IAEA
الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الطاقة النووية وتغير المناخ

أسئلة وأجوبة عن التقدم المحرز والتحديات والفرص

خلاصة لمساهمة الوكالة في الحصيلة العالمية الأولى المندرجة في إطار اتفاق باريس

تسهم الطاقة النووية مساهمة كبيرة في التخفيف من حدة تغير المناخ والتكيف معه وتدعم التنمية المستدامة في الوقت ذاته.

وتمثِّل الطاقة النووية ثاني أكبر مصدر للكهرباء المنخفضة الكربون، وقطاع القوى النووية مهيأ جيداً للتكيف مع المناخ المتغير. وتدرج بلدان كثيرة الطاقة النووية في استراتيجياتها الوطنية المتعلقة بتغير المناخ.

ومن الضروري اتخاذ إجراءات إضافية للاستفادة إلى أقصى حد من الإمكانات التي توفرها الطاقة النووية لدعم أنشطة التخفيف من حدة تغير المناخ والقدرة على الصمود في مواجهته، بما يشمل وضع سياسات متسقة، واتخاذ تدابير ذات صلة بالرقابة والبنى الأساسية وتدابير أخرى لحشد التدفقات المالية وتوجيهها صوب أهداف محددة، بالتزامن مع مواصلة الجهود الرامية إلى إدماج أوجه التقدم في علم المناخ والتنبؤات المناخية في عمليات تصميم محطات القوى النووية وتحديد مواقعها وتشغيلها.

وتؤدي الوكالة دوراً رياديا في مساعدة دولها الأعضاء في سعيها إلى التصدي لتغير المناخ باستخدام الطاقة النووية عن طريق دعم البرامج النووية القائمة والجديدة في شتى أنحاء العالم، وحفز الابتكار، وبناء القدرات على تخطيط الطاقة تخطيطاً مستداماً. وتعمل الوكالة أيضاً مع الدول الأعضاء لزيادة متانة محطات القوى النووية وتعزيز قدرتها على الصمود في مواجهة تغير المناخ.

أقل من درجتين مئويتين

يلزم استخدام جميع تكنولوجيات الطاقة المنخفضة الكربون، بما يشمل القوى النووية، لتحقيق هدف اتفاق باريس المتمثل في الإبقاء على ارتفاع درجة الحرارة على المستوى العالمي في حدود تقل عن درجتين مئويتين.

في آذار/مارس 2023، لبَّت الوكالة دعوة رئيسَي الهيئة الفرعية للتنفيذ والهيئة الفرعية للمشورة العلمية والتكنولوجية التابعتين لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وقدَّمت مساهمات في الحصيلة العالمية الأولى المندرجة في إطار اتفاق باريس المتعلق بتغير المناخ. وهدف الحصيلة العالمية هو تحقيق ما يلي: "[تمكين] البلدان والجهات المعنية الأخرى من معرفة المجالات التي تتقدم فيها جماعياً نحو تحقيق أهداف اتفاق باريس والمجالات التي لم تحرز فيها بعد أي تقدم. والحصيلة العالمية هي بمثابة عملية جرد. فهي تعني النظر في كل ما يرتبط بالمكان الذي بلغته بلدان العالم من حيث تنفيذ الإجراءات المتعلقة بالمناخ ودعمها، وتحديد الثغرات، والعمل معاً للموافقة على مسارات تؤدي إلى الحلول المطلوبة (حتى عام 2030 وما بعده)" [1].

ويقدِّم هذا المنشور خلاصة لمساهمة الوكالة في الحصيلة العالمية على شكل سلسلة من الأسئلة والأجوبة تتناول دور الطاقة النووية في التخفيف من حدة تغير المناخ والتكيف معه، والتمويل والتكنولوجيا المرتبطين بالعمل المناخي، وعدداً من الجوانب الاقتصادية، ومسائل شاملة. وتم التوسع في دراسة هذه المواضيع في منشورات صدرت حديثاً عن الوكالة، بما في ذلك المنشوران المعنونان "Nuclear Energy for a Net Zero World" (تسخير الطاقة النووية من أجل عالم خالٍ من الانبعاثات) [2] و"Climate Change and Nuclear Power 2022" (تغير المناخ والقوى النووية لعام 2022) [3].

"مع اقتراب نهاية الحصيلة العالمية الأولى المندرجة في إطار اتفاق باريس، خلال الدورة الثامنة والعشرين لمؤتمر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (COP28)، لا بد من أن نتذكر الدور الرئيسي للعلوم والتكنولوجيا النووية في التصدي للأزمة المناخية. وتوفر القوى النووية ربع الكهرباء المنخفضة الكربون في العالم. وفي وقت تنتج فيه القوى النووية كمية متزايدة من الكهرباء على المستوى العالمي وتسهم فيه مساهمة متزايدة في إزالة الكربون من قطاعات أخرى في الاقتصاد، ستكون الطاقة النووية جزءاً من الحل للوصول إلى عالم خالٍ من الانبعاثات".

السيد رافائيل ماريانو غروسي
المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية

التخفيف من حدة تغير المناخ

1-

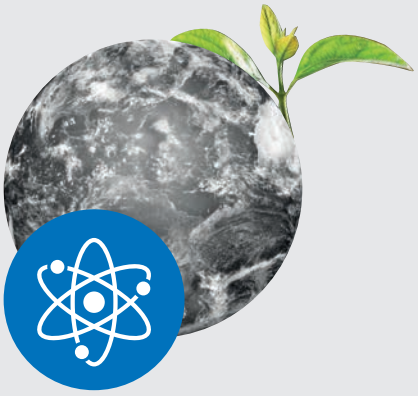
كيف تسهم الطاقة النووية فعلاً في إجراءات التخفيف من حدة تغير المناخ وفي تحقيق الطموحات المعلَنة في إطار اتفاق باريس، بما يشمل أهداف الإبقاء على ارتفاع درجة الحرارة في حدود تقل بكثير عن درجتين مئويتين (ومواصلة الجهود الرامية إلى حصر الاحترار في حدود لا تتجاوز 1,5 درجة مئوية)[1] وخفض صافي انبعاثات الكربون إلى مستوى الصفر[2] ؟

لا تزال الطاقة النووية ثاني أكبر مصدر للكهرباء المنخفضة الكربون على المستوى العالمي وقد أتاحت حتى الآن تجنب إصدار نحو 70 مليار طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون [4]. ومع أكثر من 400 مفاعل للقوى النووية قيد التشغيل وأكثر من 50 مفاعلاً قيد التشييد [5]، يتواصل الدور المثبت للقوى النووية في التخفيف من حدة تغير المناخ بحيث أنها تعزز إزالة الكربون من قطاع توليد الكهرباء بفعل قدرتها على توفير الطاقة بموثوقية عند الطلب، وتدعم زيادة حصص المصادر الأخرى لتوليد الكهرباء المنخفضة الكربون في الأسواق، ولا سيما مصادر الطاقة المتجددة المتغيرة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح [4 و6].

وإضافةً إلى التشغيل المستمر لمحطات القوى النووية وإلى تشييد محطات جديدة، أُحرزَ تقدم مهم على المستوى العالمي في تمديد العمر التشغيلي للمحطات القائمة، وهو ما يتيح الحفاظ على "أساس متين يمكن الارتكاز عليه للانتقال إلى نظم الطاقة النظيفة" [4]. ففي الفترة من عام 2019 إلى عام 2022، اتُخذَت قرارات ذات صلة بالسياسات والرقابة أتاحت تمديد العمر التشغيلي لمفاعلات لها القدرة على توليد ما يفوق 50 غيغاواطاً من الطاقة النووية، وهناك قرارات يُتوقَّع اتخاذها بشأن مفاعلات لها نحو 60 غيغاواطاً إضافياً من القدرة النووية [4].

وأُبرزَت هذه التطورات وغيرها في أحدث توقعات صدرت عن الوكالة بشأن نشر القوى النووية حتى عام 2050 [7]. وتشير التوقعات الإيجابية، أي تلك المراعية للسياسات القُطرية المتعلقة بتغير المناخ والنوايا التي أعربت عنها البلدان بشأن زيادة استخدام القوى النووية، إلى أن القدرة النووية في العالم سترتفع بمقدار الضعف بحلول عام 2050 لتصل إلى 873 غيغاواطاً. أما التوقعات السلبية، فتشير إلى أن القدرة النووية ستقارب 400 غيغاواط في عام 2050 (مثلما هي عليه اليوم تقريباً) في حال "استمرار الاتجاهات الراهنة المتعلقة بالأسواق والتكنولوجيا والموارد وحصول تعديلات إضافية قليلة في القوانين والسياسات واللوائح الصريحة التي تؤثر في القوى النووية" [7].

لا تزال الطاقة النووية ثاني أكبر مصدر للكهرباء المنخفضة الكربون على المستوى العالمي وقد أتاحت حتى الآن تجنب إصدار نحو 70 مليار طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.



[1] الفقرة الفرعية (أ) من الفقرة 1 من المادة 2 في اتفاق باريس: "الإبقاء على ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية في حدود أقل بكثير من درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل الحقبة الصناعية ومواصلة الجهود الرامية إلى حصر ارتفاع درجة الحرارة في حد لا يتجاوز 1,5 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الحقبة الصناعية، تسليماً بأن ذلك سوف يقلص بصورة كبيرة مخاطر تغير المناخ وآثاره."

[2] الفقرة 1 من المادة 4 في اتفاق باريس: "من أجل تحقيق هدف درجة الحرارة الطويل الأجل المحدد في المادة 2، تهدف الأطراف إلى تحقيق وقف عالمي لارتفاع انبعاثات غازات الدفيئة في أقرب وقت ممكن، مُسلِّمة بأن وقف ارتفاع الانبعاثات سيتطلب وقتاً أطول من البلدان النامية الأطراف؛ وإلى الاضطلاع بتخفيضات سريعة بعد ذلك وفقاً لأفضل المعارف العلمية المتاحة، من أجل تحقيق توازن بين الانبعاثات البشرية المنشأ من المصادر وعمليات إزالتها بواسطة البواليع في النصف الثاني من القرن، على أساس الإنصاف وفي سياق التنمية المستدامة والجهود الرامية إلى القضاء على الفقر."

2- هل الالتزامات الوطنية الراهنة بخفض انبعاثات غازات الدفيئة (بما يشمل المساهمات المحددة وطنياً) كافية لتحقيق أهداف اتفاق باريس؟ وما هو مقدار التخفيضات الإضافية التي لا يزال ينبغي تحقيقها؟

حسب الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ [8]، والوكالة الدولية للطاقة [9]، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة [10]، لا تزال المساهمات المحددة وطنياً التي قدَّمتها البلدان في إطار اتفاق باريس غير كافية لحصر الاحترار العالمي في حدود تقل بكثير عن درجتين مئويتين. وفي حال تنفيذ المساهمات المحددة وطنياً غير المشروطة تنفيذاً كاملاً، تفيد تقديرات برنامج الأمم المتحدة للبيئة بأن الانبعاثات السنوية قد تزيد بما يساوي 15 و23 غيغاطناً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون على المستوى المطلوب في عام 2030 فيما يتعلق بهدف الدرجتين المئويتين وهدف الدرجة ونصف الدرجة المئوية على التوالي، وقد تزيد بما يساوي 24 و36 غيغاطناً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون على المستوى المطلوب في عام 2050 [10].

وإذا تحققت الالتزامات بخفض صافي انبعاثات الكربون إلى مستوى الصفر التي قدَّمتها الدول الأعضاء في مجموعة العشرين وتسع دول أخرى تصدر قدراً كبيراً من الانبعاثات[3] — علماً أن بعض هذه الالتزامات طموح للغاية — قد يتم حصر الاحترار دون عتبة الدرجتين المئويتين، ولكن ستكون هناك فجوة تقارب 12 غيغاطناً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون فيما يتعلق بهدف الدرجة ونصف الدرجة المئوية في عام 2050 [10].

[3] الإمارات العربية المتحدة وأوكرانيا، وتايلند، وشيلي، وفييت نام، وكازاخستان، وكولومبيا، وماليزيا، ونيجيريا.

3- ما هي الجهود المبذولة لتخطيط إجراءات التخفيف من حدة تغير المناخ وتنفيذها وتعجيلها باستخدام الطاقة النووية؟

وفقاً للمساهمات المحددة وطنياً والاستراتيجيات الطويلة الأجل المقدمة في إطار اتفاق باريس [11 و12]، يعمل ما يقارب 30 بلداً على تخطيط مجموعة من الإجراءات وعلى تنفيذها و/أو تعجيلها بالاستفادة من الإمكانات الكبيرة للطاقة النووية في التخفيف من حدة تغير المناخ (انظر الجدول 1). ويشمل ذلك 14 بلداً أعطت الطاقة النووية دوراً مهماً في أحدث صيغة من مساهماتها المحددة وطنياً ونحو 20 بلداً أدرجت الطاقة النووية في استراتيجياتها الطويلة الأجل.

ويُشار إلى أن البلدان المذكورة في المربعات المظللة باللون الأصفر في الجدول 1 تصدر مجتمعةً أكثر من 70 في المائة من الانبعاثات العالمية المرتبطة بالطاقة [14]. وفي إطار هذه المساهمات المحددة وطنياً، تشمل الالتزامات أهدافاً كميَّة وأخرى موجَّهة نحو المشاريع لزيادة القدرات في مجال الطاقة النووية، وتدابير لتطوير تكنولوجيات جديدة خاصة بالطاقة النووية واستخدامها (بما في ذلك المفاعلات النمطية الصغيرة وتكنولوجيات إنتاج الحرارة المنخفضة الكربون والهيدروجين المنخفض الكربون)، وإعلانات نوايا عامة بشأن تطوير نظم الطاقة النووية ونشرها واستخدامها بغية تحقيق أهداف التخفيف من حدة تغير المناخ، وأهدافاً لدعم البلدان النامية وتنوع القوى العاملة في ميدان الصناعة النووية.

وفيما يتجاوز المساهمات المحددة وطنياً والاستراتيجيات الطويلة الأجل، يسعى نحو 50 بلداً إضافياً إلى توليد الطاقة النووية، ومنها بلدان أعربت عن اهتمامها بالعمل في هذا المجال وبلدان تقوم حالياً بتشييد محطاتها الأولى للقوى النووية.

وفضلاً عن ذلك، تقدِّم الوكالة الدعم إلى البلدان لتكون مساهماتها المحددة وطنياً متسمة بمزيد من الطموح. فالوكالة تساعد الدول الأعضاء على تقييم خيار إدراج الطاقة النووية في استراتيجياتها المتعلقة بإزالة الكربون، وذلك مثلاً عن طريق دعم البلدان في بناء القدرات على تخطيط الطاقة وإجراء البحوث بشأن هذا الموضوع [15].

	البلدان التي تستخدم القوى النووية اليوم	البلدان التي هي في صدد تشييد محطتها الأولى للقوى النووية	البلدان الأخرى
الطاقة النووية في المساهمات المحددة وطنياً والاستراتيجيات الطويلة الأجل	أوكرانيا، والصين، وكندا، والمملكة المتحدة، والولايات المتحدة الأمريكية		
الطاقة النووية في المساهمات المحددة وطنياً فقط	الاتحاد الروسي، والأرجنتين، وأرمينيا، والإمارات العربية المتحدة، وجمهورية إيران الإسلامية، والهند	تركيا	جمهورية كوريا الشعبية الديمقراطية وغانا
الطاقة النووية في الاستراتيجيات الطويلة الأجل فقط	الجمهورية التشيكية، وسلوفاكيا، وسلوفينيا، والسويد، وفرنسا، وفنلندا، والمكسيك، وهنغاريا، وهولندا، واليابان		أستراليا، وسنغافورة، وكولومبيا، والمغرب
الطاقة النووية غير مدرجة في المساهمات المحددة وطنياً أو الاستراتيجيات الطويلة الأجل (أو مذكورة في سياق وقف برامج الطاقة النووية أو إنهائها تدريجياً)	إسبانيا، وألمانيا، وباكستان، والبرازيل، وبلجيكا، وبلغاريا، وبيلاروس، وجمهورية كوريا، وجنوب أفريقيا، ورومانيا، وسويسرا	بنغلاديش ومصر	باقي بلدان العالم

ملاحظة: أعلنت جمهورية كوريا حديثاً أنها تعتزم تنقيح مساهماتها المحددة وطنياً واستراتيجياتها الطويلة الأجل لتعزيز دور القوى النووية [13].

الجدول 1: الطاقة النووية في الالتزامات والاستراتيجيات الوطنية، حتى منتصف عام 2022 [11 و12].

30

يعمل ما يقارب بلداً على تخطيط مجموعة من الإجراءات وعلى تنفيذها و/أو تعجيلها بالاستفادة من الإمكانات الكبيرة للطاقة النووية في التخفيف من حدة تغير المناخ.

4- هل تُعَدُّ الجهود المبذولة حالياً للتخفيف من حدة تغير المناخ باستخدام الطاقة النووية، بما يشمل السياسات ووسائل الدعم الأخرى، جهوداً كافية لتحقيق أهداف اتفاق باريس؟

تم التشديد في كل مسارات التخفيف من حدة تغير المناخ على الصعيد العالمي المقدمة في تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ [8 و16] على الدور المهم للطاقة النووية في سيناريوهات الانتقال إلى الطاقة النظيفة المتماشية مع جهود تحقيق أهداف اتفاق باريس. وفي أكثرية مسارات توليد الطاقة المنخفضة الكربون الواردة في تقرير التقييم السادس، يُتوقَّع أن يرتفع إنتاج الكهرباء في محطات القوى النووية حول العالم بمقدار الضعف على الأقل بحلول عام 2050 [17].

ولا تزال القوى النووية تمثِّل ثاني أكبر مصدر للكهرباء المنخفضة الكربون في شتى أنحاء العالم، ولكن في الكثير من المناطق والبلدان، لا تتماشى السياسات والجهود وأوجه الدعم المقدمة لأغراض التخفيف من حدة تغير المناخ باستخدام الطاقة النووية مع مسارات التخفيف التي حدَّدتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. ويعني ذلك أنه على الرغم من التقدم المهم المحرز والطموحات التي تحملها البلدان (انظر السؤالين 1 و3)، لا يزال الدعم المقدم لنشر محطات جديدة للقوى النووية وتمديد العمر التشغيلي للمحطات القائمة دعماً غير ملائم، وهو يتعارض في بعض الحالات مع أهداف اتفاق باريس.

خصَّص 14 بلداً دوراً مهماً للطاقة النووية.

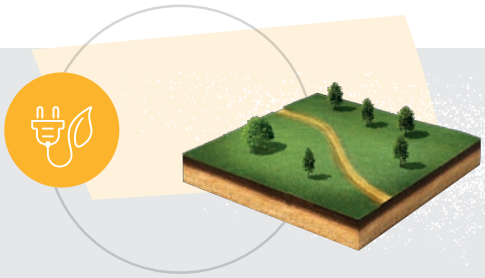
تمثِّل القوى النووية ثاني أكبر مصدر للكهرباء المنخفضة الكربون على المستوى العالمي.

5- ما هي الإجراءات الإضافية الواجب اتخاذها لتخطي عوائق وتحديات التخفيف من حدة تغير المناخ (التي تواجه قطاع الطاقة النووية وغيره من قطاعات الطاقة المنخفضة الكربون) على المستويات الوطنية والإقليمية والدولية؟

من أجل تعجيل جهود التخفيف من حدة تغير المناخ وتوسيع نطاقها في قطاع الطاقة على نحو يتوافق مع أهداف اتفاق باريس وتخطي العوائق والتحديات القائمة على مستويات مختلفة، لا بد من توافر مجموعة من التدابير المتسقة ذات الصلة بالسياسات والرقابة والبنى الأساسية فضلاً عن تدابير أخرى [2 و3 و9] لمعالجة المسائل التالية:

- **الأسواق والرقابة:** يمكن أن يسعى واضعو السياسات والهيئات الرقابية إلى تقليل العوائق وأوجه الخلل القائمة في أسواق الطاقة والاستثمار، مثل تلك المتعلقة بالتصاميم والرقابة في سوق الكهرباء، والإعانات غير المخصصة بالطريقة الملائمة، وأسعار الكربون غير المرتفعة، وعدم توافر آليات لتقدير قيمة الخدمات (من حيث المرونة والموثوقية مثلاً) التي يقدِّمها منتجو الطاقة، بما في ذلك محطات القوى النووية، وتقديم تعويض مقابلها. ويمكن أيضاً جعل عمليات الموافقة على مشاريع إنتاج الطاقة المنخفضة الكربون أكثر توافقاً مع ضرورة اتخاذ إجراءات عاجلة على صعيد الأمن المناخي وأمن الطاقة.
- **توجيه الاستثمارات:** ينبغي أن تكون تعاريف المعايير الخاصة بالبيئة والمسائل الاجتماعية والحوكمة، التي ترمي إلى توجيه استثمارات القطاعين العام والخاص صوب خيارات إنتاج الطاقة المنخفضة الكربون، بما يشمل التصنيفات التي تضعها الحكومات، مرتكزة على أساس علمي متين، وينبغي تجنب العوائق التعسفية في هذا الصدد. فعن طريق اعتماد معايير محايدة تكنولوجياً موضوعية وشفافة، يمكن حشد الاستثمارات وتوجيهها بما يتيح تعظيم حظوظ خفض صافي انبعاثات الكربون إلى مستوى الصفر مع الاستجابة في الوقت ذاته لجوانب أخرى من التنمية المستدامة.
- **إدارة المخاطر المقترنة بمشاريع الطاقة النظيفة:** يمكن أن يعتمد متخذو القرارات تدابير متسقة وهادفة ذات صلة بالسياسات للمساعدة على التخفيف من المخاطر التي تواجه المستثمرين فيما يخص مشاريع الطاقة المنخفضة الكربون الطويلة الأجل التي تستلزم الكثير من الأموال. فمن شأن هذه التدابير أن توفر الدعم للمشاريع التي تستغرق فترات زمنية طويلة وتقترن بعمليات رقابية معقدة ويمكن ألا تحظى بالدعم السياسي، وكذلك للمشاريع التي تقدِّم الكثير من المنافع غير السوقية، ومنها تعزيز أمن الطاقة على المدى البعيد. ويمكن لواضعي السياسات تيسير الاستثمارات الخاصة وحشدها من خلال تدابير ترمي إلى إدارة المخاطر وتقاسمها أثناء عمليات التشييد (مثلاً عن طريق توفير التمويل المباشر من القطاع العام أو تقديم الضمانات فيما يخص الاستثمارات بالدين والاستثمارات بالمساهمة، بما يشمل نُهج قاعدة الأصول الخاضعة للتنظيم الرقابي) ومخططات لتقاسم المخاطر المرتبطة بالتسعير والعائدات، مثل العقود مقابل الفروقات واتفاقات شراء الطاقة.
- **التنسيق والتعاون:** سيتعين على واضعي السياسات تنسيق وربما تمويل أعمال تطوير البنى الأساسية المادية (مثل شبكات الطاقة وسلاسل الإمداد الآمنة الخاصة بالسلع الحرجة) والبنى الأساسية غير المادية (مثل رأس المال البشري والمؤسسات والأطر القانونية) من أجل دعم الانتقال إلى الطاقة النظيفة، وتعزيز التعاون المالي الدولي، وزيادة التمويل المحايد تكنولوجياً الوارد من البنوك الإنمائية المتعددة الأطراف والمؤسسات المعنية بتمويل العمل المناخي — وبخاصة لتيسير التدفقات المالية لصالح مشاريع الطاقة في البلدان النامية — ودعم تنمية أسواق رؤوس الأموال على المستوى المحلي.
- **دعم التكنولوجيات الجديدة:** سيكون لمواصلة استثمارات القطاعين العام والخاص في أنشطة البحث والتطوير والمشاريع الإيضاحية لدعم الابتكار التكنولوجي دور حاسم في خفض صافي انبعاثات الكربون إلى مستوى الصفر، نظراً إلى أنه يُتوقَّع أن تأتي تخفيضات كبيرة في الانبعاثات من التكنولوجيات الناشئة، ومنها نظم الطاقة النووية المتقدمة [18].

وإضافةً إلى ما سبق، قد يكون من المجدي اتخاذ تدابير هادفة مؤقتة لتجنب الفقدان المبكر للقدرة على إنتاج الطاقة المنخفضة الكربون، ولا سيما قدرة محطات القوى النووية القائمة، ولثني المستثمرين عن القيام باستثمارات قد تؤدي إلى إدامة البنى الأساسية الطويلة العمر للإمداد بالطاقة التي يتعارض تشغيلها مع أهداف اتفاق باريس.



عن طريق اعتماد معايير محايدة تكنولوجياً موضوعية وشفافة، يمكن حشد الاستثمارات وتوجيهها بما يتيح تعظيم حظوظ خفض صافي انبعاثات الكربون إلى مستوى الصفر.

الممارسات الجيدة، والدروس المستفادة، وقصص النجاح في التخفيف من حدة تغير المناخ

الإمارات العربية المتحدة

يقدِّم نجاح دولة الإمارات العربية المتحدة السريع في تحقيق نسب إنتاج عالية من حيث الطاقة النووية المنخفضة الكربون مثالاً على الممارسات الجيدة والفرص المتاحة لتعزيز التخفيف من حدة تغير المناخ وتعجيله. ومن المتوقع أن تنتج محطة براكة للطاقة النووية وحدها نحو 25 في المائة من الكهرباء في دولة الإمارات العربية المتحدة بحلول عام 2025، وأن تتيح الحد بدرجة عالية من توليد الكهرباء بالغاز الطبيعي، وهو أمر سيؤدي إلى خفض انبعاثات قطاع الطاقة بمقدار النصف تقريباً في إمارة أبوظبي [3 و19]. وكان تشييد المحطة قد بدأ في عام 2012، مما يعني أن عملية إزالة الكربون من قطاع الطاقة حصلت بسرعة، وهناك تجارب مماثلة في السويد وفرنسا وبلدان أخرى نجحت سريعاً خلال العقود السابقة في إزالة الكربون من قطاع الكهرباء لديها باستخدام الطاقة النووية.

الصين

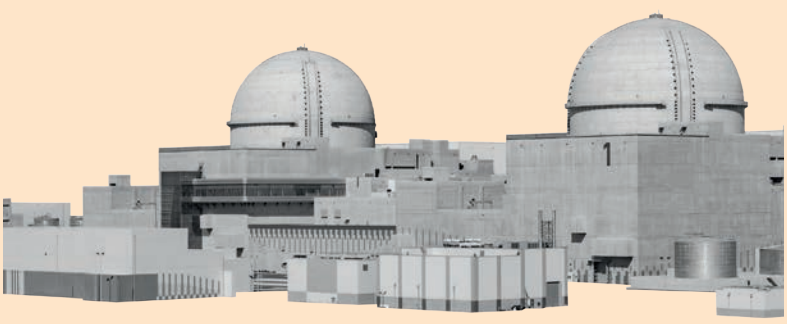
يقدِّم نجاح الصين في نشر تكنولوجيات نووية جديدة لإزالة الكربون من نظام إمدادات الحرارة في البلد دروساً إضافية لا تبيِّن فقط إمكانات الطاقة النووية في إزالة الكربون من قطاع إنتاج الكهرباء، بل تبيِّن أيضاً قدرة الطاقة النووية على توفير الحرارة المنخفضة الكربون لتحقيق أهداف التخفيف من حدة تغير المناخ في التطبيقات غير الكهربائية والقطاعات التي يصعب إزالة الكربون منها [20]. ومن الأمثلة المستمدة من الصين، محطة هايانغ للقوى النووية (التي توفر التدفئة للأحياء السكنية على نطاق تجاري منذ عام 2020 والتي تعمل حالياً على تعزيز قدراتها لتلبية احتياجات مليون شخص من حيث التدفئة [21])، ومحطة كينشان للقوى النووية (التي توفر الحرارة لأغراض المعالجة الصناعية)، ومشروع لتزويد قطاع صناعة البتروكيماويات بالبخار من محطة تيانوان للقوى النووية بحلول نهاية عام 2023، وخطط لاستخدام مفاعلات مخصصة من أجل توفير التدفئة النظيفة للأحياء السكنية في مدينة لياويوان [22].

المملكة المتحدة

على صعيد السياسات، تقدِّم المملكة المتحدة مثالاً على الممارسات الجيدة بحيث أنها نفَّذت مجموعة متكاملة من السياسات والتدابير لدعم الاستثمارات في خيارات إنتاج الطاقة المنخفضة الكربون، بما يشمل الطاقة النووية، تماشياً مع أهدافها الطموحة المتعلقة بالمناخ. وتشمل التدابير المنفَّذة أو قيد الدراسة، التي تكمِّلها استراتيجية شاملة خاصة بالصناعة النووية [23]، ما يلي:

- عقود مقابل الفروقات لتوفير عائدات ثابتة للمستثمرين في مشاريع الكهرباء النظيفة [24]؛
- سوق للمنشآت القادرة على توليد الطاقة عند الطلب (capacity market) ليكون الإمداد بالكهرباء موثوقاً به وذا تكلفة معقولة [25]؛
- عملية لاتخاذ القرارات النهائية بشأن الاستثمارات لتعجيل الاستثمارات في مجال الطاقة؛
- ضمانات خاصة بالقروض لدعم تمويل المشاريع والاستثمار فيها [26]؛
- تمويل حكومي خلال فترة تشييد المشاريع؛
- نماذج قاعدة الأصول الخاضعة للتنظيم الرقابي (Regulated asset base) التي توفر للمستثمرين عائدات منظَّمة [27].

وأقرت المملكة المتحدة بأن الطاقة النووية المنخفضة الكربون توفر أيضاً إمكانات لدعم أهداف التنمية الاجتماعية والاقتصادية الأوسع نطاقاً في تدابير التعافي الواردة ضمن خطتها ذات النقاط العشر لثورة صناعية خضراء، وهي خطة ترمي إلى توفير ما يزيد على 400 مليون جنيه استرليني للمفاعلات النووية النمطية الصغيرة (وحشد التمويل الخاص)، ولأنشطة البحث والتطوير المتعلقة بالمفاعلات النمطية المتقدمة، ولوضع الأطر الرقابية ودعم سلاسل الإمداد [28].



التكيف مع تغير المناخ

6- ما هي التحديات الرئيسية المقترنة بالتكيف مع تغير المناخ التي تواجه قطاع الطاقة النووية في العالم؟ وما مدى ملاءمة وفعالية الجهود المبذولة حالياً للتكيف مع تغير المناخ؟

باتت البنى الأساسية للطاقة في العالم معرَّضة بصورة متزايدة لمخاطر مناخية متكررة وشديدة [29] ويواجه قطاع الطاقة النووية آثاراً مناخية متعددة ويعمل على التصدي لها (انظر الشكل 1).

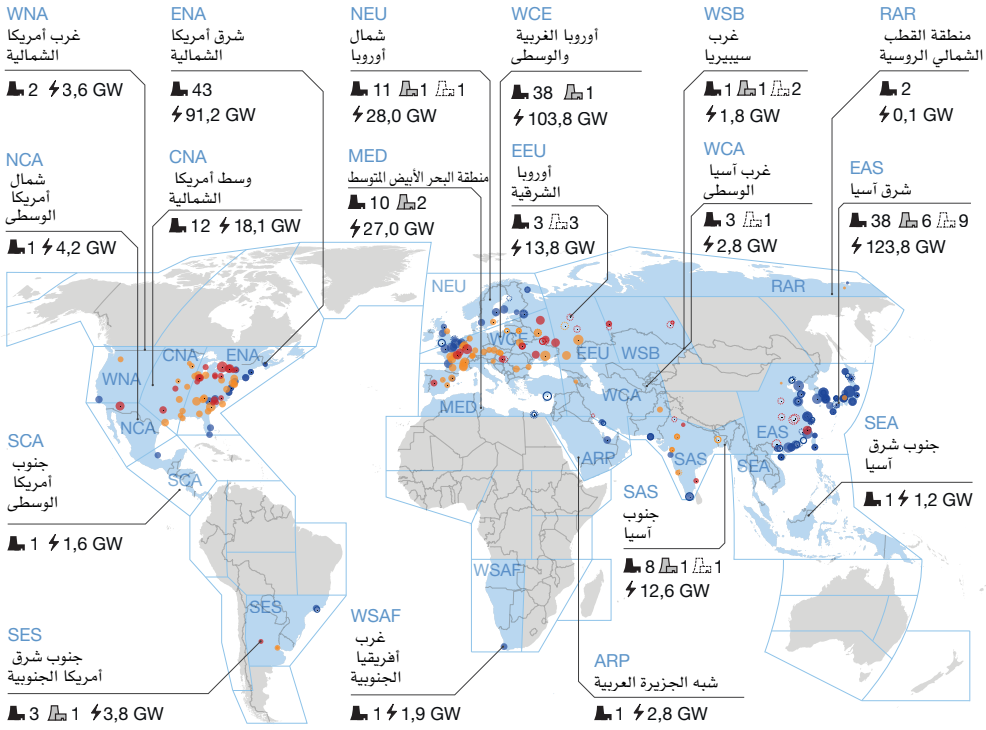
ومع أن الخسائر في إنتاج القوى النووية المبلغ بها والمنسوبة إلى ظروف مناخية وأحوال جوية غير مؤاتية لا تزال محدودة (أقل من 0,5 في المائة من إنتاج المحطات الإجمالي)، فإنها تمثِّل حصة متزايدة من الخسائر الإجمالية في الإنتاج. وفي عام 2022، كانت حصة الخسائر المرتبطة بالطقس أعلى بواقع 11,5 نقطة مئوية مقارنةً بما كانت عليه في العقد الماضي [5 و31].

ويُذكر أن أكثرية الاضطرابات المتعلقة بالمناخ المبلغ بها حصلت في محطات تقع على ضفاف أنهار أو بحيرات حيث تعتمد استمرارية الإنتاج اعتماداً مباشراً على التحكم الصارم بإمكانية الوصول إلى المسطحات المائية، وهو أمر يقلل إلى أدنى حد من الآثار التي قد تلحق بالنظم الإيكولوجية.

ويمكن أن تُعزى فعالية الجهود المبذولة حالياً للتكيف مع تغير المناخ إلى تعديل النظم الرقابية وتحسُّن الخبرات التشغيلية. وفيما يتعلق بالنظم الرقابية، فإن الطبيعة المتبدلة للظواهر الجوية دفعت بلداناً وهيئات رقابية كثيرة إلى تعديل مبادئها التوجيهية الخاصة بالأمان لحفظ أو تعزيز قدرة محطات القوى النووية على مواصلة عملياتها بوجه عام [3]. وكانت حالات الحرارة الشديدة وعدم توافر مياه التبريد والفيضانات سبب اتخاذ تدابير محددة للتكيف مع تغير المناخ [32]. وتم تكييف تصاميم المحطات باستخدام حلول هندسية متنوعة تشمل ما يلي:

'1' التقليل من استخدام مياه التبريد ومن استهلاكها؛ '2' تغيير طريقة استقبال المياه؛ '3' دراسة إمكانية إنتاج المياه في الموقع؛ '4' الاستفادة من قدرات مبادلات الحرارة بصورة متزايدة وبمزيد من الكفاءة. ولذا، فإن قطاع الطاقة النووية مهيأ جيداً لمواجهة الظروف البيئية المتغيرة في المستقبل المنظور [3].

الشكل 1: المخاطر المناخية الإقليمية والعوامل المحركة للتأثير المناخي، استناداً إلى بيانات خاصة بالمناخ من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ [29 و30] وبيانات خاصة بالقطاع النووي من الوكالة [5].



المخاطر المناخية في المناطق التي حدّدتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ	WNA	CNA	ENA	NCA	SCA	SES	NEU	WCE	EEU	MED	WSAF	RAR	WSB	WCA	EAS	ARP	SAS	SEA
الحرارة																		
متوسط درجة الحرارة السطحية	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
الحرارة الشديدة	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
الرطوبة والجفاف																		
فيضان الأنهر	●	●	●			●	●	●	●	●		●					●	●
الأمطار الغزيرة والفيضانات	●	●	●	●		●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●
القحولة		●	●	●	●		●			●	●	●			●			
الجفاف الهيدرولوجي	●							●		●	●							
طقس الحرائق	●	●	●	●	●			●	●	●	●		●		●		●	
الرياح																		
العواصف الريحية الشديدة	●	●	●				●	●	●	●								
الأعاصير المدارية		●	●	●	●										●			●
المخاطر الساحلية																		
الفيضانات الساحلية	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●		●	●	●	●	●
ارتفاع مستوى سطح البحر	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●		●	●	●	●	●

● ثقة عالية
● ثقة متوسطة

ملاحظة: حُسبَت المواقع النووية التي لديها مفاعلات إضافية قيد التشييد أو مخطط لها على أنها موقع واحد.

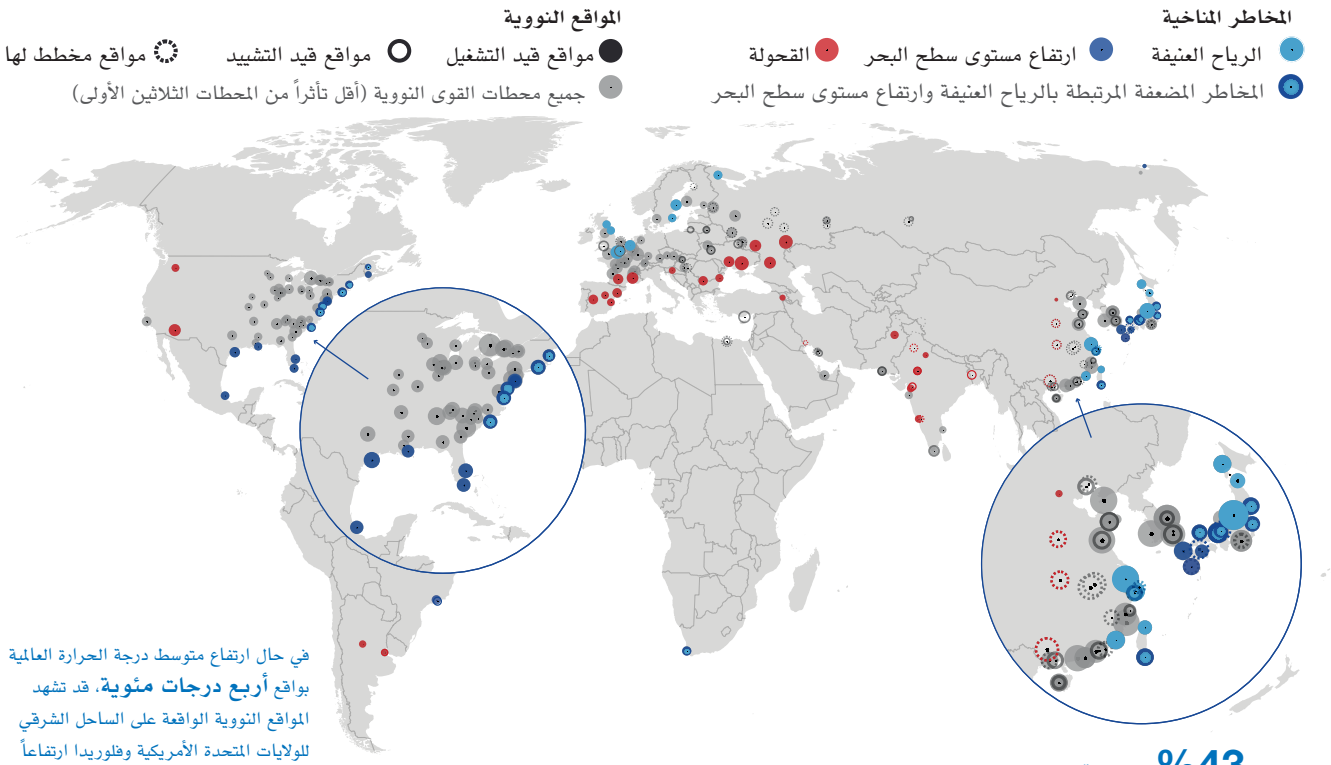
7- ما هي الجهود المبذولة حالياً لضمان تكيُّف قطاع الطاقة النووية مع تغير المناخ؟ وكيف تدعم الوكالة هذه الجهود؟

إضافةً إلى الاستمرار في تطبيق النُهج الناجحة التي تتيح التكيف مع تغير المناخ (انظر السؤال 6)، يمكن بذل جهود إضافية من أجل التكيف والتصدي للمخاطر المتعلقة بالمناخ (مثل المخاطر ذات الصلة بالأحوال الجوية والهيدرولوجيا والحرائق) التي يُحتمل أن تؤثر في جميع أنواع المنشآت النووية حول العالم.

فعلى سبيل المثال، من شأن استباق الظواهر المرتبطة بالطقس والمياه باستخدام نماذج التنبؤات الموسمية ودون الموسمية أن يساعد على تحديد الأولويات والاحتياجات من حيث التنفيذ والدعم، وأن يدعم عمليات التخطيط والإجراءات الرامية إلى ضمان اللياقة التشغيلية لكل مكونات البنى الأساسية للطاقة (انظر الشكل 2) وتصميم تدابير للتخفيف من حدة الآثار الاقتصادية والمجتمعية لهذا النوع من الظواهر.

واستهلت الوكالة مشروعاً تقنياً يرتكز على أحدث تجارب البلدان في تطبيق أساليب التنبؤ بالمناخ لتقييم المخاطر والمسائل المتعلقة بالأمان في المواقع النووية القائمة والجديدة [3]. ويجمع المشروع بين أساليب إحصائية وعددية ونُهج خاصة بالأرصاد الجوية والهيدرولوجيا لتقييم المخاطر المرتبطة بعامل الوقت من منظور الاستدامة، بالاستناد إلى أساليب خاصة لتقييم تطور المخاطر المناخية على مدى فترات زمنية طويلة. وتشمل النتائج المتوقعة في هذا الصدد تحديد الإجراءات المتصلة بالأمان الواجب اتخاذها بغية التصدي للمخاطر داخل المواقع وتصميم تدابير جديدة لحماية المنشآت القائمة والمحطات الجديدة. وسترمي هذه التدابير إلى زيادة متانة محطات القوى النووية وقدرتها على الصمود في مواجهة المخاطر المرتبطة بعامل الوقت التي تتفاقم بفعل تغير المناخ، وستأتي في شكل مجموعة من الترتيبات الهندسية (مثل تحسين الحواجز) والإجراءات التشغيلية المتعلقة بالأداء (مثل الإغلاق الوقائي).

وفضلاً عن ذلك، تدعو الوكالة إلى انعقاد فريق من الخبراء لإعداد منشور يفصِّل الحلول التقنية المرتبطة بالأداء التي اختارتها الدول الأعضاء 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.



تقع نسبة 43% من المنشآت النووية الجديدة في شرق آسيا حيث سُجِّلت زيادة كبيرة في الأعاصير المدارية والفيضانات وحالات الجفاف خلال العقود الماضية، وهو أمر كانت له آثار شديدة ومدمرة على المجتمعات المحلية الساحلية.

في حال ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمية بواقع **أربع درجات مئوية**، قد تشهد المواقع النووية الواقعة على الساحل الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية وفلوريدا ارتفاعاً في مستوى سطح البحر يفوق 50 سنتيمتراً مقارنةً بالمستويات الراهنة، مما سيؤدي إلى تفاقم آثار الظواهر الجوية القصوى الأخرى المتكررة التي يتعذَّر التنبؤ بها.

الشكل 2: لمحة عامة عالمية عن أهم التغيرات البيئية الحاصلة حول مواقع مجموعة مختارة من محطات القوى النووية، استناداً إلى بيانات خاصة بالمناخ من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ [30] وبيانات خاصة بالقطاع النووي من الوكالة [5].

ملاحظة: م/ث - متر في الثانية، م - متر.

8- ما هي الإجراءات الإضافية الواجب اتخاذها في قطاع الطاقة النووية للتكيف مع تغير المناخ؟ وكيف يمكن تخطي العوائق والتحديات؟

"المخاطر المناخية الجديدة، بما فيها المخاطر المضعفة الناجمة عن الظواهر الجوية الشديدة المتعاقبة التي يُعَدُّ احتمال حدوثها ضئيلاً، هي من المسائل التي يجب مراعاتها في عمليات تحديد مواقع المنشآت النووية الجديدة وتصميمها، ولا سيما في البلدان التي تستهل [برامج جديدة للقوى النووية].

ومن شأن الأخذ بأحدث التطورات في علم المناخ، بما يشمل تحسين عرض المخاطر المناخية المرتقبة في المستقبل على المستوى المحلي، أن يسهم مساهمة كبيرة في زيادة قدرة البنى الأساسية النووية على الصمود في مواجهة تغير المناخ وأن يعزز أمن إمدادات الكهرباء" [3].

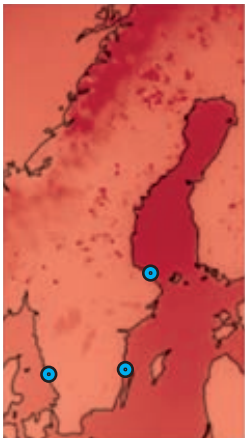
الممارسات الجيدة، والدروس المستفادة، وقصص النجاح في التكيف مع تغير المناخ

السويد وفنلندا

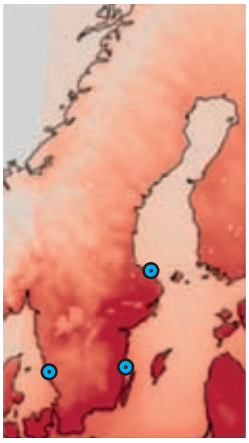
"استعدت محطات القوى النووية في السويد وفنلندا بنجاح لمواجهة المناخ المتغير...حتى فترة تتجاوز عام 2050 بكثير [33]. فالإجراءات التي استُهلت في أعقاب حادث فوكوشيما ومستوى الأمان العالي عامةً في القطاع النووي هي أمور تضمن متانة محطات القوى النووية في التصدي للأحداث الشديدة بوجه عام، بما يشمل الظواهر الجوية الشديدة. وأفضت الاستثمارات الحديثة في النظم المستقلة المخصصة لتبريد قلوب المفاعلات في المحطات بالسويد إلى تعزيز القدرة على مواصلة العمليات [2].

"ولكن حصلت على مدى التاريخ ظواهر متعلقة بالمناخ والطقس من شأنها أن تؤثر في تشغيل محطات القوى النووية ومن المتوقع أن تشتد وتيرتها وخطورتها في المستقبل [(انظر الشكل 3)]. فعلى سبيل المثال، تقع جميع محطات القوى النووية في بلدان الشمال الأوروبي بالقرب من البحر، وقد تكون لهذا السبب عرضةً لخطر ارتفاع مستوى سطح البحر، علماً أن تعلية الأرض في معظم المواقع النووية تساعد على التصدي جزئياً لهذا الخطر. ويُعتقد أن هوامش الأمان الراهنة تكفي لمواجهة آثار ارتفاع مستوى سطح البحر الناجم عن تغير المناخ والأحوال الجوية المتطرفة على مدى عدة عقود من الزمن. وعلى سبيل المثال، يمكن للمحطات القائمة في السويد مواصلة عملياتها حتى لو ارتفع مستوى سطح البحر بما يصل إلى 3 أمتار مقارنةً بالمستوى الحالي الطبيعي [2].

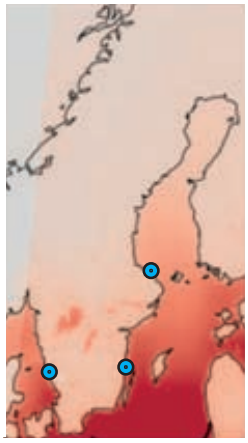
"وهناك ظواهر أخرى متعلقة بالمناخ والطقس يمكن أن تؤثر أيضاً في تشغيل محطات القوى النووية في بلدان الشمال الأوروبي. وتشمل هذه الظواهر مثلاً ضربات البرق التي قد تؤثر في شبكات الإمداد بالكهرباء داخل مواقع المحطات وخارجها. وثمة مثال آخر هو ارتفاع درجة حرارة مياه البحر الذي قد يؤدي في الحالات القصوى إلى خفض الطاقة أو قد يستلزم حتى إغلاقاً مؤقتاً. وفي صيف عام 2018، تأثر الإنتاج في محطتَي رينغهالز ولوفييسا للقوى النووية بدرجة الحرارة المرتفعة لمياه التبريد. ويُشار إلى أن ارتفاع درجة حرارة مياه البحر يزيد أيضاً من خطر انسداد مداخل مياه التبريد بالكائنات البحرية، وهو ما حصل عندما انتشرت قناديل البحر في محطة أوسكارشامن للقوى النووية خلال عامَي 2005 و2013" [2].



التغيرات في درجة الحرارة القصوى (درجات مئوية).



التغيرات في الأيام الحارة المتتالية في الفترة من حزيران/يونيه إلى آب/أغسطس (أيام)



التغيرات في الليالي الحارة (أي الأيام التي تبقى فيها درجات الحرارة خلال فترة الليل أعلى من 20 درجة مئوية)

الشكل 3: التغيرات المتوقعة في مؤشرات المناخ المتصلة بارتفاع درجة حرارة مياه البحر إذا كان الاحترار العالمي فوق عتبة الدرجتين المئويتين مقارنةً بمستويات ما قبل الحقبة الصناعية [2].

ملاحظة: تدل النقاط الزرقاء على محطات مشغلة للقوى النووية.

الولايات المتحدة الأمريكية

"لا تُعَدُّ آثار تغير المناخ المحتملة المذكورة أعلاه مخاطر تهدِّد أمان المحطات، على الأقل في المستقبل المنظور، وهي ترتبط بدرجة أعلى باقتصاديات المحطات وأمن إمدادات الكهرباء" [2]. ويمكن التخفيف من حدة آثار ارتفاع درجة حرارة مياه البحر عن طريق زيادة قدرات مبادلات الحرارة، وسبق أيضاً أن اتُخِذَت تدابير في بعض محطات القوى النووية لرصد الكائنات البحرية وكشفها وإزالتها. وفي سياق مماثل، "اتُخِذَت عدة أنواع مختلفة من التدابير على مستوى المحطات وكذلك على مستوى شبكات الكهرباء لحماية المرافق من ضربات البرق" [2]. وفي المقابل، فإن تطبيق حلول أوسع نطاقاً، مثل تركيب قنوات عميقة للإمداد بالمياه (في لوفييسا مثلاً) لا يُعَدُّ في الوقت الراهن تدبيراً مجدياً من الناحية الاقتصادية. وتقدِّم محطة بالو فيردي لتوليد الطاقة النووية في صحراء أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية مثالاً مهماً آخر على الفرص المتاحة. فحتى في إطار سيناريوهات التغير المعتدل في المناخ، يُعتقد أن هذه المحطة قد تشهد بصورة سنوية، في فترة لاحقة من هذا القرن، نحو 60 يوماً من درجات الحرارة القصوى التي تزيد على 40 درجة مئوية، وقد يرتفع عدد الأيام هذا إلى ما يقارب 100 يوم في السيناريوهات المنطوية على مستويات أعلى من الاحترار [30]. وفي هذا السياق، تقدِّم محطة بالو فيردي للقوى النووية مثالاً فريداً على التصاميم الناجحة التي تم تكييفها بما يضمن تحمُّل محطات القوى النووية ظروفاً بيئية قاسية ومواصلة عملياتها في ظروف كهذه، عن طريق استخدام مياه المجاري من مرافق الصرف الصحي المجاورة مثلاً، وهو ما يتيح الحد بدرجة عالية من الحاجة إلى استهلاك المياه العذبة [3].

التدفقات المالية، وتطوير التكنولوجيا ونقلها، وبناء القدرات

9- هل تتماشى التدفقات المالية الحالية مع مسار يؤدي إلى تنمية منطوية على انبعاثات منخفضة من غازات الدفيئة وقادرة على الصمود في مواجهة تغير المناخ وفقاً لما ينص عليه اتفاق باريس؟[4] وهل الاتجاهات الراهنة في تمويل مشاريع الطاقة النووية كافية؟

تفيد تقديرات الوكالة الدولية للطاقة بأن تحقيق هدف خفض صافي انبعاثات الكربون إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050 سيستلزم زيادة الاستثمارات في قطاع الكهرباء على المستوى العالمي بأكثر من الضعف مقارنةً بالمستويات المسجلة حديثاً لتزيد على ترليونَي دولار أمريكي سنوياً بين عامَي 2023 و2030 [9 و34]. ويشمل ذلك ارتفاعاً بواقع 2,5 مرة تقريباً في الاستثمارات السنوية في الطاقة النووية لتصل إلى أكثر من 100 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2030 وأكثر من ترليونَي دولار أمريكي بحلول عام 2050، وذلك في منطقة آسيا والمحيط الهادئ بصورة رئيسية (وفي الصين على وجه الخصوص) وأوروبا وأمريكا الشمالية [9].

وشهدت الاستثمارات في الطاقة النووية اتجاهات إيجابية حديثاً، بحيث ارتفعت من نحو 35 مليار دولار أمريكي بين عامَي 2017 و2019 إلى ما يقارب 50 مليار في عام 2022 [34]، وهو أمر نتج من تشييد مفاعلات جديدة في الصين وأوروبا وباكستان، وتجديد المحطات وتمديد أعمارها التشغيلية في عدد من البلدان الأخرى. وسيكون من الضروري المحافظة على هذا النمو في التدفقات المالية وتعجيله لتلبية الاحتياجات الاستثمارية لعام 2030 التي حدَّدتها الوكالة الدولية للطاقة. وفي هذا الإطار، يُحرَز تقدم مهم من حيث المبادرات لتزويد المستثمرين بإرشادات إضافية تتعلق بالأنشطة المتماشية مع الأهداف الطويلة الأجل ذات الصلة بالمناخ والاستدامة. وعلى سبيل المثال، تعتمد الحكومات ومؤسسات القطاع المالي تصنيفات خاصة بالاستثمارات المستدامة وأطراً مماثلة لحشد تدفقات التمويل الخاص وتوجيهها صوب الاستثمارات المستدامة، بما في ذلك الطاقة النووية المنخفضة الكربون. ويرد المزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع في السؤال 11.

ولكن على الرغم من هذه التطورات الإيجابية وغيرها [35]، فإن حشد الاستثمارات الهائلة اللازمة لتحقيق أهداف اتفاق باريس لا يزال ينطوي على تحديات في ظل الوضع الحالي للأسواق والسياسات. ففي الإجراءات ذات الصلة بالسياسات الوطنية للطاقة التي اتُّخذَت حديثاً بسبب الحرب في أوكرانيا وجائحة كوفيد19- مثلاً، تواصل تخصيص الموارد المالية لإنتاج الوقود الأحفوري واستهلاكه. وفي بلدان مجموعة العشرين، يُخصَّص للطاقة الأحفورية أكثر من 40 في المائة من أموال القطاع العام التي تم رصدها للاستثمارات في مجال الطاقة في مجموعة تدابير التعافي من الجائحة، وهي أموال يزيد مبلغها على ترليون دولار أمريكي [36]. ويحدُّ هذا الأمر من حظوظ تحقيق أهداف اتفاق باريس. وعلى سبيل المقارنة، تم رصد نحو 12 مليار دولار أمريكي للاستثمارات في الطاقة النووية، وذلك بصورة رئيسية في كندا وفرنسا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية [2].

[4] الفقرة الفرعية (ج) من الفقرة 1 من المادة 2 في اتفاق باريس: "جعل التدفقات المالية متماشية مع مسار يؤدي إلى تنمية خفيضة انبعاثات غازات الدفيئة وقادرة على تحمل تغير المناخ".

10- كيف تسهم أنشطة تطوير تكنولوجيا الطاقة النووية ونقلها وأنشطة بناء القدرات على مستوى الدول الأعضاء النامية في ضمان تحسين القدرة على الصمود في مواجهة تغير المناخ والتخفيف من حدته[5]؟

يُعَدُّ إنشاء وحفظ نظام متين من البنى الأساسية المؤسسية، والرقابية، والقانونية، والصناعية، وغيرها (بما يشمل رأس المال البشري) أمرين حاسمين في دعم نقل التكنولوجيا لأغراض الانتقال إلى الطاقة المنخفضة الكربون (وكذلك أنشطة البحث والتطوير المتعلقة بالتكنولوجيات الجديدة). وتعمل الوكالة بصورة مباشرة على تلبية الحاجة إلى هذا النظام عن طريق مساعدة الدول الأعضاء فيها على استخدام العلوم والتكنولوجيا النووية للأغراض السلمية وعن طريق تيسير نقل هذا النوع من التكنولوجيات والمعارف بطريقة مستدامة [37]. فعلى سبيل المثال، وضعت الوكالة ونفَّذت نهجاً شاملاً يُعرَف باسم "نهج المعالم المرحلية البارزة" لمساعدة الدول الأعضاء التي تنظر في استخدام القوى النووية أو تخطط لاستخدامها. ويقضي هذا النهج بتوفير التعليم التقني لتدريب القوى العاملة على خوض غمار مرحلة الانتقال إلى الطاقة النظيفة، ويضمن ارتكاز عمليات الرقابة والتخطيط والسياسات، بين جملة أمور أخرى، على أساس علمي متين. ولتقديم مثال على ما سبق، يُعتبر إعداد برنامج للقوى النووية عنصراً رئيسياً في الإجراءات التي تتخذها دولة الإمارات العربية المتحدة للتخفيف من حدة تغير المناخ [38]. وتحقيقاً لهذا الغرض، تعزز دولة الإمارات العربية المتحدة نظامها للتعليم التقني والمهني من أجل دعم تنمية القوى العاملة المهنية التي لها دور جوهري في تعجيل نشر التكنولوجيات النووية وغيرها من تكنولوجيات الطاقة النظيفة [39 و40].

وخلال أكثر من أربعة عقود، قدَّمت الوكالة أيضاً دعماً مكثفاً إلى الدول الأعضاء لبناء القدرات من خلال التدريب والمساعدة التقنية والتكنولوجيا ونقل الأدوات والمنهجيات التي تتيح تحليل نظم الطاقة المستدامة وتخطيطها، وهو ما يمكِّن الدول الأعضاء من تقييم دور مختلف التكنولوجيات في تلبية احتياجاتها من الطاقة في المستقبل، مع الحد في الوقت ذاته من انبعاثات غازات الدفيئة. فعلى سبيل المثال، قدَّمت الوكالة في العقد الماضي المساعدة التقنية إلى الدول الأعضاء في أفريقيا لتعزيز القدرات المحلية على تخطيط الطاقة. وشملت هذه المساعدة أنشطة لبناء القدرات ونقل الأدوات والمنهجيات لدعم إنشاء أفرقة وطنية معنية بالتخطيط وإجراء دراسات حالات لتحليل مجمعات الطاقة على المستوى دون الإقليمي. وفي الآونة الأخيرة، قدَّمت الوكالة الدعم لوضع خطة رئيسية لنظم الطاقة القارية، بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة المتجددة [41]. وأبرزَت دراسات الحالات هذه بدورها فوائد التعاون والتطوير المتكامل لخيارات توليد الطاقة والشبكات على الصعيد المحلي، من حيث زيادة الانتفاع بخدمات الطاقة، وتعزيز التنمية الاقتصادية، وتحسين أسعار الكهرباء. وطُبِّق هذا النموذج الفعال لنقل التكنولوجيا في أمريكا اللاتينية والكاريبي أيضاً بين عامَي 2015 و2020، بحيث تم نقل أدوات الوكالة ومنهجياتها إلى أكثر من 200 خبير في 15 بلداً لدعم الدراسات دون الإقليمية المتعلقة بالطاقة والتخفيف من حدة تغير المناخ.

تدريب عملي في محطة تسفينتيندورف للقوى النووية في النمسا، وهي محطة لم تُستخدم يوماً.

[5] الفقرة 1 من المادة 10 في اتفاق باريس: "تتقاسم الأطراف رؤية طويلة الأجل بشأن أهمية تحقيق هدف تطوير التكنولوجيا ونقلها تحقيقاً تاماً لتحسين القدرة على تحمل تغير المناخ وخفض انبعاثات غازات الدفيئة".

11- ما هي الإجراءات الإضافية الواجب اتخاذها لدعم التمويل وتطوير التكنولوجيا ونقلها وبناء القدرات في سبيل تحقيق أهداف اتفاق باريس؟ وما هي العوائق والتحديات الرئيسية والفرص والممارسات الجيدة والدروس المستفادة وقصص النجاح؟

نظراً إلى حجم الاستثمارات اللازمة وسوء تخصيص الموارد المالية في الوقت الراهن، يُعَدُّ تزويد المستثمرين بإرشادات إضافية تتعلق بالأنشطة المتماشية مع الأهداف الطويلة الأجل ذات الصلة بالمناخ والاستدامة عنصراً رئيسياً في إطار السياسات والتدابير الضرورية لدفع عملية الانتقال إلى الطاقة المنخفضة الكربون.

وتمثِّل التصنيفات والأطر المماثلة وسيلة مهمة تسعى من خلالها الحكومات ومؤسسات القطاع المالي إلى حشد تدفقات التمويل الخاص وتوجيهها صوب الاستثمارات المستدامة. وينبغي أن ترتكز هذه الأطر على أساس علمي متين، ويتعين تجنب العوائق التعسفية المرتبطة بالتكنولوجيا. ويُذكر أن الممارسة الجيدة المتمثلة في اعتماد معايير موضوعية وشفافة ومحايدة تكنولوجياً اتُّبِعَت فيما يتعلق بالطاقة النووية في إطار عدة تصنيفات (انظر الجدول 2)، وهو أمر يتيح حشد الاستثمارات وتوجيهها بما يتماشى مع أهداف اتفاق باريس، مع الاستجابة في الوقت ذاته لجوانب أخرى من التنمية المستدامة. وفضلاً عن ذلك، فإن زيادة تدخلات القطاع العام وتعزيز التعاون بين القطاعين العام والخاص سيكونان خطوتين حاسمتين أيضاً. وعلى سبيل المثال، قد يتعين على القطاع العام تنسيق أنشطة تطوير البنى الأساسية وتمويلها لحشد الاستثمارات الخاصة وإطلاق العنان تماماً للإمكانات الكبيرة للأسواق المالية [8]. ويشمل ذلك البنى الأساسية المادية (مثل شبكات الطاقة، وسلاسل الإمداد الحرجة، والتدابير المادية للتكيف مع تغير المناخ) والبنى الأساسية غير المادية (مثل الأطر الرقابية والقانونية، ورأس المال البشري). وسيعتمد الدور المحدد للقطاع العام في مجال التنسيق، وطبيعة الشراكات بين القطاعين العام والخاص، على الظروف الوطنية والتدابير التكميلية ذات الصلة بالسياسات.

وإضافةً إلى دعم السياسات والمبادرات على الصعيدين الوطني والإقليمي وعلى مستوى القطاع الخاص، سيكون لتعزيز التعاون المالي الدولي دور أساسي في تحقيق الانتقال إلى الطاقة المنخفضة الكربون، نظراً إلى أن الكثير من البلدان النامية تعتمد على موارد القطاع العام لتمويل مشاريع الطاقة. وفيما يتجاوز الالتزامات المقدمة بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ والمتمثلة في زيادة تدفقات التمويل العام الموجهة إلى البلدان النامية لتصل إلى 100 مليار دولار أمريكي، تتوافر فرص لدعم تنمية أسواق رؤوس الأموال على الصعيد المحلي، وزيادة التمويل من خلال البنوك الإنمائية المتعددة الأطراف والمؤسسات المختصة بتمويل العمل المناخي، وحشد رؤوس الأموال الخاصة عن طريق تكثيف استخدام ضمانات القطاع العام. ويُشار إلى أن العوائق الكبيرة التي تواجهها البلدان النامية من حيث تمويل مشاريع الطاقة النووية يمكن أن تُزال جزئياً باعتماد نهج محايد تكنولوجياً في قرارات التمويل التي تتخذها البنوك الإنمائية والبنوك

	الطاقة النووية مدرجة	الطاقة النووية مستثناة حالياً	تصنيف الطاقة النووية يُحدَّد لاحقاً
خرائط الطريق والتصنيفات الوطنية والإقليمية المتعلقة بالتمويل المستدام	الصين، والاتحاد الأوروبي، واليابان (ضمناً)، وجمهورية كوريا، وماليزيا (ضمناً)، والفلبين، والاتحاد الروسي	رابطة أمم جنوب شرق آسيا، وبنغلاديش، وتايلند، وجنوب أفريقيا، وكازاخستان، وكندا، وكولومبيا، ومنغوليا	إندونيسيا، وسنغافورة، وشيلي، والمملكة المتحدة قيد التحديد/المناقشة: الجمهورية الدومينيكية، وسري لانكا، وفييت نام، والمكسيك، ونيوزيلندا، والهند
مبادرات القطاع الخاص	مبادئ السندات الخضراء (رابطة الأسواق الرأسمالية الدولية) (ضمناً)	معايير سندات المناخ (مبادرة سندات المناخ)	

تساعد الوكالة الدول الأعضاء فيها على تقييم خيار إدراج الطاقة النووية في استراتيجياتها المتعلقة بإزالة الكربون.

الجدول 2: أمثلة على تصنيفات الاستثمارات المستدامة التي تشمل الطاقة النووية في عام 2022 [3].

الخضراء بشأن الأموال المطلوبة للبنى الأساسية والطاقة النظيفة [2 و42].

وفضلاً عن الحاجة إلى تدخلات تتصل بالسياسات لتعجيل نشر التكنولوجيات المنخفضة الكربون في الأجل القريب (حتى عام 2030)، فإن خفض صافي انبعاثات الكربون إلى مستوى الصفر على المدى الأطول سيستلزم أيضاً استثمارات متواصلة من القطاعين العام والخاص في أنشطة البحث والتطوير لدعم الابتكار التكنولوجي - تفيد توقعات الوكالة الدولية للطاقة بأن نسبة تقارب 50 في المائة من تخفيضات الانبعاثات المتمثل هدفها في الوصول إلى عالم خالٍ من الكربون قد تأتي من تكنولوجيات لم تدخل بعد إلى الأسواق [18]، بما فيها نظم الطاقة النووية المتقدمة. وتشمل الخطوات التكميلية الرئيسية التي تساعد على تصميم أنشطة البحث والتطوير وعلى وضع سياسات أوسع نطاقاً للطاقة إجراءَ عمليات تقييم مُحكمة لمسارات إزالة الكربون على المدى البعيد، مثل تلك التي صدرت عن الوكالة الدولية للطاقة [43] والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ [15]. وتحسين عرض خيارات إنتاج الطاقة المنخفضة الكربون في هذا النوع من عمليات التقييم هو أمر حاسم في تحديد التكنولوجيات الرئيسية للتخفيف من حدة تغير المناخ والمسارات المؤدية إلى الحد من التكاليف لتحقيق هدف خفض صافي انبعاثات الكربون إلى مستوى الصفر [17].

سيكون لتعزيز التعاون المالي الدولي دور أساسي في تحقيق الانتقال إلى الطاقة المنخفضة الكربون.

سيستلزم خفض صافي انبعاثات الكربون إلى مستوى الصفر استثمارات متواصلة من القطاعين العام والخاص في أنشطة البحث والتطوير على المدى الأطول.

الجوانب الاقتصادية والاجتماعية، والخسائر والأضرار

12- كيف يمكن أن تعالج الطاقة النووية التبعات والآثار الاجتماعية والاقتصادية الناتجة من السياسات والإجراءات الرامية إلى التخفيف من حدة تغير المناخ؟

وفقاً لتحليل أجراه صندوق النقد الدولي، من شأن الاستثمارات في الطاقة المنخفضة الكربون، باعتبارها جزءاً من سياسات التخفيف من حدة تغير المناخ، أن تقدِّم دفعة اقتصادية كبيرة [44]. "وتفيد التقديرات بأن مُضاعِف الإنفاق - أي التغير في النشاط الاقتصادي (الناتج المحلي الإجمالي) مقسوماً على التغير في الإنفاق الاستثماري - في مجال الطاقة النووية هو أكبر بواقع ست مرات تقريباً من مُضاعِف الإنفاق في مجال الطاقة الأحفورية وأكبر بواقع ثلاث مرات تقريباً من مُضاعِف الإنفاق في مجال الطاقة المتجددة على المدى القصير، وهو يتيح إذاً تحقيق دفعة اقتصادية سريعة [(انظر الشكل 4)]. ويُعتقد أيضاً أن الإنفاق على الطاقة النووية، مقارنةً بالأنواع الأخرى من الطاقة المنخفضة الانبعاثات، يحفز (أو 'يستقطب') المزيد من الاستثمارات في مجالات أخرى من الاقتصاد ويؤدي إلى 'توظيف المزيد من الموارد البشرية العالية المهارات والموارد البشرية الأقل مهارةً' [44] لكل وحدة إنفاق.

و"يمكن أن تُنفَّذ الاستثمارات في المشاريع الرامية إلى تمديد فترة تشغيل محطات القوى النووية القائمة تنفيذاً سريعاً على نطاق واسع في الأجل القريب، وهو ما يقدِّم دفعة كبيرة للنشاط الاقتصادي والتوظيف ويوفر في الوقت ذاته الكهرباء المنخفضة الكربون بأسعار تنافسية [45]. ومن الناحية الكميَّة، قد يتيح تمديد العمر التشغيلي لمحطات القوى النووية من 40 إلى 60 سنة المحافظة على 95 غيغاواطاً من الطاقة المنخفضة الكربون حتى عام 2025 وعلى 90 غيغاواطاً إضافياً حتى عام 2030 [46 و47]. وتشير التقديرات إلى أن تكلفة الاستثمار لكل كيلوواط في مشاريع تمديد العمر التشغيلي لمحطات القوى النووية تبلغ 650 دولاراً أمريكياً في الكثير من البلدان الأوروبية والولايات المتحدة الأمريكية، مما يعني أن تحقيق الهدف المرجو يستلزم استثمارات تناهز 120 مليار دولار أمريكي على الصعيد العالمي في العقد المقبل، وستتيح هذه الاستثمارات استحداث ما يصل إلى 370 000 وظيفة [6 و45 و48 و49] " [2].

%411
الطاقة النووية

%119
الطاقة المتجددة

%65
الطاقة الأحفورية

الشكل 4: المُضاعِفات فيما يخص الاستثمارات في الطاقة النووية وغيرها من أنواع الطاقة الخضراء [2 و44].

-13 كيف يمكن أن تساعد الطاقة النووية أيضاً على تجنب الخسائر والأضرار المقترنة بالآثار السلبية لتغير المناخ وعلى التقليل منها إلى أدنى حد؟ وما هي الإجراءات الإضافية الواجب اتخاذها لتعزيز هذه الجهود؟

تقرُّ البلدان على نحو متزايد بالدور القيِّم للطاقة النووية في التخفيف من حدة الآثار السلبية لتغير المناخ وفي تعزيز القدرة على الصمود في مواجهتها، مع ضمان الإمداد بالكهرباء بطريقة موثوق بها وآمنة، وهو عامل بالغ الأهمية للتنمية المستدامة. وإضافةً إلى البلدان الثلاثين التي تقوم، في إطار مساهماتها المحددة وطنياً واستراتيجياتها الطويلة الأجل، بتخطيط وتنفيذ و/أو تعجيل إجراءاتها بغية الاستفادة من الإمكانات الكبيرة للطاقة النووية في التخفيف من حدة تغير المناخ (انظر الإجابة عن السؤال 3)، فإن هناك نحو 15 بلداً من أقل البلدان نمواً تعكف على النظر في إمكانية استهلال برامج للقوى النووية أو تعمل بهمَّة على تنفيذ برامج من هذا النوع. ويمكن تدعيم هذه الجهود عن طريق تعزيز أنشطة بناء القدرات (ولا سيما في مجالَي تخطيط الطاقة وتطوير البنى الأساسية النووية) ونقل التكنولوجيا والتمويل.

تقرُّ البلدان على نحو متزايد بما يوجَد من روابط بين العمل المناخي وجوانب أخرى من التنمية المستدامة.

من شأن الاستثمارات في الطاقة المنخفضة الكربون، باعتبارها جزءاً من سياسات التخفيف من حدة تغير المناخ، أن تقدِّم دفعة اقتصادية كبيرة.

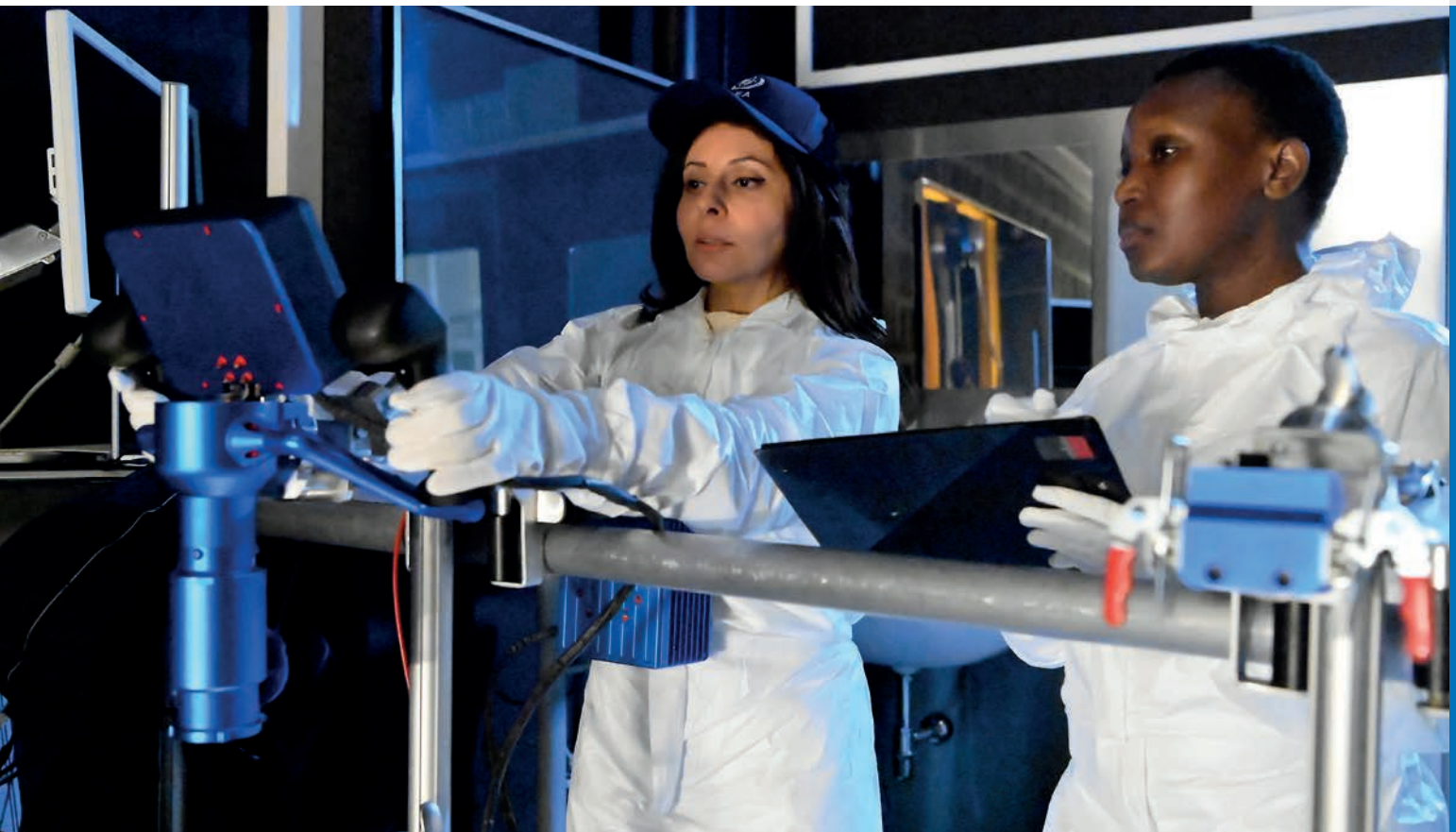
مسائل شاملة

14- كيف يتم إبراز اعتبارات الإنصاف والعدالة في المساهمات المحددة وطنياً؟

بالاشتراك مع وكالات تابعة أيضاً لمنظومة الأمم المتحدة، ومنظمات حكومية دولية ومنظمات غير حكومية وعدد من الخبراء، تعمل الوكالة مع البلدان على تنقيح مساهماتها المحددة وطنياً وتعزيزها، بما يشمل معالجة مسائل الإنصاف والعدالة في سياق دعم الاستراتيجيات لضمان انتقال عادل إلى نظم الطاقة المنخفضة الكربون.

15- كيف تسهم إجراءات التخفيف من حدة تغير المناخ والتكيف معه باستخدام الطاقة النووية في ضمان احترام المساواة بين الجنسين وبين الأجيال وترويجها ومراعاتها وفي تمكين النساء؟

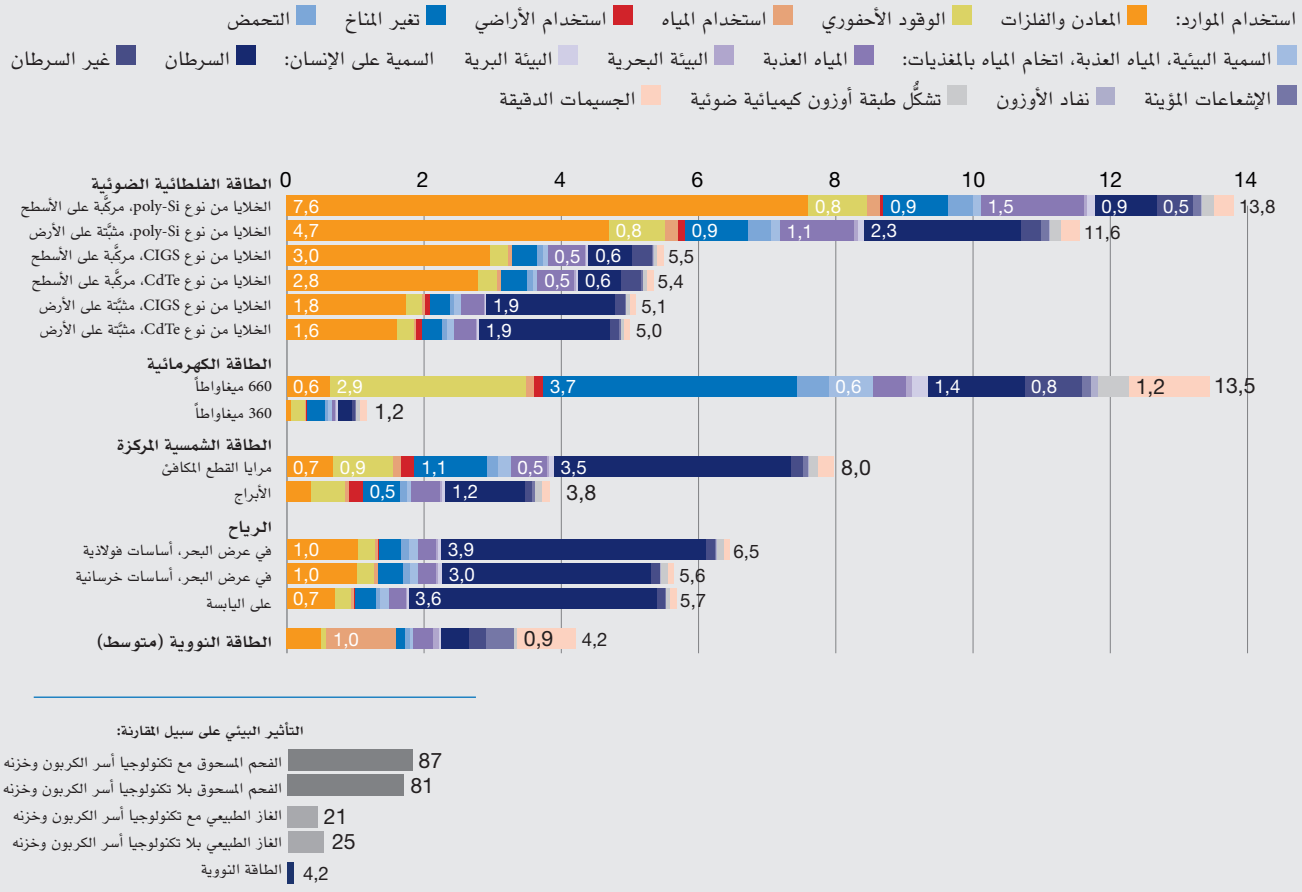
تسهم إجراءات التخفيف من حدة تغير المناخ باستخدام الطاقة النووية مساهمة فعالة في تعزيز المساواة بين الجنسين وترويجها وتمكين النساء اللواتي يمثِّلن جزءاً لا يتجزأ من قطاع الطاقة النووية. وإقراراً بالفوائد التي يقدِّمها التنوع الجنساني في مكان العمل، تعمل الوكالة والدول الأعضاء فيها وقطاع الصناعة والمنظمات غير الحكومية بهمَّة على تعزيز الاهتمام في صفوف النساء بمزاولة المهن في مجالَي الهندسة النووية والعلوم النووية وغيرها من المهن المتعلقة بالقطاع النووي. وعلى سبيل المثال، تسعى الوكالة من خلال برنامج المنح الدراسية ماري سكلودوفسكا-كوري التابع لها، وبالاشتراك مع الاتحاد الأوروبي، إلى زيادة عدد النساء العاملات في المجال النووي عن طريق دعم وجود قوى عاملة شاملة ومتنوعة لدفع عجلة الابتكارات العلمية والتكنولوجية في العالم [50]. وتقدِّم المملكة المتحدة أيضاً مثالاً بارزاً على التدابير الحازمة التي تتخذها البلدان لاعتماد سياسات وأهداف محددة من أجل تعزيز التنوع والمساواة بين الجنسين ومشاركة النساء في القطاع النووي من خلال اتفاقات شراكة بين الحكومات وقطاع الصناعة [51].



-16 إلى أي مدى تقرُّ البلدان بضرورة معالجة جوانب أخرى من التنمية المستدامة، مثل ضمان سلامة جميع النظم الإيكولوجية وحماية التنوع البيولوجي من أجل تحقيق الغرض المرجو من اتفاق باريس وأهدافه الطويلة الأجل؟

تقرُّ البلدان على نحو متزايد بما يوجَد من روابط - أوجه التآزر وأوجه المفاضلة في آن - بين العمل المناخي وجوانب أخرى من التنمية المستدامة، بما يشمل حماية النظم الإيكولوجية (ومنها المحيطات) (الهدفان 14 و15 من أهداف التنمية المستدامة). ويشمل ذلك الروابط التي تؤثر في خيارات التخفيف من حدة تغير المناخ للانتقال إلى نظم الطاقة النظيفة [8]. وبغية مراعاة أوجه التفاعل هذه وضمان سلامة جميع النظم الإيكولوجية، بما فيها المحيطات، وحماية التنوع البيولوجي، يزداد الإقرار بأهمية النُهج المتعلقة بدورة حياة تكنولوجيات الطاقة ويزداد تطبيق هذه النُهج لوضع استراتيجيات ترمي إلى إزالة الكربون من قطاع الطاقة على المدى البعيد [52].

ومن شأن عمليات تقييم دورة حياة تكنولوجيات الطاقة أن تظهِر الآثار الناجمة عن إنتاج التكنولوجيات هذه وتشغيلها والتخلص منها بناءً على مجموعة واسعة من المؤشرات المتعلقة بالبيئة والاستدامة (مثل اتخام المياه بالمغذيات والتحمض والسمية البيئية، مع التمييز بين الآثار التي تلحق بالبيئة البرية، والبيئة المحتوية على المياه العذبة، والبيئة البحرية). وهذا الأمر بالغ الأهمية في تحديد ووضع استراتيجيات لإدارة أو تجنب الآثار السلبية التي يُحتمل أن تلحق بالنظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي من جراء الانتقال إلى مصادر الطاقة النظيفة، ولا سيما نظراً إلى الآثار الكبيرة نسبياً لتكنولوجيات عديدة خاصة بالطاقة النظيفة (انظر الشكل 5).



الشكل 5: بعد التسوية والترجيح الإحصائيين، آثار تكنولوجيات الطاقة المتجددة والطاقة النووية في دورة حياتها لكل كيلوواط-ساعة منتج في أوروبا خلال عام 2020، استناداً إلى بيانات من المرجع [51].

ملاحظة: poly-Si وCIGS وCdTe هي أنواع من الخلايا الشمسية.

تضطلع الوكالة أيضاً بأنشطة متصلة برصد المناخ من خلال إجراء البحوث في مختبراتها وشبكات واسعة من المؤسسات البحثية والدوائر الأكاديمية والمختبرات المرجعية.

تواجه الأرجنتين والكثير من بلدان العالم مخاطر تلوث المياه واستغلالها المفرط. وبفضل التكنولوجيا النووية، يدرس العلماء اليوم المكونات المتناهية الصغر للمياه من أجل حماية الموارد المائية.

16- كيف تسهم الوكالة مباشرةً في تحقيق الغرض المرجو من اتفاق باريس وأهدافه الطويلة الأجل؟

تسهم الوكالة، بصفتها جهة معنية غير طرف في اتفاق باريس، في تحقيق الغرض المرجو من الاتفاق وأهدافه بتعزيز استخدام القوى النووية بكفاءة وبطريقة مأمونة وآمنة ومستدامة "عن طريق دعم البرامج النووية القائمة والجديدة في جميع أنحاء العالم، وتحفيز الابتكار، وبناء القدرات في مجال تخطيط وتحليل الطاقة وفي مجال إدارة المعلومات والمعارف النووية" [53]. وتضطلع الوكالة أيضاً بأنشطة ذات صلة بالتكيف مع تغير المناخ ورصد المناخ، وذلك مثلاً من خلال إجراء البحوث في مختبراتها ومن خلال شبكات واسعة من المؤسسات البحثية والدوائر الأكاديمية والمختبرات المرجعية.

وتُنقَل التكنولوجيات والتقنيات النووية بعد التدقيق فيها بعناية إلى مختلف البلدان، ولا سيما البلدان النامية، من خلال برنامج الوكالة للتعاون التقني. وهذا البرنامج هو الآلية الرئيسية التي تستخدمها الوكالة لمساعدة البلدان على معالجة الأولويات الإنمائية الرئيسية. وعلى مدى العقد الماضي، دعمت الوكالة نحو 500 مشروع يتعلق بالتكيف مع تغير المناخ في أكثر من 100 بلد حول العالم، مقدمةً أكثر من 110 ملايين يورو لأغراض الدعم [54].

دعمت الوكالة نحو 500 مشروع يتعلق بالتكيف مع تغير المناخ في أكثر من 100 بلد حول العالم

المراجع

[1] UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, Global Stocktake, Global Stocktake (2023), https://unfccc.int/topics/global-stocktake

[2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Energy for a Net Zero World (2021), https://www.iaea.org/sites/default/files/21/10/nuclear-energy-for-a-net-zero-world.pdf

[3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Climate Change and Nuclear Power 2022: Securing clean energy for climate resilience (2022), https://www.iaea.org/sites/default/files/iaea-ccnp2022-body-web.pdf.

[4] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Nuclear Power and Secure Energy Transitions (2022), https://www.iea.org/reports/nuclear-power-and-secure-energy-transitions

[5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Power Reactor Information System (2023), /https://pris.iaea.org/pris

[6] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Nuclear Power in a Clean Energy System (2019), https://www.iea.org/reports/nuclear-power-in-a-clean-energy-system

[7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, Reference Data Series No. 1, IAEA, Vienna (2022).

[8] 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 (2022), /https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3

[9] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, World Energy Outlook 2022 (2022), https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022

[10] برنامج الأمم المتحدة للبيئة، تقرير فجوة الانبعاثات لعام 2022 (2022)، https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2022

[11] UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, Communication of long-term strategies (2023), www.unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies

[12] UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, NDC Registry (2023), www.unfccc.int/NDCREG

[13] REPUBLIC OF KOREA MINISTRY OF ENVIRONMENT, Nuclear power included in 'Korean Green Classification System'... NDC also redesigned (2022), www.gov.kr/portal/ntnadmNews/3088371?srchOrgCd=1480000

[14] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, CO2 Emissions from Fuel Combustion Statistics: Greenhouse Gas Emissions from Energy (2022), https://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-co2-emissions-from-fuel-combustion-statistics_co2-data-en

[15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Potential Role of Nuclear Energy in National Climate Change Mitigation Strategies, IAEA-TECDOC-1984, IAEA, Vienna (2021).

RIAHI, K. et al., “Mitigation pathways compatible with long-term goals” Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge (2022). [16]

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY 2023, Nuclear Energy in Mitigation Pathways to Net Zero, IAEA, Vienna (2023). [17]

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Energy Technology Perspectives, International Energy Agency, Paris (2020). [18]

EMIRATES WATER AND ELECTRICITY COMPANY, personal communication, 2022. [19]

WORLD NUCLEAR NEWS, Chinese nuclear plant starts supplying industrial heating (2022), https://world-nuclear-news.org/Articles/Chinese-nuclear-plant-starts-supplying-industrial [20]

WORLD NUCLEAR NEWS 2023, China starts building long-distance nuclear heating pipeline (2023), https://world-nuclear-news.org/Articles/China-starts-building-long-distance-nuclear-heatin [21]

CHINA NATIONAL NUCLEAR CORPORATION, personal communication, 2021. [22]

UK DEPARTMENT FOR BUSINESS, ENERGY AND INDUSTRIAL STRATEGY, Nuclear Sector Deal, Department for Business, Energy and Industrial Strategy, London (2018). [23]

UK DEPARTMENT FOR BUSINESS, ENERGY AND INDUSTRIAL STRATEGY, Contracts for Difference, Department for Business, Energy and Industrial Strategy, London (2020). [24]

OFFICE OF GAS AND ELECTRICITY MARKETS, Capacity Market (CM) Rules, Office of Gas and Electricity Markets, London (2020). [25]

INFRASTRUCTURE AND PROJECTS AUTHORITY AND HM TREASURY, UK Guarantees Scheme, Infrastructure and Projects Authority and HM Treasury, London (2017). [26]

UK DEPARTMENT FOR BUSINESS, ENERGY AND INDUSTRIAL STRATEGY, RAB Model for Nuclear: Government Response to the Consultation on a RAB Model for New Nuclear Projects, Department for Business, Energy and Industrial Strategy, London (2020). [27]

HM GOVERNMENT, The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution, HM Government, London (2020). [28]

Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2022), /https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii [29]

GUTIÉRREZ, J.M., et al., IPCC WGI Interactive Atlas, Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2021), http://interactive-atlas.ipcc.ch/ [30]

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Energy in Climate Resilient Power Systems, IAEA, Vienna (2023). [31]

OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Climate Change: Assessment of the Vulnerability of Nuclear Power Plants and Approaches for their Adaptation, OECD Nuclear Energy Agency, Paris (2021). [32]

المراجع

[33] UNGER, T., KJELLSTRÖM, E., GODE, J., STRANDBERG, G., The Impact of Climate Change on Nuclear Power, Energiforsk, Stockholm (2021).

[34] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, World Energy Investment 2022, International Energy Agency, Paris (2023).

[35] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY 2021, Transitions to Low-carbon Electricity Systems: Key Economic and Investment Trends Changing Course in a Post-pandemic World (2021), https://www.iaea.org/sites/default/files/21/06/transitions-to-low-carbon-electricity-systems-changing-course-in-a-post-pandemic-world.pdf

[36] ENERGY POLICY TRACKER, G20 Countries, International Institute for Sustainable Development, Winnipeg (2023).

[37] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، التكنولوجيا النووية وتطبيقاتها (2023)،
https://www.iaea.org/topics/nuclear-technology-and-applications

[38] اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، تحديث المساهمات المحددة وطنياً الثانية لدولة الإمارات العربية المتحدة (2022)،
https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/UAE%20Second%20NDC%20-%20UNFCCC%20Submission%20-%20English%20-%20FINAL.pdf

[39] أمانة اللجنة الوطنية لأهداف التنمية المستدامة في دولة الإمارات العربية المتحدة، دولة الإمارات العربية المتحدة وأجندة 2030 للتنمية المستدامة: التميز في التنفيذ، اللجنة الوطنية لأهداف التنمية المستدامة (2017)،

https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/20161UAE_SDGs_Report_Full_English.pdf

[40] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY 2018, IAEA Reviews UAE's Nuclear Power Infrastructure Development (2018), https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/iaea-reviews-uaes-nuclear-power-infrastructure-development

[41] IRENA AND INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IRENA and IAEA to Help African Union Develop Continental Power Master Plan with EU support (2021), https://www.irena.org/News/articles/2021/Sep/IRENA-and-IAEA-Selected-to-Help-African-Union-Develop-Continental-Power-Master-Plan-with-EU-support

[42] WORLD NUCLEAR NEWS, Viewpoint: Financing nuclear projects in developing countries (2020), www.world-nuclear-news.org/Articles/Viewpoint-Financing-nuclear-projects-in-developing

[43] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Net Zero in 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector, International Energy Agency, Paris (2021).

[44] BATINI, N. et al., Building Back Better: How Big Are Green Spending Multipliers? IMF Working Paper WP/21/87, International Monetary Fund, Washington, DC (2021).

[45] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Projected Costs of Generating Electricity (2020), https://www.iea.org/reports/projected-costs-of-generating-electricity-2020

[46] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series No. 2, IAEA, Vienna (2021).

المراجع

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Climate Change and Nuclear Power 2020 (2020), https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1911_web.pdf [47]

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Sustainable Recovery, World Energy Outlook Special Report, International Energy Agency, Paris (2020). [48]

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Nuclear Power and Secure Energy Transitions International Energy Agency, Paris (2022). [49]

الوكالة الدولية للطاقة الذرية، برنامج المنح الدراسية ماري سكلودوفسكا كوري التابع للوكالة (2023)، https://www.iaea.org/services/key-programmes/iaea-marie-sklodowska-curie-fellowship-programme [50]

DEPARTMENT FOR ENERGY SECURITY AND NET ZERO, DEPARTMENT FOR BUSINESS AND TRADE, AND DEPARTMENT FOR BUSINESS, ENERGY AND INDUSTRIAL STRATEGY, Nuclear Sector Deal, Department for Energy Security and Net Zero and Department for Business and Trade, Department for Business, Energy and Industrial Strategy, London (2018). [51]

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources, UN Economic Commission for Europe, Geneva (2022). [52]

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Energy (2023), https://www.iaea.org/topics/energy [53]

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Science and Technology for Climate Change Mitigation, Adaptation and Monitoring (2022), https://www.iaea.org/sites/default/files/22/10/nuclear-science-and-technology-for-climate-change-mitigation-adaptation-and-monitoring.pdf [54]

المراجع

ملحوظة تحريرية

حُرِّر هذا المنشور من جانب موظفي هيئة التحرير في الوكالة 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 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، 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.

ولا تتحمَّل الوكالة 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 المقرِّ 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 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 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 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

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

IAEA/PAT/002

بيانات فهرسة منشورات الوكالة

الاسم: الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

العنوان: الطاقة النووية وتغير المناخ: أسئلة وأجوبة عن التقدم المحرز والتحديات والفرص / الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

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

رمز التعريف: IAEAL 23-01625

الموضوعات: رؤوس موضوعات مكتبة الكونغرس: الطاقة النووية – التغيرات المناخية. | الطاقة النووية – الجوانب البيئية. | التخفيف من حدة تغير المناخ.

التصنيف: UDC 621.039:504 | IAEA/PAT/002

23-03767E

فيينا، 2023

زوروا موقعنا الشبكي

iaea.org