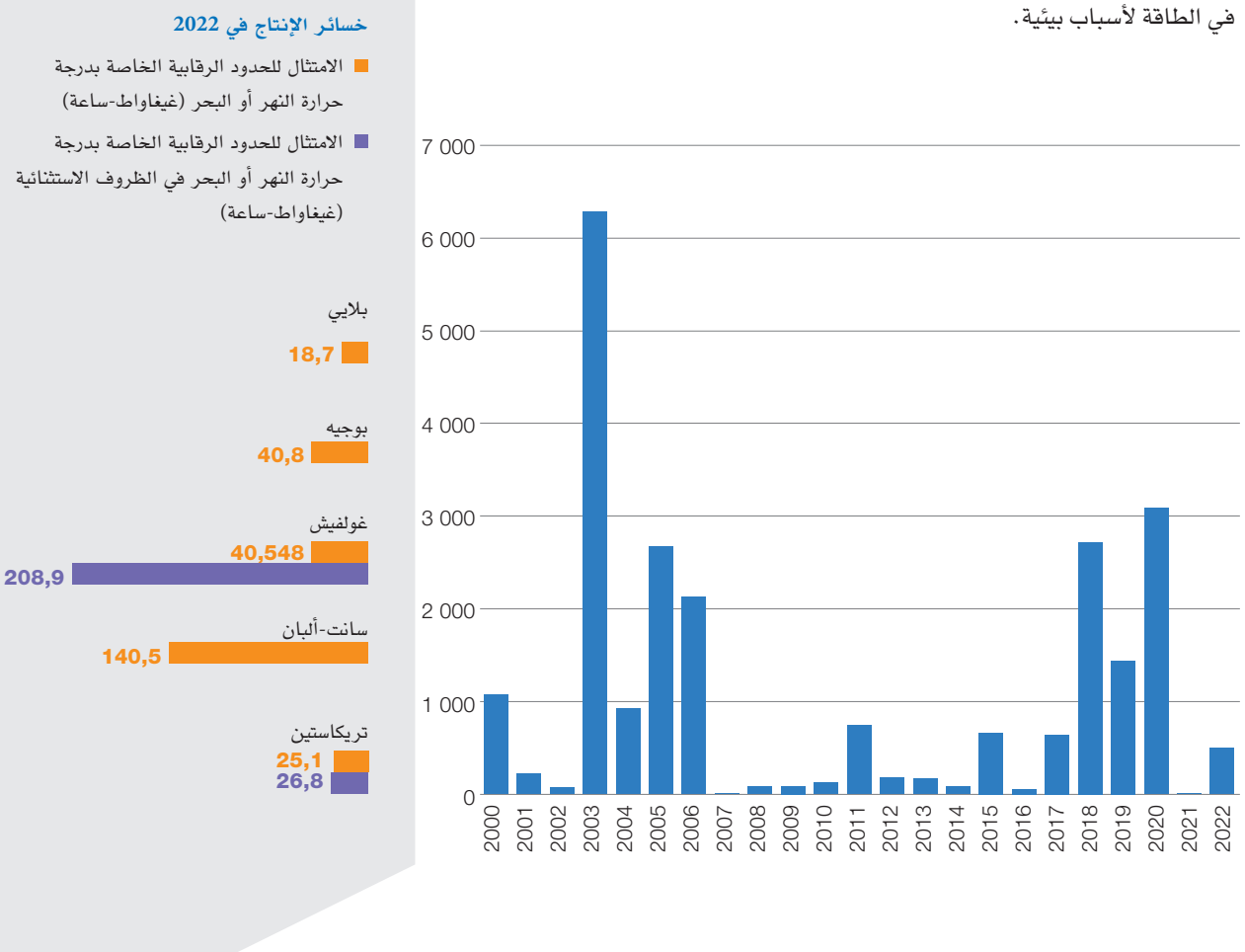
وفي الأصل، كان للرصد البيئي والحدود الرقابية المناظرة للناتج الحراري لمحطات القوى النووية طبقتان في فرنسا: واحدة لأغراض الظروف المناخية العادية والأخرى لأغراض الظروف المناخية الاستثنائية. وفي أعقاب موجات الحر التي حدثت في الأعوام 2003 و2005 و2006، جرى تكييف الإطار الرقابي الفرنسي للسماح بتكييف هذه الحدود الرقابية في حالة الظروف الاستثنائية مثل أمن الشبكة الكهربائية.

كما اعتُبرت أزمة الطاقة الحالية الناجمة عن الحرب في أوكرانيا ظرفاً استثنائياً في عام 2022، بسبب ضرورة إنتاج المزيد من الكهرباء من الطاقة النووية لتوفير الغاز لفترة الشتاء. وأدى تطبيق تغييرات مؤقتة على المتطلبات الحرارية في ظروف استثنائية إلى الحفاظ على 452 غيغاواط-ساعة من محطات القوى النووية، أي ما يعادل نحو 80 مليون متر مكعب من الغاز الطبيعي أو 12 ساعة من القدرة الكاملة من خط أنابيب نورد ستريم.

لقد كان صيف عام 2022 استثنائياً بالنسبة للأسطول النووي الفرنسي، الذي يشكل نحو 15٪ من القدرة النووية العالمية. ويمكن وصف صيف عام 2022 بأنه حالة شاذة تشغيلية في فرنسا بسبب عدة عوامل، منها: ارتفاع درجات حرارة الهواء عن مستوياتها التاريخية، وانخفاض مستويات المياه، وحدوث أزمة عالمية في الطاقة تسببت في ارتفاع أسعار الغاز الطبيعي وتطلبت من محطات القوى النووية الفرنسية تأجيل أعمال الصيانة من أجل توفير كهرباء منخفضة التكلفة للشبكة الأوروبية.

وكانت خسائر الطاقة المتعلقة بالامتثال للحدود الحرارية منخفضة نسبياً في عام 2022، ولكنَّ أجزاء من المواقع الحساسة تُجاه درجة الحرارة قد أُغلِقت بسبب أعمال الصيانة الوقائية. ومنذ عام 2003، بلغ متوسط الخسائر السنوية في الطاقة بسبب الظروف البيئية في المواقع النووية 0,3٪ من الإنتاج. وغُيِّرت الحدود الرقابية لمدة 24 يوماً في محطات القوى النووية غولفيش، وبلايي، وسانت-ألبان، وبوجيه في صيف عام 2022 في ظل ظروف استثنائية من أجل الحفاظ على استقرار إمدادات الكهرباء. وتنطوي بعض الوحدات أو المواقع التي كان من الممكن أن تكون مقيَّدة بسبب متطلبات درجة الحرارة أو معدل تدفق الأنهار على ما يلي: الوحدتين 1 و2 في شوز؛ والوحدتين 1 و2 في سيفو؛ وأجزاء من القدرة المستمدة من الوحدات 1 و3 و4 في كاتينوم؛ والوحدتين 3 و4 في بوجيه؛ والوحدة 2 في سانت-ألبان؛ والوحدة 3 في ريكاستين؛ والوحدة 1 في غولفيش؛ وكل هذه الوحدات كانت في حالة توقف تام بسبب أعمال الصيانة جراء التحات الإجهادي وبالتالي لم تكن تخضع لتخفيضات في الطاقة لأسباب بيئية.

وما انفكت هيئة كهرباء فرنسا (Électricité de France) تجمع البيانات عن الظروف البيئية على مدى السنوات الأربعين الماضية بالتعاون مع معهد بحوث عمومي لفهم وقياس أي آثار حرارية محتملة ناجمة عن تشغيل محطات القوى النووية. وفي عام 2022، لم تُلاحَظ أي تغييرات كبيرة في البيئة الحيوية (التأثير في الأسماك والحياة البرية وما إلى ذلك) وكانت البيئة الحيوية مماثلة للملاحظات السابقة المسجَّلة خلال الظروف المناخية العادية. وتُعزى التغيرات الرئيسية التي لوحظت في البيئة الحيوية على مدى السنوات الأربعين الماضية إلى التغيرات العالمية، في حين أن التأثيرات الحرارية لمحطات القوى النووية هي تأثيرات ضئيلة وموضعية تبعُد من المحطة ببضعة كيلومترات في اتجاه المجرى السفلي.



الشكل 7– خسائر الإنتاج بسبب الحدود الرقابية الحرارية للبيئة بين عامي 2000 و2022. بإذن من شركة كهرباء فرنسا (Électricité de France).

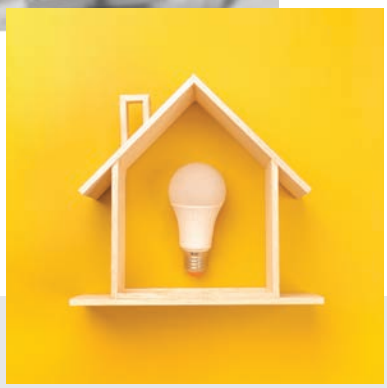
التخطيط على مستوى النظام للتخفيف من آثار المناخ

مع أن المخاطر المناخية الفردية قد جرى تخفيفها عبر التاريخ حيثما أمكن ذلك، إلا أنه يجب تسجيل الخطر المتزايد للظواهر الجوية المتزامنة في البنية الأساسية وتخطيط إمدادات الطاقة. وبما أن نظم الطاقة أصبحت أكثر اعتمادا على مصادر الطاقة المتجددة لتلبية حصص كبيرة من الطلب على الطاقة، سيكون من المهم أكثر فأكثر تقييم مصادر الطاقة الثابتة والحفاظ عليها لضمان أمن إمدادات الطاقة.

ومن هذا المنطلق، استهلت الوكالة الدولية للطاقة الذرية مشروعاً تقنياً يرتكز على أحدث تجارب الدول الأعضاء في تطبيق أساليب التنبؤ بالمناخ لتقييم المخاطر التي تهدِّد المواقع وتقييم أمان المواقع النووية القائمة والجديدة. ويهدف المشروع إلى دمج نموذج للتنبؤ بآثار تغيُّر المناخ في تطوُّر المخاطر الطبيعية، وتوفير أحدث الأساليب للتقليل إلى أدنى حد من عدم التيقُّن باستخدام تقنيات مستدامة. وسيدمج المشروع كفاءات النمذجة الإحصائية والرقمية مع الكفاءات المتصلة بالأرصاد الجوية والهيدرولوجيا من أجل وضع إطار مستدام لتطوُّر المخاطر التي تعتمد على عامل الوقت. وستهدف التدابير إلى زيادة قوة محطات القوى النووية وقدرتها على التحمُّل في مواجهة آثار تغير المناخ. وسيحدد المشروع أيضا الجيل الجديد من نظم الرصد الموقعي الموجهة نحو التقييم المستمر للمخاطر الموقعية من أجل إدارة ردة فعل المحطات في الوقت المناسب.

وتجمِّع الوكالة الدولية للطاقة الذرية بيانات من الدول الأعضاء عن الظواهر الخاصة بالأمان التي أثرت في المكونات الكهربائية لمحطات القوى النووية؛ وفي نُظم المياه الخاضعة للصيانة؛ والنظام والهيكل الأساسيين؛ وتسبَّبت في عمليات إغلاق غير مخطط لها أو أدت إلى إدخال تعديلات على المحطات لمنع وقوع مزيد من الخسائر في نظامها الخاص بالتبليغ عن الحوادث. وخلص استعراض أجري مؤخرا لكامل قاعدة بيانات النظام الدولي للتبليغ عن الخبرات التشغيلية من أجل تحديد التقارير التي لها علاقة بظواهر خارجية إلى أنَّ نحو 130 تقريراً منها يتصل بظواهر خارجية، يُعزى معظمها إلى سيناريوهات متصلة بالطقس، ويمكن أن تتأثَّر بتغير المناخ. وبالنظر إلى هذه الظواهر وللأثر المحتمل لتغيُّر المناخ في المنشآت النووية، تتأكَّد الحاجة إلى وضع تعاريف واضحة للأهداف العامة ولمستويات الأداء بالنسبة للمحطة والموقع وشبكات توزيع القوى. وبالنسبة لهذه المكونات الهامة، يمكن تحديد هدفين حاسمين هما: أمان البنية الأساسية المادية وموثوقية خدمات الطاقة المقدمة. وهذان الهدفان مرتبطان ارتباطاً وثيقاً؛ ويجب ضمان أمان المنشآت النووية وضمان أدنى حد ممكن من الانقطاعات في توافر التيار الكهربائي. وللاطلاع على نظرة أكثر تفصيلا على الظواهر المتصلة بالأمان التي سُجِّلت في نظام التبليغ عن الحوادث والإطار المتعدد الأبعاد لتقييم المخاطر في القطاع النووي، انظر منشور الوكالة الدولية للطاقة الذرية المعنون: Climate Change and Nuclear Power 2022 (تغيُّر المناخ والقوى النووية، 2022).

تعد السياسات المستنيرة بعلوم البيانات هامة للغاية لتشجيع الابتكار في مجال قدرة نظام الطاقة على تحمُّل تغيُّر المناخ.



وبالإضافة إلى ذلك، تدعو الوكالة الدولية للطاقة الذرية إلى انعقاد فريق من الخبراء لإعداد منشور يفصِّل الحلول التقنية المرتبطة بالأداء التي اختارتها البلدان حديثاً أو الحلول التي تنظر فيها الآن للحد من خسائر الإنتاج الناجمة عن التغيرات البيئية وتقلُّب المناخ قبل الشروع في تنفيذ تدابير الأمان والحماية. وسيوفر المنشور أمثلة توضيحية على التغييرات التي تُدخل على الأصول المادية والإجراءات التشغيلية لتعزيز اقتصاديات المحطات إلى أقصى حد في ظروف مثل ارتفاع الدرجات في المواسم الحارة، ومواسم الجفاف التي تمتد لفترات أطول، وتزايد وتيرة العواصف وحالات دخول الكائنات المائية إلى هياكل استقبال مياه التبريد.

وتظلُّ هناك عدة شكوك تحوم حول الحالة المستقبلية للمناخ والتكاليف المرتبطة بتدابير التخفيف من المخاطر. ويلزم توسيع وتوحيد أساليب التقدير لقياس فوائد تدابير التكيُّف مقارنة بالاستثمارات من أجل تحسين وتقييم تداعيات الآثار المتعاقبة والمتفاقمة للظواهر الجوية العنيفة على السكان والبنية الأساسية وسلاسل التوريد والخدمات. وتعد السياسات المستنيرة بعلوم البيانات هامة للغاية لتشجيع الابتكار في مجال قدرة نظام الطاقة على تحمُّل تغيُّر المناخ. كما أن توفير الدعم المالي الكافي ضروري لوضع استراتيجيات نظامية لإدارة المخاطر وتنفيذ الحلول وصولا إلى المستوى المحلي.

"مع زيادة الاحترار، ستصبح مخاطر تغيُّر المناخ معقدة أكثر فأكثر وسيصبح من الصعب أكثر إدارتها. وسيتفاعل العديد من دوافع المخاطر المناخية وغير المناخية، مما سيؤدي إلى تفاقم المخاطر الشاملة والمخاطر المتتالية عبر القطاعات والمناطق" [10].

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ،
Climate Change 2023: Synthesis Report
(تغير المناخ 2023: تقرير تجميعي)

[1] WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, State of the Climate in Europe 2022, WMO, Geneva (2022).

[2] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva (2022).

[3] MINISTRY OF STATISTICS AND PROGRAMME IMPLEMENTATION, Energy Statistics India 2023 (2023), https://www.mospi.gov.in/publication/energy-statistics-india-2023

[4] هيئة كهرباء ومياه دبي، الموجز الإحصائي 2021 (2021)، Annual Statistics 2021 (2021), https://www.dewa.gov.ae/-/media/Files/About-DEWA/Annual-Statistics/DEWA-statistics_booklet_2021_EN.ashx

[5] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، نظام المعلومات عن مفاعلات القوى (2023)، https://pris.iaea.org/pris/Home.aspx [البيانات الواردة في قاعدة البيانات هذه مرهونة بالتوافر وبتقارير الدول الأعضاء في الوكالة. المنشور لا يشمل وحدات المفاعلات الأوكرانية لأن البيانات التشغيلية الخاصة بعام 2022 لم تُقدَّم حتى موعد نشر هذه الوثيقة.]

[6] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, National Centers for Environmental Information Global Time Series, Global Land and Ocean Temperature Anomalies, January-December (2023), https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series

[7] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, Statement by Ms. Tatiana Molcean at the 32nd Session of the Committee on Sustainable Energy (2023), https://unece.org/speeches/statement-ms-tatiana-molcean-32nd-session-committee-sustainable-energy

[8] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, World Energy Outlook 2023 (2023), https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023

[9] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach: 2023 Update (2023), https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach

[10] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, “Summary for policymakers”, Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change 2023: Synthesis Report (Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (Eds)) IPCC, Geneva (2023).

المراجع

ملحوظة تحريرية

حُرِّر هذا المنشور من جانب موظفي هيئة التحرير في الوكالة الدولية للطاقة الذرية بقدر ما اعتُبِر ذلك ضرورياً لمساعدة القارئ. وهو لا يتناول مسائل تتعلق بالمسؤولية، قانونية كانت أم غير قانونية، عن أفعال أو الامتناع عن أفعال من جانب أي شخص.

والإرشادات والتوصيات المقدمة في هذا المنشور فيما يتعلق بالممارسات الجيّدة المحددة تمثل آراء الخبراء ولا تشكل إرشادات وتوصيات صادرة على أساس توافق في آراء جميع الدول الأعضاء.

وعلى الرغم من توخي قدر كبير من الحرص للحفاظ على دقة المعلومات الواردة في هذا المنشور، لا تتحمل الوكالة الدولية للطاقة الذرية ولا دولها الأعضاء أي مسؤولية عن العواقب التي قد تنشأ عن استخدام تلك المعلومات.

واستخدام تسميات معيَّنة لبلدان أو أقاليم لا يعني ضمناً إصدار أي حكم من جانب الناشر، أي الوكالة الدولية للطاقة الذرية، بشأن الوضع القانوني لهذه البلدان أو الأقاليم أو سلطاتها ومؤسساتها أو تعيين حدودها.

وذكر أسماء شركات أو منتجات معيَّنة (سواء مع الإشارة إلى أنها مسجّلة أو دون تلك الإشارة) لا يعني ضمناً وجود أي نية لانتهاك حقوق الملكية، كما لا ينبغي أن يُفسَّر على أنه تأييد أو توصية من جانب الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

ولا تتحمَّل الوكالة الدولية للطاقة الذرية أي مسؤولية عن استمرارية أو دقّة الوصلات الإلكترونية للمواقع الشبكية الخاصة بطرف خارجي أو طرف ثالث المشار إليها في هذا المنشور ولا تضمن أن يكون، أو أن يظلَّ، أي محتوى يرد في تلك المواقع الشبكية دقيقاً أو ملائماً.

الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الاتحاد الروسي
إثيوبيا
أذربيجان
الأرجنتين
الأردن
أرمينيا
إريتريا
إسبانيا
أستراليا
إستونيا
إسرائيل
إسواتيني
أفغانستان
إكوادور
ألبانيا
ألمانيا
الإمارات العربية المتحدة
أنتيغوا وبربودا
إندونيسيا
أنغولا
أوروغواي
أوزبكستان
أوغندا
أوكرانيا
إيران (جمهورية-الإسلامية)
آيرلندا
آيسلندا
إيطاليا
بابوا غينيا الجديدة
باراغواي
باكستان
بالاو
البحرين
البرازيل
بربادوس
البرتغال
بروني دار السلام
بلجيكا
بلغاريا
بليز
بنغلاديش
بنما
بنن
بوتسوانا
بوركينا فاسو
بوروندي
البوسنة والهرسك
بولندا
بوليفيا، دولة - المتعددة القوميات
بيرو
بيلاروس
تايلند
تركمانستان
تركيا
ترينيداد وتوباغو
تشاد
توغو
تونس
تونغا
جامايكا
الجبل الأسود
الجزائر
جزر البهاما
جزر القمر
جزر مارشال
جمهورية أفريقيا الوسطى
الجمهورية التشيكية
الجمهورية الدومينيكية
الجمهورية العربية السورية
جمهورية الكونغو الديمقراطية
جمهورية تنزانيا المتحدة
جمهورية كوريا
جمهورية لاو الديمقراطية الشعبية
جمهورية مولدوفا
جنوب أفريقيا
جورجيا
جيبوتي
الدانمرك
دومينيكا
رواندا
رومانيا
زامبيا
زمبابوي
ساموا
سان مارينو
سانت فنسنت وجزر غرينادين
سانت كيتس ونيفس
سانت لوسيا
سري لانكا
السلفادور
سلوفاكيا
سلوفينيا
سنغافورة
السنغال
السودان
السويد
سويسرا
سيراليون
سيشيل
شيلي
صربيا
الصين
طاجيكستان
العراق
عُمان
غابون
غامبيا
غانا
غرينادا
غواتيمالا
غيانا
فانواتو
فرنسا
الفلبين
فنزويلا (جمهورية-البوليفارية)
فنلندا
فيجي
فييت نام
قبرص
قطر
قيرغيزستان
كابو فيردي
كازاخستان
الكاميرون
الكرسي الرسولي
كرواتيا
كمبوديا
كندا
كوبا
كوت ديفوار
كوستاريكا
كولومبيا
الكونغو
الكويت
كينيا
لاتفيا
لبنان
لختنشتاين
لكسمبرغ
ليبيا
ليبيريا
ليتوانيا
ليسوتو
مالطة
مالي
ماليزيا
مدغشقر
مصر
المغرب
مقدونيا الشمالية
المكسيك
ملاوي
المملكة العربية السعودية
المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية
منغوليا
موريتانيا
موريشيوس
موزامبيق
موناكو
ميانمار
ناميبيا
النرويج
النمسا
نيبال
النيجر
نيجيريا
نيكاراغوا
نيوزيلندا
هايتي
الهند
هندوراس
هنغاريا
هولندا
الولايات المتحدة الأمريكية
اليابان
اليمن
اليونان

وافق المؤتمر المعني بالنظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية الذي عُقد في المقرّ الرئيسي للأمم المتحدة في نيويورك، في 23 تشرين الأول/أكتوبر 1956، على النظام الأساسي للوكالة الذي بدأ نفاذه في 29 تموز/يوليه 1957. ويقع المقرُّ الرئيسي للوكالة في فيينا. ويتمثَّل هدف الوكالة الدولية للطاقة الذرية الرئيسي في "تعجيل وتوسيع مساهمة الطاقة الذرية في السلام والصحة والازدهار في العالم أجمع".

ملاحظة بشأن حقوق النشر

جميع المنشورات العلمية والتقنية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية محمية بموجب الاتفاقية العالمية لحقوق التأليف والنشر بصيغتها المعتمدة في عام 1952 (برن) والمنقحة في عام 1972 (باريس). وقد عمدت المنظمة العالمية للملكية الفكرية (جنيف) لاحقاً إلى توسيع نطاق حقوق التأليف والنشر لتشمل الملكية الفكرية الإلكترونية والفرضية. ويجب الحصول على إذن باستخدام النصوص الواردة في منشورات الوكالة الدولية للطاقة الذرية بشكلها المطبوع أو الإلكتروني، استخداما كلياً أو جزئياً؛ ويخضع هذا الإذن عادة لاتفاقات متعلقة برسوم الجعالة الأدبية. ويُرحَّب بأية اقتراحات تخص الاستنساخ والترجمة لأغراض غير تجارية، وسيُنظَر فيها على أساس كل حالة على حدة.

وينبغي توجيه أية استفسارات إلى قسم النشر التابع للوكالة (IAEA Publishing Section) على العنوان التالي:

Marketing and Sales Unit,
Publishing Section
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
PO Box 100 1400 Vienna, Austria
tel.: +43 1 2600 22417
email: sales.publications@iaea.org
www.iaea.org/publications

حقوق النشر محفوظة للوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2023

طُبِع من قِبَل الوكالة الدولية للطاقة الذرية في النمسا، تشرين الثاني/نوفمبر 2023

IAEA/PAT/003

بيانات فهرسة منشورات الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الاسم: الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

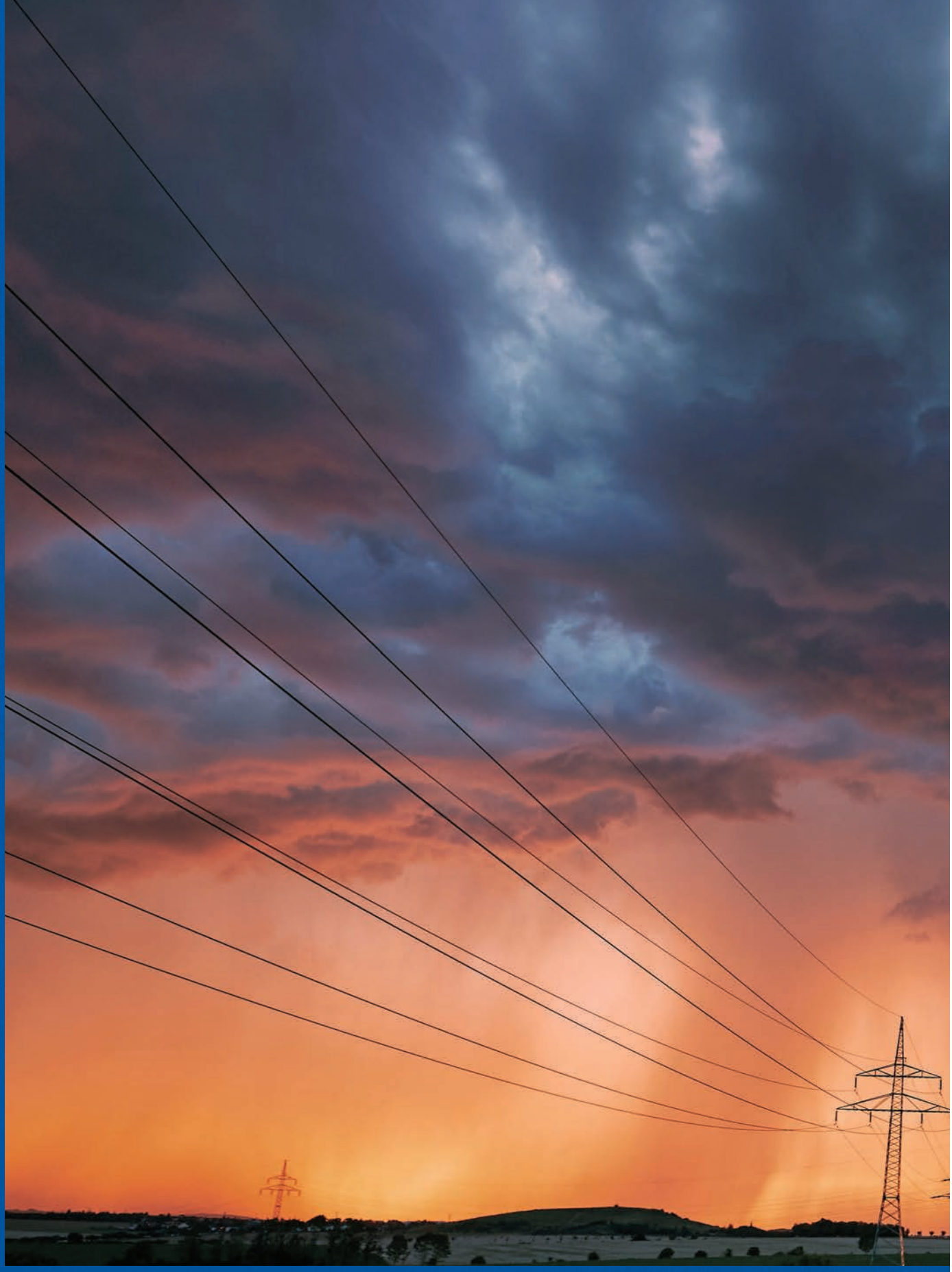
العنوان: الطاقة النووية في نظم القوى القادرة على تحمُّل تغيُّر المناخ / الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

الوصف: فيينا: الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2023. | يشمل مراجع ببليوغرافية.

رمز التعريف: IAEAL 23-01626

الموضوعات: رؤوس موضوعات مكتبة الكونغرس: الطاقة النووية – العوامل المناخية. | مصادر الطاقة المتجددة. التخفيف من حدة تغير المناخ.

التصنيف: UDC 620.91 | IAEA/PAT/003



23-03771E

زوروا موقعنا الشبكي

iaea.org

فيينا، 2023