

تكاليف توليد الطاقة المتجددة في عام 2020 الملخص التنفيذي

تكاليف توليد الطاقة المتجددة في عام 2020

كانت السمة الأبرز لعام 2020 هي انتشار جائحة فيروس كورونا المستجد "كوفيد-19" وما أسفرت عنه من خسائر اقتصادية وبشرية فادحة. ومع ذلك، لم يخل هذا العام من نقاط إيجابية مهمة ومنها ازدياد مرونة سلاسل التوريد لقطاع الطاقة المتجددة، والنمو القياسي في عدد المشاريع الجديدة.

استمر التوجه السائد في انخفاض تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح؛ ففي عام 2020، انخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء من الإضافات الجديدة لطاقة الرياح البرية في عام 2020 بنسبة 13% مقارنة بعام 2019. وخلال الفترة نفسها، انخفضت التكلفة المستوية لطاقة الرياح البحرية بنسبة 9%، ومن مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق بنسبة 7% (الشكل س.1).

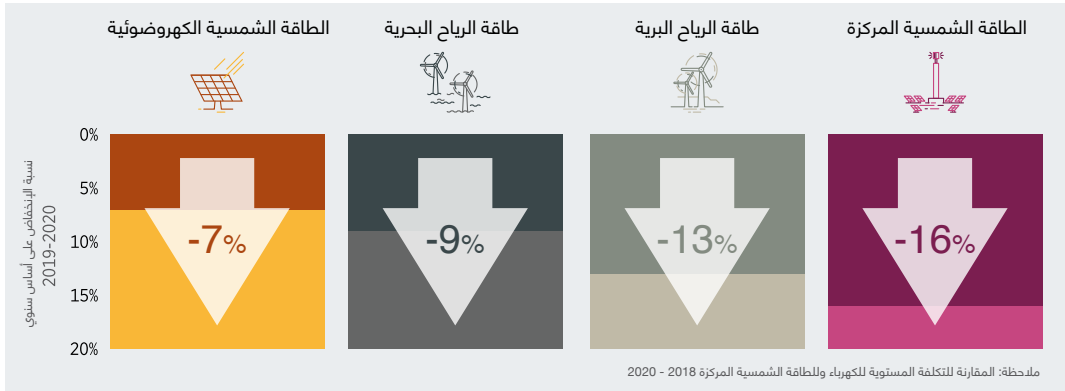
وهذا الانخفاض في المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لطاقة الرياح البرية بنسبة 13% من 0.045 إلى 0.039 دولار/ كيلواط ساعي¹ كان أعلى قليلاً من نسبة الانخفاض المسجلة في عام 2019. وقد جاء ذلك مدفوعاً بانخفاض المتوسط المرجح لإجمالي التكلفة شاملة التركيب على مستوى العالم بنسبة 9%، حيث قامت الصين - التي تحظى بمتوسط تكاليف تركيب أدنى من غيرها - بتوصيل ما يقارب 69 جيجاواط بالشبكة في عام 2020، أي ثلثي القدرة الإنتاجية الجديدة التي تم إضافتها في ذلك العام.

1. جميع القيم المالية الواردة في هذا التقرير هي قيم حقيقية لعام 2020 - بمعنى أنه تم تعديلها وفقاً لتأثير التضخم على سنة الأساس 2020. ويتم احتساب التكلفة المستوية للكهرباء بالاستناد إلى المنهجية المذكورة في الملحق 1 مع استبعاد تأثير أي دعم مالي متاح.

وفي عام 2020، كان الانخفاض السنوي في المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق بنسبة 7% - من 0.061 إلى 0.057 دولار / كيلوواط ساعي - أقل من نسبة الانخفاض البالغة 13% في عام 2019. وفي عام 2020 أيضاً، انخفض المتوسط المرجح للتكلفة شاملة التركيب للألواح الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق بنسبة 12% ليصل إلى 883 دولاراً فقط للكيلوواط.

وكان انخفاض التكلفة المستوية لأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق أقل مما كان يمكن أن يكون عليه بخلاف ذلك، حيث تم تعويض الانخفاض الحاصل في التكلفة شاملة التركيب بشكل جزئي من خلال انخفاض المتوسط العالمي المرجح للقدرة الإنتاجية للمشاريع الجديدة في ذلك العام.² وجاء ذلك مدفوعاً بتوسيع نطاق نشر أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في المناطق ذات الموارد الشمسية الأقل في عام 2020 بالمقارنة مع عام 2019.³ وعلى غرار أنظمة طاقة الرياح البرية، كانت الصين أكبر سوق للقدرة الإنتاجية الجديدة لأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية، حيث استحوذت على ما يقارب 45% من القدرة الإنتاجية الجديدة على مستوى المرافق في عام 2020.

الشكل س.1 المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لمشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح التي تم تشغيلها على مستوى المرافق، 2020-2019



المصدر: بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لتكاليف توليد الطاقة المتجددة

- جميع عوامل القدرة الإنتاجية للطاقة الشمسية الكهروضوئية الواردة في هذا التقرير هي عوامل القدرة الإنتاجية للتيار المتناوب / التيار المستمر، وجميع بيانات التكاليف المركبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية مسقرة للواط الواحد من التيار المستمر، وهو استثناء، حيث أن جميع التقنيات الأخرى المذكورة يشار إليها بمصطلحات التيار المتناوب.
- يجب التعامل مع هذه النتيجة بحذر نظراً للأهمية المتزايدة للألواح الشمسية ثنائية الوجه وأنظمة تتبع الشمس أحادية المحور، حيث يتأخر توافر البيانات المتعلقة بالتكلفة شاملة التركيب ولها تأثير ملموس على عوامل القدرة الإنتاجية، ومن الممكن إجراء تعديلات على عامل القدرة الإنتاجية لعام 2020.

وشهد الانخفاض السنوي البالغ 9% في المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لطاقة الرياح البحرية في عام 2020 انخفاض المتوسط العالمي المرجح لتكلفة توليد الكهرباء في المشاريع الجديدة من 0.093 إلى 0.084 دولار للكيلوواط / ساعي. وكان هذا انخفاضاً كبيراً عن عام 2019، حيث زادت الصين - التي تحظى بمتوسط تكاليف مركبة أدنى من غيرها - حصتها من القدرة الإنتاجية الجديدة من حوالي الثلث في عام 2019 إلى حوالي النصف في عام 2020.

انخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لمشاريع الطاقة الشمسية المركزة التي تم تشغيلها في عام 2020 بنسبة 49% على أساس سنوي. وتبدو هذه النتيجة ملفتة إلى حد ما، حيث ارتفع المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية في عام 2019 من خلال مشروعين إسرائيليين تأخراً تنفيذهما كثيراً، في حين اتسم عام 2020 بتكليف إنشاء محطتين فقط للطاقة الشمسية المركزة كالتاهما في الصين. وتكشف مقارنة الأرقام بين عامي 2018 و2020 عن معدل تراجع سنوي مركب بنسبة 16%، وهو أكثر تمثيلاً للمعدلات الأخيرة لخفض التكلفة.

اتجاهات تكلفة توليد الطاقة المتجددة بين عامي 2010 - 2020: 10 سنوات من انخفاض التكاليف

شهدت الفترة بين عامي 2010 - 2020 انخفاضاً كبيراً في تكلفة تقنيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح؛ حيث أدى تبني السياسات الموجهة وتحفيز مشاريع القطاع إلى تراجع كبير في تكلفة توليد الكهرباء المتجددة من طاقتي الشمس والرياح حتى باتت تنافس خيارات الوقود الأحفوري في حجم القدرة الإنتاجية الجديدة. وفي إطار ذلك، يبدو واضحاً أن مصادر الطاقة المتجددة ستصبح الركيزة الأساسية لنظم الطاقة المستقبلية، وستساعد على إزالة انبعاثات الكربون الناتجة عن توليد الكهرباء بتكاليف أقل من سيناريو العمل كالمعتاد.

وانخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق بنسبة 85% بين عامي 2010 و2020، وذلك من 0.381 إلى 0.057 دولار / كيلوواط ساعي (الشكل س.2)؛ حيث انخفض إجمالي التكاليف المركبة من 4 731 دولار للكيلوواط إلى 883 دولار للكيلوواط. وجاء ذلك بالتوازي مع زيادة القدرة الإنتاجية التراكمية المركبة عالمياً لجميع مشاريع الألواح الشمسية الكهروضوئية (على مستوى المرافق والأواح أسطح المباني) من 42 جيجاواط في عام 2010 إلى 714 جيجاواط في عام 2020. ويشكل ذلك انخفاضاً حاداً في التكلفة؛ فبعد أن كانت تكلفة مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية أعلى بنسبة الضعف من محطات الوقود الأحفوري الأعلى تكلفة، باتت حالياً عند أدنى نطاق التكلفة للقدرة الإنتاجية الجديدة للمحطات العاملة بالوقود الأحفوري.⁴

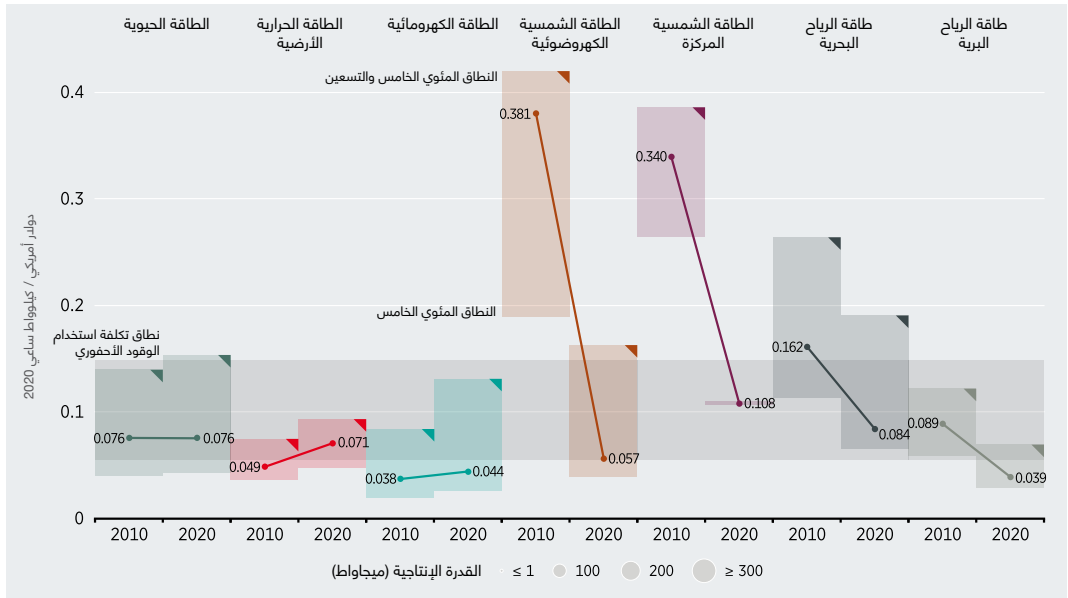
كذلك انخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للأنظمة الكهروضوئية السكنية بشكل حاد خلال هذه الفترة؛ حيث انخفضت هذه التكلفة في أستراليا وألمانيا وإيطاليا واليابان والولايات المتحدة من 0.304 - 0.460 دولار / كيلوواط ساعي في عام 2010 إلى ما بين 0.055 - 0.236 دولار / كيلوواط ساعي في عام 2020 - وهو انخفاض يتراوح بين 49% و82%.

4. يقدر نطاق تكلفة توليد الطاقة من الوقود الأحفوري لمجموعة العشرين حسب البلد ونوع الوقود بين 0.055 و 0.148 دولار / كيلوواط ساعي. يمثل الحد الأدنى محطات التوليد الجديدة العاملة بالفحم في الصين، ويستند إلى الوكالة الدولية للطاقة، 2020.

أما بالنسبة لمشاريع طاقة الرياح البرية، فقد انخفض المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية بين عامي 2010 و 2020 بنسبة 56% من 0.089 إلى 0.039 دولار / كيلوواط ساعي؛ وجاء ذلك نتيجة ارتفاع متوسط عوامل القدرة الإنتاجية من 27% إلى 36%، وانخفاض التكلفة شاملة التركيب من 971 دولار أمريكي إلى 1355 دولار أمريكي للكيلوواط. وارتفعت القدرة الإنتاجية التراكمية خلال هذه الفترة من 178 جيجاواط إلى 699 جيجاواط. وبالمقارنة مع الطاقة الشمسية الكهروضوئية التي يعود انخفاض تكلفة الكهرباء فيها بشكل أساسي إلى انخفاض التكلفة شاملة التركيب، كان الدافع وراء انخفاض تكلفة الرياح البرية موزعاً بالتساوي بين انخفاض أسعار التوربينات، وتوازن تكاليف المحطات، وارتفاع القدرة الإنتاجية للتوربينات الحديثة.

وبالنسبة لطاقة الرياح البحرية، تراجع المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية التي تم تشغيلها حديثاً

الشكل س.2 التكاليف المستوية لتقنيات توليد الطاقة المتجددة على مستوى المرافق والتي تم تشغيلها بين عامي 2010-2020



المصدر: بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لتكاليف توليد الطاقة المتجددة

ملاحظة: هذه البيانات خاصة بسنة بدء تشغيل المشاريع. وتدل الخطوط العريضة على المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للمحطات الفردية التي يتم بدء تشغيلها في كل عام. ويتم احتساب التكلفة المستوية للمشروع بمتوسط مرجح حقيقي لتكلفة رأس المال يبلغ 7.5% لدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية والصين في عام 2010، وانخفضت هذه النسبة إلى 5% في عام 2020؛ وإلى 10% في عام 2010 لبقية العالم، وانخفضت إلى 7.5% في عام 2020. ويمثل النطاق الفردي نطاق تكلفة توليد الطاقة من الوقود الأحفوري، بينما تمثل نطاقات كل تقنية وسنة النطاقين المتويين "الخامس" و"الخامس والتسعين" لمشاريع الطاقة المتجددة.

من 0.162 دولار أمريكي/ كيلوواط ساعي في عام 2010، إلى 0.084 دولار أمريكي/ كيلوواط ساعي في عام 2020، بنسبة انخفاض قدرها 48% خلال السنوات العشرة. وقد غير ذلك النظرة المستقبلية لقطاع طاقة الرياح البحرية، لاسيما مع وصول القدرة الإنتاجية التراكمية المركبة لطاقة الرياح البحرية إلى 34 جيجاواط فقط في نهاية عام 2020، أي حوالي 1 على 20 من قدرة طاقة الرياح البرية.

وخلال الفترة بين عامي 2010 و2020، انخفض المتوسط العالمي المرجح لتكلفة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية المركزة بنسبة 68% من 0.340 إلى 0.108 دولار أمريكي/ كيلوواط ساعي. ومع تشغيل مشروعين فقط خلال عام 2020 - وكلاهما في الصين - فإن هذه النتائج تعكس الظروف المحلية لذلك البلد. وبهذا، يبقى انخفاض تكلفة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية المركزة بنسبة 68% - إلى منتصف نطاق تكلفة القدرة الإنتاجية الجديدة لمحطات الوقود الأحفوري - إنجازاً رائعاً. وبالمقارنة بينهما؛ كانت القدرة الإنتاجية التراكمية العالمية المركبة للطاقة الشمسية المركزة، وبالبالغة 6.5 جيجاواط في نهاية عام 2020، أدنى بقليل من 1% من القدرة المركبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية.

وخلال نفس الفترة بين عامي 2010 و2020 أيضاً، تمت إضافة 60 جيجاواط من الطاقة الحيوية الجديدة إلى القدرة الإنتاجية للطاقة. وشهد المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لمشاريع الطاقة الحيوية درجة معينة من التقلب خلال هذه الفترة، لكنه استقر عند نهاية العقد عند نفس المستوى الذي بدأ فيه تقريباً، عند 0.076 دولار / كيلوواط ساعي - وهو الحد الأدنى لتكلفة إنتاج الكهرباء من مشاريع الوقود الأحفوري الجديدة. وخلال الفترة ذاتها، أضافت الطاقة الكهرومائية 715 جيجاواط، وارتفع المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لمشاريعها بنسبة 18% من 0.038 إلى 0.044 دولار / كيلوواط ساعي. ويبقى هذا أقل من أرخص خيارات توليد الكهرباء الجديدة باستخدام الوقود الأحفوري على الرغم من أن التكاليف زادت بنسبة 16% في عام 2020 على أساس سنوي.

وتراوح المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية لمشاريع الطاقة الحرارية الأرضية بين 0.071 و0.075 دولار / كيلوواط ساعي منذ عام 2016. ووصل المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للمحطات التي تم تشغيلها حديثاً خلال عام 2020 إلى الحد الأدنى من هذا النطاق عند 0.071 دولار / كيلوواط ساعي، وذلك بانخفاض نسبته 4% على أساس سنوي.

انخفض المتوسط العالمي المرجح لتكلفة إنتاج الكهرباء من الرياح البرية بنسبة 56% بين عامي 2010 و2020 من 0.089 إلى 0.039 دولار / كيلوواط ساعي

أصبح توليد الطاقة المتجددة الخيار الاقتصادي التلقائي لدعم القدرة الإنتاجية الجديدة

شهدت الفترة بين عامي 2010 و2020 تحسناً كبيراً في المزايا التنافسية لتقنيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وخلال هذه الفترة، انضمت الطاقة الشمسية المركزة، وطاقة الرياح البحرية، والطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق، إلى طاقة الرياح البرية في نطاق تكاليف توليد القدرة الإنتاجية الجديدة باستخدام الوقود الأحفوري، وذلك عند احتسابها دون الاستفادة من الدعم المالي. ولا يقتصر التوجه الحالي على منافسة أحد مصادر الطاقة المتجددة للوقود الأحفوري فحسب، وإنما تقويضه بشكل كبير عندما تستدعي الحاجة إضافة قدرة إنتاجية جديدة.

وفي عام 2020، أدت إضافة 162 جيجاواط من قدرة توليد الطاقة المتجددة إلى انخفاض تكاليف توليد الكهرباء إلى مستوى أقل من أرخص خيارات التوليد باستخدام الوقود الأحفوري، وشكّل هذا حوالي 62% من إجمالي صافي القدرة الإنتاجية المضافة في ذلك العام. وفي الاقتصادات الناشئة حيث يتزايد الطلب على الكهرباء وتبرز الحاجة إلى إضافة قدرة إنتاجية جديدة، ستؤدي مشاريع الطاقة المتجددة هذه إلى خفض تكاليف توليد الكهرباء بما لا يقل عن 6 مليارات دولار أمريكي سنوياً مقارنةً بتكلفة إضافة نفس حجم القدرة الإنتاجية بالاعتماد على الوقود الأحفوري.

ووصل إجمالي القدرة الإنتاجية التراكمية للطاقة المتجددة التي أضيفت على مستوى العالم منذ عام 2010 إلى 644 جيجاواط، وقد تم إنتاجها بتكلفة أقل من أرخص خيارات التوليد باستخدام الوقود الأحفوري في كل عام.⁵ وقبل عام 2016، كانت الطاقة الكهرومائية تساهم بكل هذه القدرة الإنتاجية تقريباً؛ ولكن منذ ذلك الحين، أصبحت تزاوجها بشكل متزايد طاقة الرياح البرية والطاقة الشمسية الكهروضوئية. وتم على مدار العقد إضافة 534 جيجاواط من إجمالي القدرة الإنتاجية في الدول الناشئة، وانخفضت تكاليف توليد الكهرباء في هذه الدول بمقدار يصل إلى 32 مليار دولار أمريكي في عام 2021 (920 مليار دولار أمريكي - غير مخصومة - على امتداد دورة حياتها الاقتصادية).

5. على افتراض أن أرخص خيار لتوليد الطاقة باستخدام الفحم قد ارتفع من 0.05 دولار / كيلوواط ساعة في عام 2010 إلى 0.055 دولار / كيلوواط ساعة في عام 2020، ويعزى ذلك تحديداً إلى انخفاض متوسط القدرة الإنتاجية المتوقعة على امتداد دورة الحياة خلال تلك الفترة.

وتؤكد نتائج المشتريات التنافسية للطاقة المتجددة من خلال المزادات أو اتفاقيات شراء الطاقة على تنافسية مصادر الطاقة المتجددة. كما تشير بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة بخصوص اتفاقيات شراء الطاقة ومزادات الطاقة المتجددة إلى احتمال وصول متوسط أسعار مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق - والتي استحوذت على عمليات الشراء التنافسية الأخيرة وسيتم تشغيلها في عام 2022 - إلى 0.04 دولار / كيلوواط ساعي (الشكل س.3). ويمثل هذا انخفاضاً بنسبة 30% مقارنةً بالمتوسط العالمي المرجح لتكلفة إنتاج الطاقة المتجددة باستخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية في عام 2020، وهو أقل بنحو 27% (0.015 دولار / كيلوواط ساعي) مقارنة بأرخص مصدر منافس يعمل بالوقود الأحفوري - أي المحطات العاملة بالفحم.

وتشير بيانات المزادات واتفاقيات شراء الطاقة إلى أن نطاق تكاليف إنتاج طاقة الرياح البحرية سيتراوح بين 0.05 و0.10 دولار / كيلوواط ساعي في أوروبا حتى عام 2023، مع احتمال ارتفاع تكاليف الأسواق الجديدة أو المشاريع المؤجلة. كما يشير الحد الأدنى من هذا النطاق إلى أن مشاريع طاقة الرياح البحرية ستكون قادرة على المنافسة مقابل أسعار الكهرباء بالجملة في عدد من الأسواق الأوروبية. وفي الوقت ذاته، لا يزال سوق الطاقة الشمسية المركزة ضعيفة؛ غير أن البيانات المتاحة تشير إلى استمرار انخفاض تكاليفها خلال عام 2021، حيث يشهد هذا العام انطلاق المشروع الضخم الذي تنفذه هيئة كهرباء ومياه دبي للطاقة الشمسية المركزة.

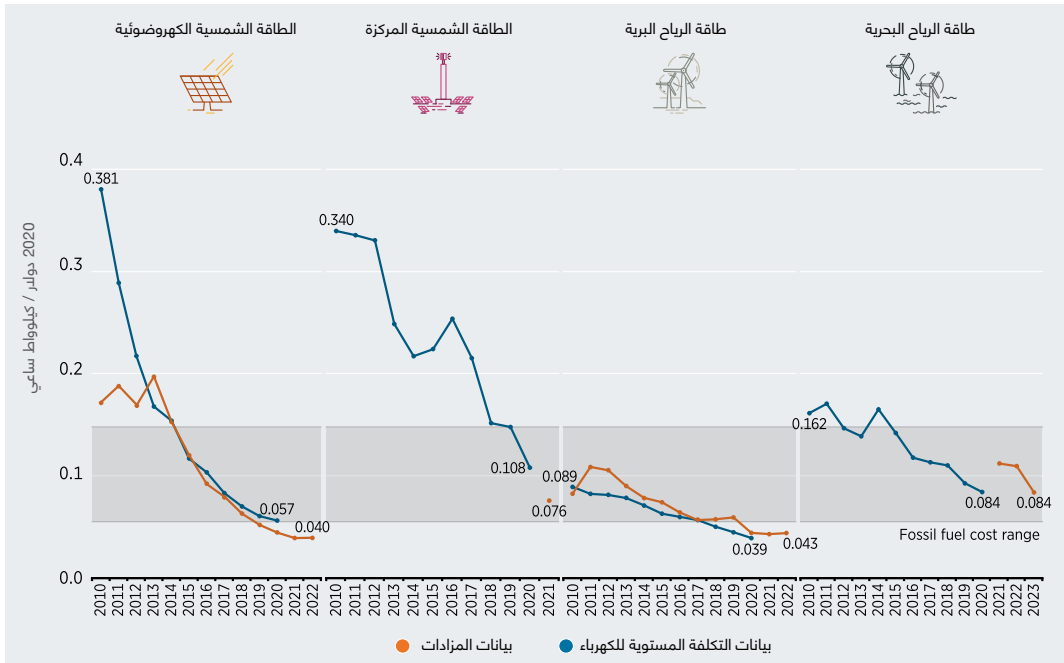
وتكشف بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة بخصوص اتفاقيات شراء الطاقة ومزادات الطاقة المتجددة أن مشاريع طاقة الرياح البرية والطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق قادرة وسطيّاً على إنتاج الطاقة بتكلفة أقل من أرخص مشروع جديد يعمل بالوقود الأحفوري. وبالنسبة لطاقة الرياح البحرية والطاقة الشمسية المركزة، ستخفض التكاليف لتبلغ النطاق الأدنى لمحطات الطاقة الجديدة العاملة بالوقود الأحفوري.

وصل إجمالي القدرة الإنتاجية التراكمية للطاقة المتجددة التي أضيفت على مستوى العالم منذ عام 2010 إلى 644 جيجاواط، وقد تم إنتاجها بتكلفة أقل من أرخص خيارات التوليد باستخدام بالوقود الأحفوري

علوّة على ذلك، تشير البيانات إلى وجود عدد متزايد من مشاريع توليد الكهرباء بتكاليف منخفضة لا تتعدى 0.03 دولار أمريكي للكيلوواط ساعي. وقد شهدت الأشهر الثمانية عشر الماضية 3 عروض أسعار منخفضة قياسية للطاقة الشمسية الكهروضوئية، بدءاً من 0.0157 دولار للكيلوواط ساعي في قطر، و0.0135 دولار للكيلوواط ساعي في دولة الإمارات، و0.0104 دولار للكيلوواط ساعي في المملكة العربية السعودية. وما يدعو للدهشة أن القيم التي تقل عن 0.02 دولار أمريكي للكيلوواط ساعي لم تعد مستحيلة مع أنها كانت غير واردة على الإطلاق قبل سنوات قليلة من الآن. ولكن ذلك يتطلب توافر جميع العوامل التي تؤثر على التكلفة المستوية للكهرباء عند 'أفضل' قيمها.

وتشير هذه المستويات المنخفضة للغاية لأسعار الطاقة الشمسية الكهروضوئية إلى أن طاقة الهيدروجين المتجددة منخفضة التكلفة قد تكون في متناول اليد فعلياً. ويمكن للتكلفة المستوية المحتملة لطاقة الهيدروجين - على فرض كانت أسعار المزادات الأخيرة للطاقة الشمسية الكهروضوئية والرياح البرية منخفضة في المملكة العربية السعودية - ألا تتجاوز 1.62 دولار لكل كيلوغرام من الهيدروجين؛ وهو ما يعتبر أفضل من التكلفة الافتراضية لإصلاح غاز الميثان بالبخار الطبيعي، حيث تتراوح اليوم تكاليف التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه بين 1.45 و2.4 دولار لكل كيلوغرام من الهيدروجين.

الشكل 3.س المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء وأسعار المزادات/ اتفاقيات شراء الطاقة بالنسبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية، والرياح البرية، والرياح البحرية، والطاقة الشمسية المركزة، بين عامي 2010 - 2023



المصدر: بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لتكاليف توليد الطاقة المتجددة ملاحظة: تشير الخطوط العريضة إلى المتوسط العالمي المرجح للتكلفة المستوية للكهرباء، أو قيم المزادات، تبعاً للعام. للاطلاع على بيانات التكلفة المستوية للكهرباء، انظر الشكل (س.2). ملاحظة: يمثل الشريط الذي يعبر المخطط من أوله حتى آخره نطاق تكلفة توليد الطاقة باستخدام الوقود الأحفوري.

مصادر الطاقة المتجددة منخفضة التكلفة تُقضي محطات الطاقة الحالية التي تعمل بالفحم

مع تدني تكاليف الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية، لا تمتاز المحطات الجديدة العاملة بالطاقة المتجددة باستمرار انخفاض تكاليفها لتصبح أرخص من المحطات الجديدة العاملة بالوقود الأحفوري فحسب، وإنما تكّرس تفوقها تدريجياً على محطات الطاقة الحالية التي تعمل بالفحم لناحية التكاليف التشغيلية لوجودها.

في عام 2021، تجاوزت التكاليف التشغيلية لمحطات الطاقة العاملة بالفحم في أوروبا بفارق بعيد عن تكاليف المحطات الجديدة للطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية (بما يشمل تكاليف تسعير الكربون). وتُظهر دراسة تحليلية أجريت في دولتي بلغاريا وألمانيا بأن جميع المحطات العاملة بالفحم المشمولة في الدراسة تسجل اليوم تكاليف تشغيلية أعلى من المحطات الجديدة للطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية. إلا أن التكاليف التشغيلية للمحطات العاملة بالفحم في الهند والولايات المتحدة أقل من نظيرتها العاملة بالمصادر المتجددة، ويعزى ذلك بشكل رئيسي - وليس بشكل كلي - إلى غياب التسعير المعقول للكربون. وعلى الرغم من ذلك، تسجل غالبية المحطات الحالية العاملة بالفحم في هاتين الدولتين تكاليف أعلى من الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية بسبب التكاليف عالية التنافسية لهاتين التقنيتين هناك.

وخلال العام الجاري، سجل ما يتراوح بين 77% و91% من محطات الطاقة الحالية العاملة بالفحم في الولايات المتحدة تكاليف تشغيلية من المتوقع أن تتخطى تكاليف المحطات الجديدة للطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية، في حين تتراوح هذه النسبة في الهند بين 87% و91%. وعقب تعديله وفق أساس التكلفة المستوية، وصل متوسط السعر المرجح من مزادات واتفاقيات شراء الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الهند خلال عام 2021 إلى 0.033 دولار / كيلوواط ساعي، وطاقة الرياح البرية 0.032 دولار / كيلوواط ساعي. وفي الولايات المتحدة بلغت التكلفة 0.031 دولار / كيلوواط ساعي، و0.037 دولار / كيلوواط ساعي على التوالي.

ومع أن هذه الدراسة التحليلية لا تختص بتحديد ما إذا كانت القيمة التي تقدمها محطات الطاقة العاملة بالفحم تتخطى تكاليفها، إلا أنه - وفي ضوء هبوط تكلفة التخزين بالبطاريات على مستوى المرافق في الولايات المتحدة بين عامي 2015 و2018 بنسبة 71% من 152 إلى 635 دولار / كيلوواط ساعي - فحتى عروض القيمة لتوفير إمكانات توليد ثابتة ومرنة من هذه المحطات تبدو غير مستدامة. وهذه الفجوة المتزايدة بين تكاليف محطات طاقتي الشمس الرياح والتكاليف التشغيلية الحالية للعدد المتزايد من المحطات الحالية العاملة بالفحم تمنحنا فكرة عن حجم الفرصة الاقتصادية التي يوفرها التخلص المبكر من المحطات العاملة بالفحم وغير المجهزة بتقنيات التقاط وتخزين الكربون.

الجدول س.1 القدرة الإنتاجية للمحطات الحالية غير الاقتصادية العاملة بالفحم والوفورات السنوية من توليد الطاقة باستخدام الفحم، وتكاليف الكهرباء، وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، 2021

حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون التي تم تلافيتها	الوفورات السنوية من استبدال الفحم بطاقتي الشمس والرياح	القدرة الإنتاجية للمحطات العاملة بالفحم والتي سجلت تكاليف تشغيلية أعلى من طاقتي الشمس والرياح		
		5+ دولارات لكل ميغاواط ساعي تكاليف دمج الطاقة المتجددة (جيجاواط)	(جيجاواط)	
(طن متري من غاز ثاني أكسيد الكربون / سنوياً)	(مليار دولار أمريكي سنوياً)			
18	0.7	3.7	3.7	بلغاريا
99	3.3	28	28	ألمانيا
643	6.4	141	193	الهند
332	5.6	149	188	الولايات المتحدة
881 1	16.3	488	724	باقي دول العالم
973 2	32	810	137 1	العالم

المصدر: دراسة تحليلية للوكالة الدولية للطاقة المتجددة استناداً إلى Carbon Tracker، 2018؛ Szabó et al، 2020؛ ومعهد Öko، 2017؛ و"بوز وشركاه"، 2014؛ منصة Energy-charts.de؛ والمعهد الألماني للأبحاث الاقتصادية؛ ومعهد فوبرتال للمناخ والبيئة والطاقة، 2019؛ وGimon et al، 2019؛ وإدارة معلومات الطاقة الأمريكية، 2021؛ وقاعدة بيانات "إيرينا" لتكلفة الطاقة المتجددة



تقنيات طاقتي الشمس والرياح تحقق معدلات تعلم متميزة

شكل الانخفاض المستمر في التكلفة طوال الفترة الممتدة بين عامي 2010 و2020 معدل هبوط كبير؛ ولهذا الانخفاض تأثيرات كبيرة ليس فقط على القدرة التنافسية لتقنيات توليد الطاقة المتجددة على المدى المتوسط، وإنما أيضاً على باقي التقنيات ذات الخصائص المماثلة والالزمة لتحقيق التحول المنشود في نظام الطاقة.

وخلال الفترة الممتدة بين عامي 2010 و2020 - والتي شهدت 94% من الإضافات إلى القدرة الإنتاجية التراكمية المركبة للطاقة المتجددة - اتسمت الطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق بأعلى معدل تعلم⁶ تقديري بالنسبة للمتوسط العالمي المرجح لإجمالي التكلفة المركبة بواقع 34%، بالإضافة إلى أعلى تكلفة مستوية للكهرباء بواقع 39%. وتتخطى هذه القيمة افتراضياً جميع تحليلات معدلات التعلم السابقة الخاصة بالطاقة الشمسية الكهروضوئية التي تستند إلى بيانات تعود إلى الفترات الأولى لنشر هذه التكنولوجيا، حيث كان متوقعاً أن ترتفع معدلات التعلم خلال الفترات اللاحقة.

وبالنسبة لطاقة الرياح البرية، وخلال الفترة نفسها بين عامي 2010 - 2019، بلغ معدل التعلم بالنسبة للتكلفة المستوية للكهرباء 32% - وهذا أدنى بقليل من ضعف إجمالي التكلفة المركبة. ويؤكد الجدول (س.2) مدى أهمية انخفاض إجمالي التكلفة المركبة لخفض تكاليف الكهرباء المولدة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية على مستوى المرافق، وذلك في ضوء تقارب معدلات التعلم بالنسبة لإجمالي التكلفة المركبة والتكلفة المستوية للكهرباء. وفيما يخص باقي التقنيات، لعبت تحسينات الأداء التي عززت عوامل القدرة الإنتاجية دوراً مهماً في خفض تكاليف توليد الكهرباء. ونتيجة لذلك، فإن معدلات التعلم بالنسبة للتكلفة المستوية للطاقة الشمسية المركزة وطاقة الرياح البرية والبحرية أعلى بكثير من معدلاتها بالنسبة للتكلفة شاملة التركيب.

الجدول س.2 معدلات التعلم بالنسبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية، والطاقة الشمسية المركزة، وطاقة الرياح البرية والبحرية، 2010 - 2021 / 2023

معدلات التعلم		
التكلفة المستوية بين عامي 2010 و2021/2023 (%)	إجمالي التكلفة المركبة بين عامي 2010 و2020 (%)	
39	34	
36	22	الطاقة الشمسية المركزة
32	17	طاقة الرياح البرية
15	9	طاقة الرياح البحرية

6. معدل التعلم هو نسبة انخفاض السعر / التكلفة مقابل كل تضاعف للقدرة الإنتاجية التراكمية المركبة.

© الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA 2021)

تمت ترجمة هذه الوثيقة عن "Renewable Power Generation Costs in 2020" الرقم المعياري الدولي: 978-92-9260-348-9 (2021). في حال وجود تعارض بين هذه الترجمة والنص الإنجليزي الأصلي، يتم الاستناد إلى النسخة الإنجليزية.

إخلاء المسؤولية

يُقدّم هذا المنشور والمادة التي يحتوي عليها "بحالتّهما". وقد اتخذت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة جميع الاحتياطات المعقولة للتحقق من ثبوت صحة المادة التي يحتوي عليها هذا المنشور. ومع ذلك، لا تتحمل الوكالة الدولية للطاقة المتجددة تفضيلاً لها عن سواها مما له طبيعة مماثلة ولم البيانات، أو الأطراف الثالثة الأخرى من مزودي المحتوى -مسؤولية تقديم أي ضمانات صريحة كانت أم ضمنية؛ كما لا يتحملون أي مسؤولية حيال تبعات استخدام هذا المنشور والمواد الواردة فيه.

إنّ المعلومات الواردة في هذا المنشور لا تمثّل بالضرورة وجهات نظر أعضاء الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. ولا ينطوي ذكر شركات محددة أو مشاريع أو منتجات معيّنة على أيّ تأييد أو تركيز لها من طرف الوكالة الدولية للطاقة المتجددة تفضيلاً لها عن سواها مما له طبيعة مماثلة ولم يرد ذكره. لا تنطوي التسميات المستخدمة في هذا المنشور، ولا طريقة عرض المادة، على أيّ إعراب عن أي رأي من جانب الوكالة الدولية للطاقة المتجددة بشأن المركز القانوني لأي منطقة أو بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة خاضعة لسلطاتها، أو تتعلق بترسيم حدودها أو تخومها.