

تعليق

إذا كانت قيمة الطاقة المتجددة تنخفض، فلماذا ترتفع أسعار الكهرباء؟

أبريل 2021

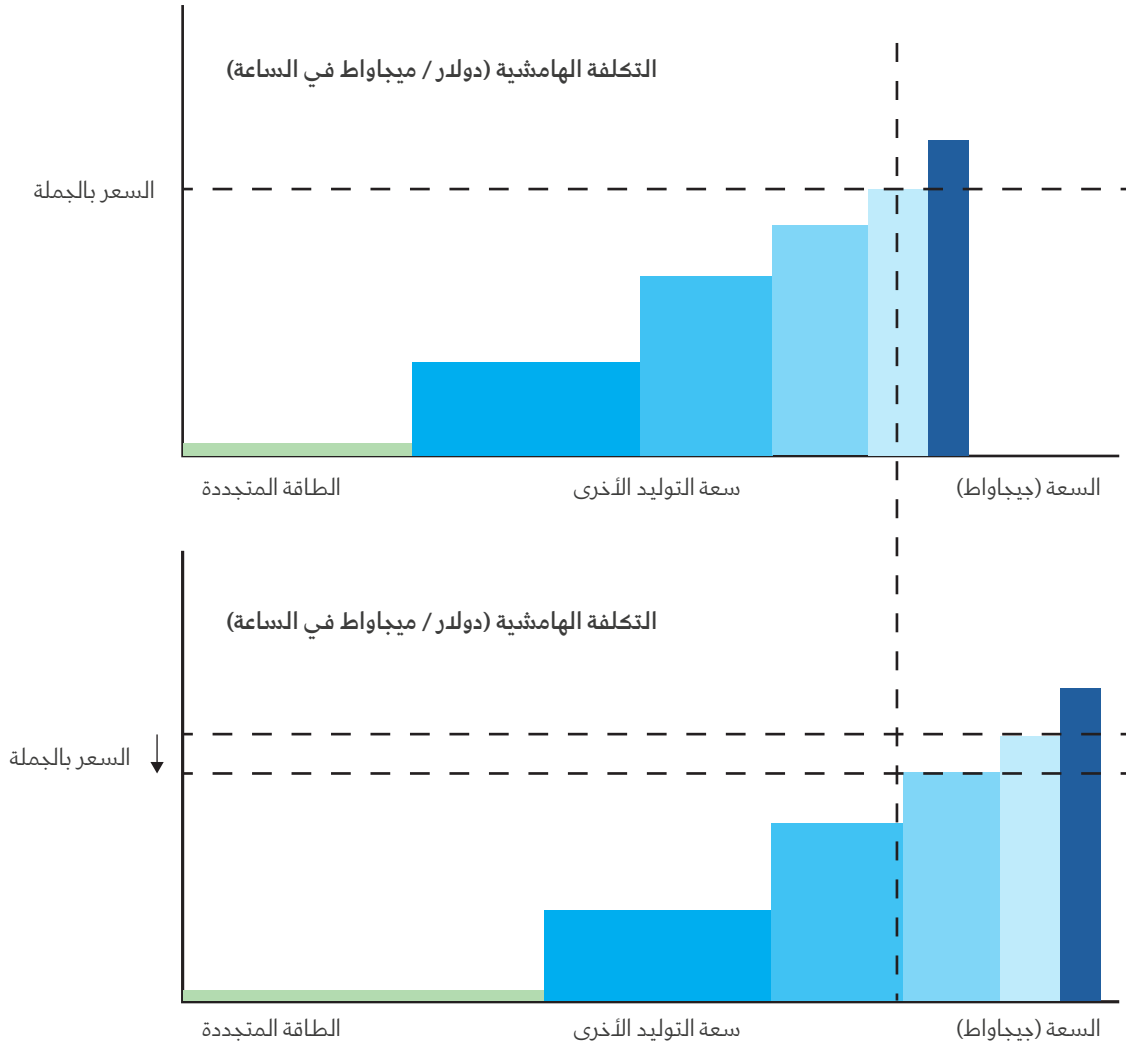
صلاح الدين سومان



السياق

يعرف جميع صناعات سياسات الكهرباء الرسم التوضيحي لترتيب الجدارة أدناه: لتقليل تكلفة توفير الكهرباء، يتم تحديد الأسعار وفقاً للتكلفة هامشية (عادةً ما تكون تكاليف الوقود والصيانة المتغيرة) لأعلى وحدة تشغيل ذات تكلفة هامشية (الشكل 1). في دراسة قادمة، يقوم باحثو مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) بتقييم عدة سيناريوهات لتبني الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة السعودي على مدى العقد المقبلين. في هذا التعليق، نناقش تأثير تبني الطاقة المتجددة على أسعار الكهرباء للمستخدم النهائي مدفوعة بالتطور الملحوظ في الدول الأوروبية منذ عام 2000. ونختتم بمناقشة حول كيفية استفادة المملكة العربية السعودية من تطويرها للطاقة المتجددة. نركز على توليد الطاقة المتجددة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح منذ أن شهدت استخداماً كبيراً في أنظمة الطاقة على مدى السنوات الماضية، ومن المتوقع أن تزيد حصصها في مزيج الكهرباء في المستقبل مع تفعيل سياسات إزالة الكربون من قطاع الطاقة في جميع أنحاء العالم. ونظراً لأن الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لها تكلفة هامشية صفرية أو قريبة من الصفر، فستكون المصادر الأولى في ترتيب الجدارة.

الشكل 1. تأثير ترتيب الجدارة للتوليد على أسعار الكهرباء بالجملة مع زيادة مصادر الطاقة المتجددة.



قد يتوقع أن تنخفض أسعار
الكهرباء مع زيادة حصة
مصادر الطاقة الشمسية
وطاقة الرياح عالمياً
في إنتاج الكهرباء حيث
أصبحت أكثر تنافسية
بسبب التقدم التكنولوجي
ووفورات الحجم في الإنتاج

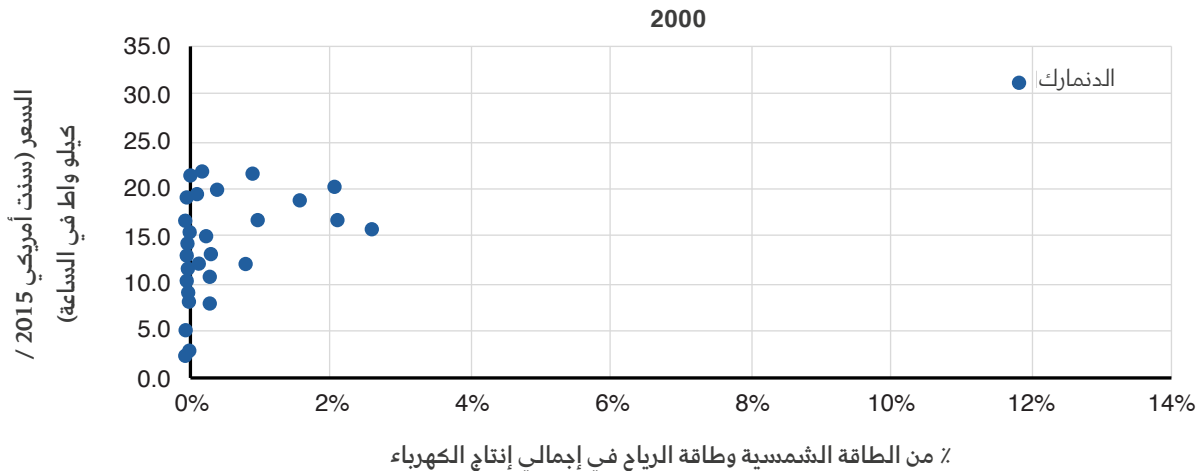
يبدو أن هناك علاقة
إيجابية بين حصة توليد
الطاقة المتجددة من
الطاقة الشمسية و طاقة
الرياح وأسعار الكهرباء
للمستخدم النهائي

شهدت تكاليف توليد الطاقة المتجددة انخفاضاً كبيراً خلال العقد الماضي. وفقاً للوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، انخفض المتوسط الموزون العالمي للتكلفة المعيارية للكهرباء (LCOE) للخلايا الكهروضوئية على نطاق المرافق بنسبة 82% بين عامي 2010 و 2019، في حين انخفضت تكلفة الرياح بنسبة 39% و 29% للمشاريع البرية والبحرية على التوالي (IRENA 2020). وبذلك، قد يتوقع أن تنخفض أسعار الكهرباء مع زيادة حصة مصادر الطاقة الشمسية و طاقة الرياح عالمياً في إنتاج الكهرباء حيث أصبحت أكثر تنافسية بسبب التقدم التكنولوجي ووفورات الحجم في الإنتاج.

ماذا تخبرنا البيانات التي تم الحصول عليها من 55 دولة؟

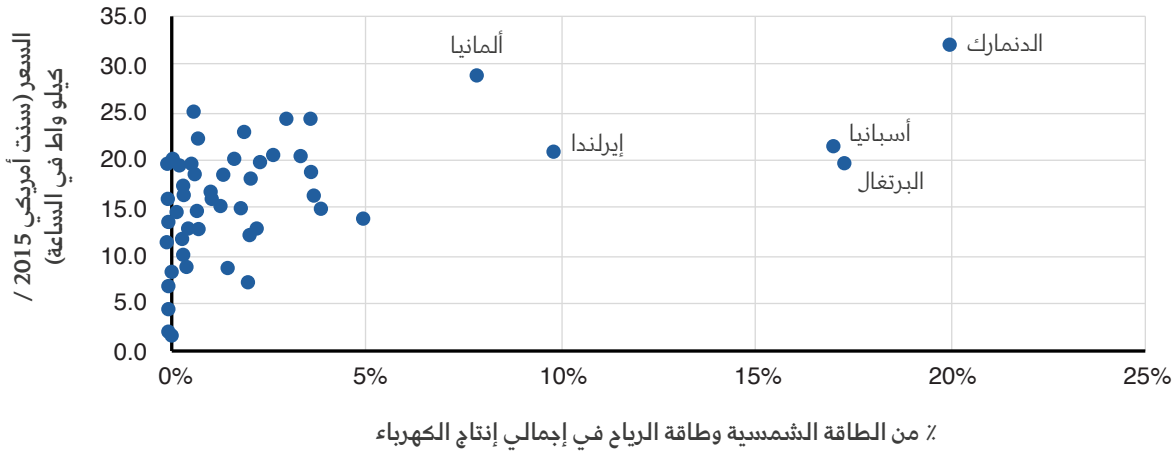
قمنا بجمع البيانات من 55 دولة للأعوام 2000 و 2010 و 2019 كما هو موضح في الشكل (2). حيث إن البيانات تخبرنا قصة مختلفة عما تقترحه الحكمة القياسية. ويبدو أن هناك علاقة إيجابية بين حصة توليد الطاقة المتجددة من الطاقة الشمسية و طاقة الرياح وأسعار الكهرباء للمستخدم النهائي. ونوضح هذه النقطة باستخدام أسعار السكن (الشكل 2). يمكن ملاحظة ارتفاع أسعار الكهرباء كلما زاد إنتاج الطاقة الشمسية و طاقة الرياح من حصته في توليد الطاقة في بلد ما. بلغ متوسط حصة الطاقة الشمسية و طاقة الرياح في إجمالي إنتاج الكهرباء 0.4% في 55 دولة في عام 2000، بينما بلغ متوسط أسعار الكهرباء (بما في ذلك الضرائب) 13.3 سنت / كيلو واط في الساعة (بقيمة الدولار الحقيقية لعام 2015). وبحلول عام 2010، زادت حصة الطاقة الشمسية المتجددة و طاقة الرياح في توليد الطاقة إلى 2.4% في المتوسط، بينما بلغت الأسعار الحقيقية للكهرباء السكنية 15.5 سنتاً أمريكياً / كيلو واط في الساعة. كما ارتفع متوسط حصة الطاقة المتجددة إلى ما يقارب 11% في عام 2019. وفي العام ذاته، بلغ متوسط الأسعار الحقيقية للكهرباء السكنية 16.4 سنت / كيلوواط في الساعة، أي بزيادة قدرها 6% مقارنة بعام 2010 و زيادة بنسبة 24% مقارنة بعام 2000.¹ وتعتمد أحجام هذه الزيادات على العديد من العوامل، مثل توفر الطاقة الشمسية و طاقة الرياح، وكمية المصادر المتجددة المثبتة، وآلية دعم الطاقة المتجددة، وتكاليف العمالة والأراضي، من بين أمور أخرى.

الشكل 2. تطور الأسعار الحقيقية للكهرباء السكنية مع تبني أعلى لإنتاج الطاقة الشمسية و طاقة الرياح في 55 دولة.

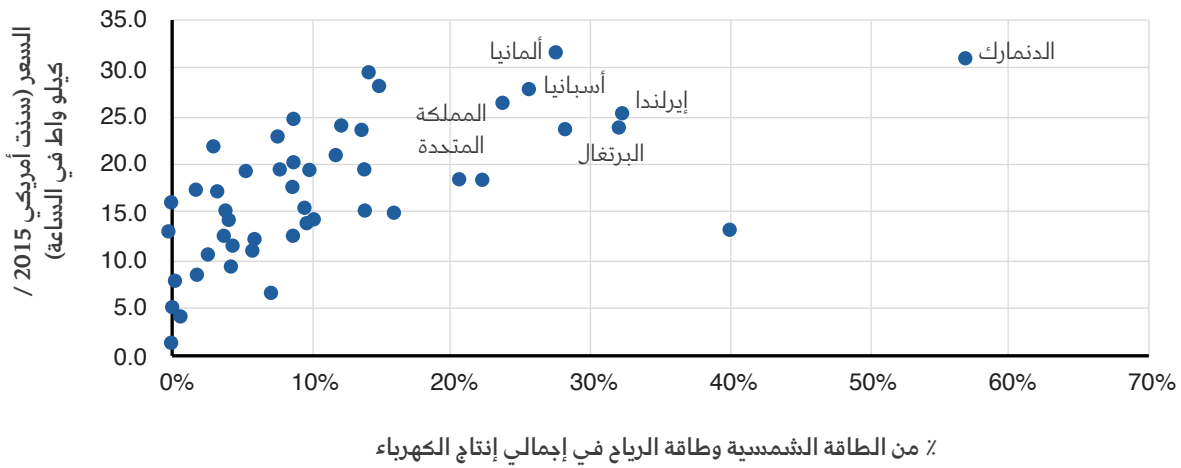


¹ تُظهر أسعار الكهرباء الصناعية اتجاهاً مماثلاً. بين عامي 2000 و 2019، ارتفع متوسط السعر الحقيقي للكهرباء الصناعية في 55 دولة بنسبة 25%، أي من 9 إلى 11 سنتاً / كيلو واط في الساعة.

2010



2019



المصدر: Enerdata (بيانات عالمية للطاقة وثاني أكسيد الكربون).

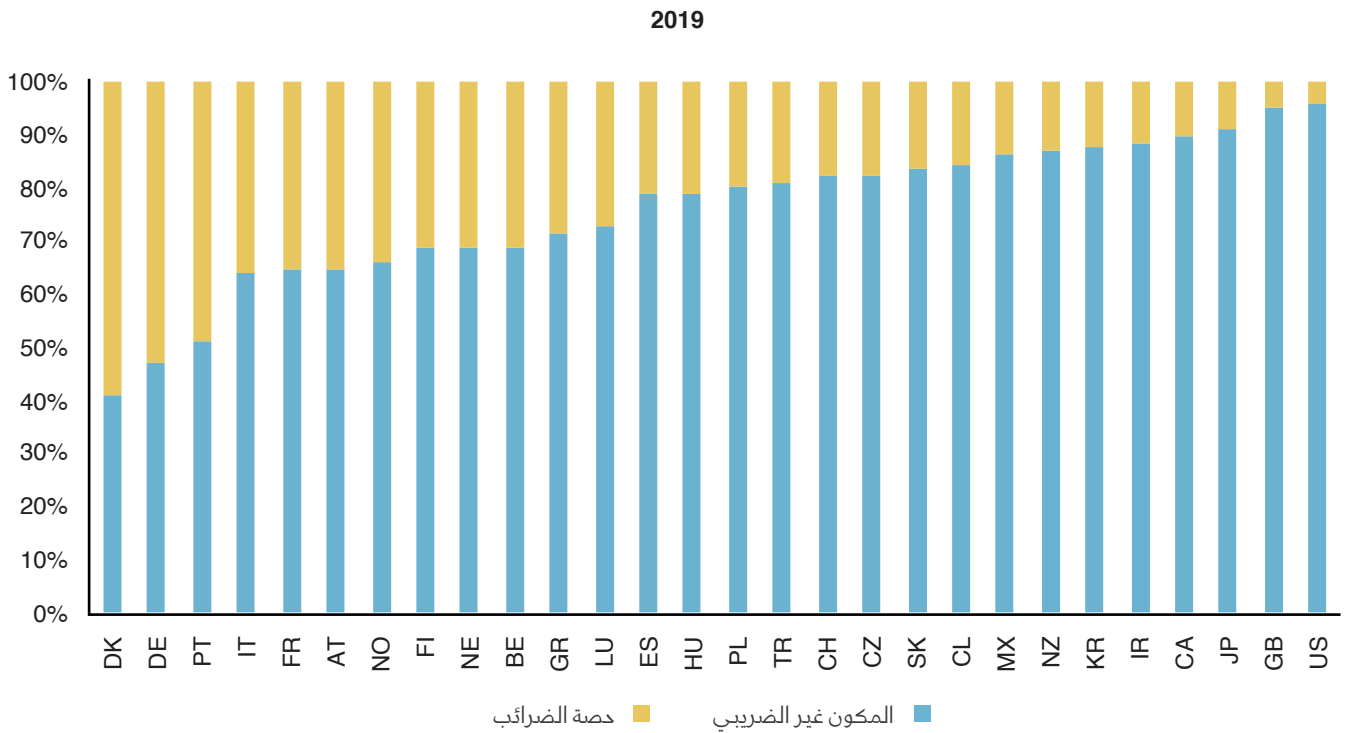
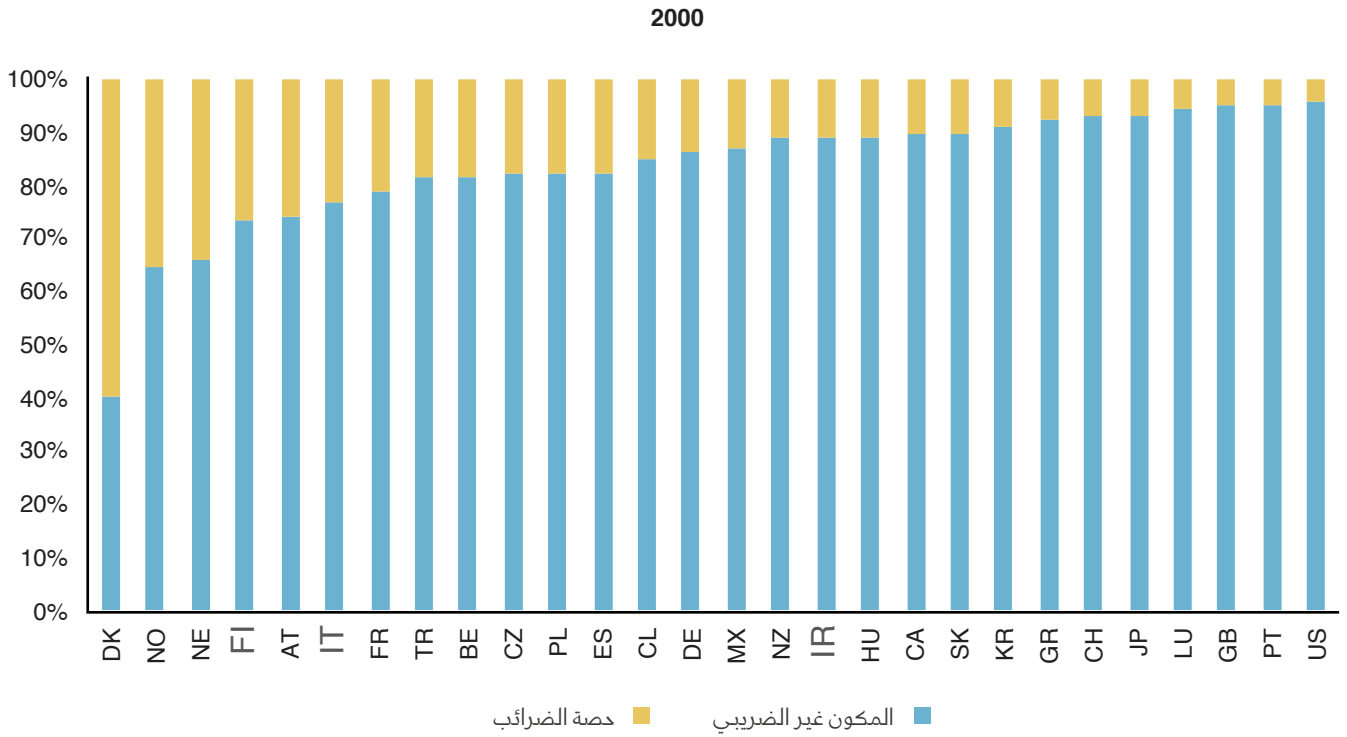
يمكن للعديد من العوامل المتداخلة المعقولة أن تفسر مفارقة الطاقة المتجددة لانخفاض التكاليف مع زيادة أسعار الكهرباء، والتي يمكن أن تختلف باختلاف الدول اعتمادًا على الخصائص

يمكن للعديد من العوامل المتداخلة المعقولة أن تفسر مفارقة الطاقة المتجددة لانخفاض التكاليف مع زيادة أسعار الكهرباء، والتي يمكن أن تختلف باختلاف الدول اعتمادًا على الخصائص. يكمن الجزء الأول من الإجابة في تكوين أسعار الكهرباء. عندما ندفع لكل كيلو واط في الساعة من الكهرباء، فإننا ندفع مقابل الطاقة ورسوم التوزيع بالإضافة إلى مبلغ كبير من الضرائب والرسوم. وتشمل الرسوم ضريبة القيمة المضافة (VAT)، والمساهمات (مثل الضرائب المحلية أو الفيدرالية)، والتحويلات للتعريفات الاجتماعية، بالإضافة إلى الآليات التي تدعم توليد الطاقة المتجددة. ويمكن تحقيق ذلك من خلال على سبيل المثال تعريفات التغذية ومعياري ملف الطاقة المتجددة، مما أدى إلى تحسين الجدوى الاقتصادية لمشاريع الطاقة المتجددة في مراحل تطورها المبكرة.

بالنظر إلى عينة تشمل 28 دولة من منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)، كان متوسط حصة الضرائب والرسوم في إجمالي أسعار الكهرباء، بما في ذلك آليات الدعم للطاقة المتجددة، يبلغ نسبة 16% في عام 2000 (الشكل 3). وزادت هذه الحصة 8 نقاط مئوية بحلول عام 2019 لتصل إلى 24%. علاوة على ذلك، تُظهر حصة الضرائب في إجمالي أسعار الكهرباء تباينات كبيرة

في الدول التي تشملها العينة. في عام 2019، كان الحد الأدنى لمعدل الضريبة 4% في الولايات المتحدة الأمريكية مقابل 59% في الدنمارك. بالإضافة إلى ذلك، ارتفعت حصة الضرائب في إجمالي أسعار الكهرباء السكنية في جميع الدول تقريبًا (23 من 28 دولة) بين عامي 2000 و 2019، وانخفضت بشكل طفيف لثلاثة دول، بينما ظلت مستقرة لدولتين.

الشكل 3. تكوين أسعار الكهرباء السكنية.



المصدر: Enerdata (بيانات عالمية للطاقة وثاني أكسيد الكربون).

ملاحظة أخرى مثيرة للدهشة هي أنه حتى أثناء عزل المكون الضريبي عن أسعار الكهرباء السكنية، فإن الارتفاع في الأسعار بعد اعتماد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لا يتغير. كما ارتفع متوسط الأسعار الحقيقية للكهرباء السكنية باستثناء الضرائب في 28 دولة بنسبة 13٪، أي من 12.7 سنتًا / كيلو واط في الساعة إلى 14.3 سنتًا / كيلو واط في الساعة بين عامي 2000 و 2019. وبالمثل، خلال نفس الفترة، ارتفعت أسعار الكهرباء الصناعية باستثناء الضرائب في 28 دولة بنسبة 18٪، أي من 7.9 سنت / كيلو واط في الساعة إلى 9.3 سنت / كيلو واط في الساعة.

كلما زاد حجم محطات الطاقة المتجددة (حجم المشاريع الجارية يبلغ عدة مئات من الميجاواط، وتتحرك بشكل متزايد نحو الجيجاواط)، زادت الحاجة إلى إدارة التقطع

التفسير الثاني المحتمل وراء الزيادة الملحوظة في أسعار الكهرباء النهائية مع زيادة حصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح هو الخاصية المتقطعة لهذه المصادر. على سبيل المثال، يمكن أن تفقد محطة الطاقة الشمسية الكهروضوئية قدرًا كبيرًا من إنتاجها (بالنسبة المئوية) بسبب الغطاء السحابي. في غضون دقائق، يمكن أن يصل هذا إلى عدة ميجاواط في الساعة (MWh) من الطاقة التي يجب أن توفرها الشبكة. لذلك، تزداد متطلبات هوامش الاحتياطات، أي احتياطات التنظيم واحتياطات السعة. تعد هذه الاستثمارات ضرورية لتحسين مرونة الشبكة، أي قدرتها على التعامل مع الزيادة أو تحويل الطلب على نطاق واسع وتنعكس على سعر الكهرباء النهائي. كلما زاد حجم محطات الطاقة المتجددة (حجم المشاريع الجارية يبلغ عدة مئات من الميجاواط، وتتحرك بشكل متزايد نحو الجيجاواط)، زادت الحاجة إلى إدارة التقطع (Elshurafa and Matar 2017; Aurora Energy 2016).

العامل الثالث المحتمل هو عدم التوافق بين إمدادات الطاقة المتجددة وسلوك المستهلك على جانب الطلب. حيث إن الانخفاض في تكلفة توليد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بسبب الابتكار والمنافسة وآليات الدعم والتنمية المالية يسبق اعتماد عوامل في جانب الطلب يمكن أن تجعل اعتماد الطاقة المتجددة يدفع أسعار الكهرباء إلى الانخفاض. على سبيل المثال، يعد استخدام العدادات الذكية وإنترنت الأشياء (IoT) أبسط مما كان متوقعًا. يمكن لهذين العاملين تحسين إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة في الوقت الفعلي لتتناسب مع استهلاك المستخدم النهائي. وتتمثل إحدى طرق ضمان استجابة إمدادات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح للطلب في تطوير عروض مالية مبتكرة يمكن أن تجعل أسعار الكهرباء أرخص. تم إطلاق أول عرض للطاقة في العالم مرتبط بسرعة الرياح في المملكة المتحدة في أوائل هذا العام. يحصل العملاء بالقرب من مزرعة رياح تقع في يوركشاير الآن على خصم بنسبة 50٪ على تعريف الكهرباء عندما تصل سرعة الرياح إلى 8 أمتار في الثانية (Octopus Energy 2021).

هل يمكن أن يكون مزيج الطاقة السعودي المستقبلي استثناءً؟

تخطط المملكة العربية السعودية لزيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج التوليد المستقبلي. ومن المتوقع أن تمثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح حوالي نصف

هناك العديد من العوامل،
إذا تم الاستفادة منها
بشكل مناسب، يمكن أن
تفيد إستراتيجية المملكة
العربية السعودية لزيادة
حصة الطاقة المتجددة مع
تخفيف التأثير على أسعار
المستهلك النهائية

توليد الكهرباء في المملكة العربية السعودية بحلول عام 2030. بالنظر إلى تجارب الدول التي تمت مناقشتها أعلاه، فإن زيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة السعودي سيؤدي حتماً إلى زيادة فواتير الكهرباء، كما لوحظ في دول أخرى (معظمها أوروبية). ومع ذلك، هناك العديد من العوامل، إذا تم الاستفادة منها بشكل مناسب، يمكن أن تفيد إستراتيجية المملكة العربية السعودية لزيادة حصة الطاقة المتجددة مع تخفيف التأثير على أسعار المستهلك النهائية.

أولاً، تمتلك المملكة إمكانات عظيمة في مجال الطاقة المتجددة، وخاصة الطاقة الشمسية. حيث تمتلك المملكة العربية السعودية أحد أعلى معدلات الإشعاع الشمسي في جميع أنحاء العالم، مما يجعل الطاقة الشمسية أكثر كفاءة مقارنة بالدول الأخرى (Zell et al. 2015; AlYahya and Irfan 2016). علاوة على ذلك، فإن إمكانات المملكة لأنظمة الطاقة الشمسية الموزعة كبيرة من آثار الاضطرابات التي تحدث في المحطات الكبيرة المذكورة أعلاه وتساهم في ارتفاع الأسعار.²

ثانياً، يتزامن الإنتاج السعودي المحتمل للطاقة المتجددة، وخاصة الطاقة الشمسية، مع أنماط منحنى الحمل. يتكون الطلب السعودي على الطاقة بشكل أساسي من المباني (حوالي 75٪)، مع استخدام 70٪ من هذه الطاقة لتكييف الهواء في القطاع السكني. (Howarth et al. 2020). لذلك، يحدث معظم الطلب خلال أشهر الصيف، أي بين أبريل وأكتوبر. يوضح Awam وآخرون (2018) Alotaibi وآخرون (2020) أن أنماط الإشعاع الشمسي في جميع أنحاء المملكة تتوافق مع منحنى الحمل. وبالتالي، يمكن أن يؤدي استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية إلى تقليل الحاجة إلى الوحدات الهامشية ودفع أسعار الكهرباء إلى الانخفاض، كما هو موضح في الشكل (1).

ثالثاً، يستند الإطار المؤسسي السعودي لتطوير الطاقة المتجددة إلى عملية مناقصة شفافة وتنافسية يقودها البرنامج الوطني للطاقة المتجددة. تم تصميم عملية تقديم العروض لرصد والكشف بشكل كامل عن التطورات في فعالية تكلفة الطاقة المتجددة. نظراً لإمكاناتها الكبيرة في مجال الطاقة المتجددة، فقد تلقت المملكة بالفعل عروضاً قياسية عالمية لأول مشاريعها للطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح البرية (NREP 2018, 2019). حققت المملكة العربية السعودية عرضاً قياسياً آخر محطماً لمشروع الشعبية للطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة 600 ميجاواط في أبريل 2021، والذي تم تقريره عند 0.0104 دولار / كيلو واط في الساعة (Emiliano, 2021).

² أطلقت الهيئة السعودية لتنظيم المياه والكهرباء مؤخرًا بوابة "شمسي" لتحفيز تطوير الطاقة الشمسية على الأسطح <https://shamsi.gov.sa/en/Pages/Default.aspx>.

رابعًا، أطلقت المملكة العربية السعودية برنامجًا طموحًا لرقمنة قطاع الطاقة. تقوم المملكة باستخدام 10 ملايين عداد ذكي، من المتوقع أن تغطي جميع العملاء (SEC 2021). تسمح العدادات الذكية بقراءة وفوترة استهلاك الكهرباء في الوقت الفعلي بدرجة عالية من الدقة. لذلك، سيسمح الاستخدام الكبير للعدادات الذكية للعملاء بتحسين طلبهم ليتلاءم مع الأوقات التي يكون فيها توليد الطاقة المتجددة أكثر كفاءة. في النهاية، ستمكن العمليات المؤتمتة بالكامل (التوليد اللامركزي، والعدادات الذكية، وإنترنت الأشياء) العملاء من الاستفادة من فعالية تكلفة المصادر المتجددة.

في الختام، تكتسب الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بشكل متزايد حصصًا في مزيج الطاقة حيث أصبحت تنافسية من حيث التكلفة مقارنة بالوقود التقليدي، كما توفر الفوائد البيئية والاقتصادية. ومع ذلك، للاستفادة من انخفاض تكلفة الطاقة المتجددة، يجب على صناع السياسات وضع إطار عمل مناسب يسمح بخفض أسعار الكهرباء مع زيادة حصص الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة. يمكن أن يساعد استخدام تقنيات مثل العدادات الذكية وابتكارات التعريفية مثل التسعير الديناميكي في خفض فواتير الطاقة للمستهلكين النهائيين. في الواقع، ستؤدي هذه العوامل إلى زيادة الاستثمارات والطلب في مجال كفاءة الطاقة، وكلاهما يساعد على زيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة مع معالجة تقطعها.

المراجع

AlOtaibi, Zaid S., Hussam I. Khonkar, Ahmed O. AlAmoudi, and Saad H. Alqahtani. 2020. "Current status and future perspectives for localizing the solar photovoltaic industry in the Kingdom of Saudi Arabia." *Energy Transitions* 4, no. 1: 1-9.

AlYahya, Sulaiman, and Mohammad A. Irfan. 2016. "The techno-economic potential of Saudi Arabia's solar industry." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 55: 697-702.

Aurora Energy Research. 2016. "Intermittency and the Cost of Integrating Solar in the GB Power Market. Solar Trade Association." Accessed January 31, 2021. https://www.solar-trade.org.uk/wp-content/uploads/2016/10/Intermittency20Report_Lo-res_031016.pdf.

Awan, Ahmed Bilal, Muhammad Zubair, and Ahmed G. Abokhalil. 2018. "Solar energy resource analysis and evaluation of photovoltaic system performance in various regions of Saudi Arabia." *Sustainability* 10, no. 4: 1129.

Bellini, Emiliano. 2021. "Saudi Arabia's second PV tender draws world record low bid of \$0.0104/kWh." PV Magazine, April 8. <https://www.pv-magazine.com/2021/04/08/saudi-arabias-second-pv-tender-draws-world-record-low-bid-of-0104-kwh/>

Elshurafa, Amro M., and Abdel Rahman Muhsen. 2019. "The Upper Limit of Distributed Solar PV Capacity in Riyadh: A GIS-Assisted Study." *Sustainability* 11, no. 16: 4301.

Elshurafa, Amro M., and Walid Matar. 2017. "Adding solar PV to the Saudi power system: what is the cost of intermittency?." *Energy Transitions* 1, no. 1: 1-9.

Enerdata (Energy and CO2 Global Data). <https://www.enerdata.net/>. Accessed 29 January 2021.

Grubb, Michael, and Paul Drummond. 2018. "UK Industrial Electricity Prices: Competitiveness in a low carbon world." UCL Institute of Sustainable Resources, www.ucl.ac.uk/bartlett/sustainable.

Howarth, Nicholas, Natalia Odnoletkova, Thamir Alshehri, Abdullah Almadani, Alessandro Lanza, and Tadeusz Patzek. 2020. "Staying cool in A warming climate: temperature, electricity and air conditioning in Saudi Arabia." *Climate* 8, no. 1: 4.

International Renewable Energy Agency (IRENA). 2020. "Renewable Power Generation Costs in 2019." June.

National Renewable Energy Program (NREP). 2018. "Saudi Arabia Awards First NREP Solar Project." Accessed March 2, 2021. <https://powersaudi Arabia.com.sa/web/attach/news/300MW-Sakaka-Solar-PV-Project-Awarded.pdf>

— — —. 2019. "Dumat Al Jandal wind project beats record low price for onshore wind power." Accessed March 2, 2021. <https://powersaudi Arabia.com.sa/web/attach/news/Dumat-Al-Jandal-Lowest-LCOE.pdf>.

Octopus Energy. 2021. "Blow those costs away: Octopus Energy launches world's first electricity tariff that gets cheaper when it's windy." Accessed March 2, 2021. <https://octopus.energy/press/blow-those-costs-away-octopus-energy-launches-worlds-first-electricity-tariff-that-gets-cheaper-when-its-windy/>.

Ramli, Makbul AM, Ssenoga Twaha, and Zakariya Al-Hamouz. 2017. "Analyzing the potential and progress of distributed generation applications in Saudi Arabia: The case of solar and wind resources." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 70: 287-297.

Saudi Electricity Company (SEC). 2021. "Meet your new smart meter!" Accessed March 2, 2021. <https://www.se.com.sa/en-us/customers/Pages/SmartMeters.aspx>.

Zell, Erica, Sami Gasim, Stephen Wilcox, Suzan Katamoura, Thomas Stoffel, Husain Shibli, Jill Engel-Cox, and Madi Al Subie. 2015. "Assessment of solar radiation resources in Saudi Arabia." *Solar Energy* 119: 422-438.

نبذة عن المشروع

يهدف صناع السياسات في المملكة العربية السعودية إلى تحويل قطاع الكهرباء في الدولة من خلال اتباع أجندة مزدوجة لإصلاح الكهرباء وإزالة الكربون، بدعم من الاستخدام الطموح لتقنيات الطاقة المتجددة. وتتابع المملكة هذه الأجندة في سياق قطاع كهرباء عالمي سريع التغير، مع تقنيات متجددة وموزعة ناشئة تختبر حدود السوق الحالية، والأطر التجارية والتنظيمية.

تعد هذه السلسلة من التعليقات جزء من جهود كابسارك المستمرة لنشر عملها على تحليل سوق الكهرباء ضمن مجموعة أبحاث تحولات الطاقة والطاقة الكهربائية.

عن كابسارك

مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) هو مركز عالمي غير ربحي يجري بحوثاً مستقلة في اقتصاديات وسياسات وتقنيات الطاقة بشتى أنواعها بالإضافة إلى الدراسات البيئية المرتبطة بها. وتتمثل مهمة كابسارك في تعزيز فهم تحديات الطاقة والفرص التي تواجه العالم اليوم وفي المستقبل من خلال بحوث غير منحازة ومستقلة وعالية الجودة لما فيه صالح المجتمع، ويقع كابسارك في الرياض بالمملكة العربية السعودية.

إشعار قانوني

© حقوق النشر 2021 محفوظة لمركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك). لا يجوز استخدام هذا المستند أو أي معلومات أو بيانات أو محتوى يتضمنه دون نسبه بشكل ملائم لكابسارك. كما لا يجوز إعادة إنتاج هذا المستند أو جزء منه دون إذن خطي من كابسارك. ولا ينشأ عن المعلومات الواردة في هذا المستند أي ضمان أو تعهد أو أي مسؤولية قانونية -سواء مباشرة أو غير مباشرة- تجاه دقتها أو اكتمالها أو فائدتها. كما لا يجوز أن يعتبر هذا المستند -أو أي جزء منه- أو أن يفسر كمنصحة أو دعوة لاتخاذ أي قرار. الآراء والأفكار الواردة هنا تخص الباحثين معدّي الدراسة. ولا تعكس بالضرورة موقف المركز ووجهة نظره.



مركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية
King Abdullah Petroleum Studies and Research Center

www.kapsarc.org