التحول المستدام لنظام الطاقة في الأردن

تطوير النموذج المرحلي

سيبيل راكيل إرسوي وجوليا تيرابون-فاف

كانون الأول 2021

من خلال تطبيق النموذج المرحلي لانتقال الطاقة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لإنتقال الطاقة القائمة على مصادر الطاقة المتجددة في بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا إلى الأردن، توفر الدراسة رؤية إرشادية لدعم تطوير الإستراتيجية وتوجيه عملية إنتقال الطاقة.

تعد موارد الطاقة الأحفورية المحلية المحدودة وما ينتج عنها من إعتماد على واردات الطاقة محركات قوية للإنتقال إلى الطاقة المتجددة في الأردن. فيمكن للطاقة المتجددة المولدة محلياً أن تساعد في تقليل الحاجة إلى الواردات وزيادة أمن الطاقة.

بالنظر إلى سياسة مستقرة وواضحة وإطار تنظيمي وحوافز جذابة وتمويل تنافسي متاح، فمن المرجح أن يصبح الأردن مركزاً إقليمياً للطاقة مع إمكانات التصدير.

FRIEDRICH EBERT STIFTUNG

التحول المستدام لنظام الطاقة في الأردن

تطوير النموذج المرحلي

سيبيل راكيل إرسوي وجوليا تيرابون-فاف

كانون الأول 2021

Wuppertal Institut

المحتويات

1. المقدمة 5

2. النموذج المرحلي 7
2-1 النماذج المرحلية الأصلية 7
2-2 المنظور متعدد المستويات والمراحل الثلاث للتحولات 7
2-3 الإضافات في النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا 8

3. النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا 10
3-1 الخصائص المحددة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا 10
3-2 تكييف إفتراضات النموذج وفقاً لخصائص دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا 10
3-3 مراحل انتقال الطاقة في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا 11
3-4 تحويل النموذج المرحلي إلى حالة الأردن 12
3-5 جمع البيانات 12

4. تطبيق النموذج على الأردن 18
4-1 تصنيف تحول نظام الطاقة في الأردن حسب النموذج المرحلي 18
4-2 نظرة مستقبلية على المراحل التالية من عملية الإنتقال 38

5. الإستنتاجات والنظرة المستقبلية 40

قائمة المراجع 41
قائمة الإختصارات 43
قائمة الوحدات والرموز 44
قائمة الجداول 44
قائمة الأشكال 44

1

المقدمة

تواجه منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا مجموعة واسعة من التحديات، بما في ذلك النمو السكاني السريع وتباطؤ النمو الاقتصادي وارتفاع معدلات البطالة والضغوط البيئية الكبيرة. وتتفاقم هذه التحديات بسبب القضايا العالمية والإقليمية، مثل تغير المناخ. وستصبح المنطقة، التي هي بالفعل شديدة الضعف بسبب ظروفها الجغرافية والبيئية، أكثر تأثراً بالآثار السلبية لتغير المناخ في المستقبل. وسيزداد الجفاف ودرجات الحرارة في واحدة من أكثر المناطق إجهاداً مائياً في العالم. ومع تركز قطاعات كبيرة من السكان في المناطق الحضرية في المناطق الساحلية، سيكون الناس أيضاً أكثر عرضة لنقص المياه والعواصف والفيضانات وإرتفاع درجات الحرارة. وفي القطاع الزراعي، من المتوقع أن تؤدي تأثيرات تغير المناخ إلى إنخفاض مستويات الإنتاج، بينما سيزداد الطلب على الغذاء بسبب النمو السكاني وأنماط الاستهلاك المتغيرة. علاوة على ذلك، فإن مخاطر الأضرار التي تلحق بالبنية التحتية الحيوية آخذة في الإزدياد، كما أن الإنفاق على الإصلاحات والبناء الجديد يضع ضغطا إضافيا على الموارد المالية الشحيحة بالفعل. ولا ينبغي تجاهل هذه التحديات المعقدة، الناشئة عن تفاعل الجوانب الإقتصادية والإجتماعية والمناخية، لأنها تشكل مخاطر جسيمة على الازدهار والتنمية الإقتصادية والإجتماعية - وفي نهاية المطاف على إستقرار المنطقة.

إن قضايا الطاقة تتجسد في العديد من هذه التحديات. فالمنطقة تتميز بالإعتماد الكبير على النفط والغاز الطبيعي لتلبية إحتياجاتها من الطاقة. وعلى الرغم من أن المنطقة هي منتج رئيسي للطاقة، إلا أن العديد من بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تكافح من أجل تلبية الطلب المحلي المتزايد على الطاقة. ويعد التحول إلى أنظمة الطاقة القائمة على الطاقة المتجددة - أو ما يعرف بانتقال الطاقة - طريقة واعدة لتلبية هذا الطلب المتزايد على الطاقة. وسيساعد الإنتقال أيضاً على تقليل إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري بموجب إتفاقية باريس. بالإضافة إلى ذلك، فإن إستخدام الطاقة المتجددة سيوفر القدرة على زيادة النمو الإقتصادي والعمالة المحلية وتقليل القيود المالية.

وعلى خلفية الطلب المتزايد بسرعة على الطاقة بسبب النمو السكاني وتغير سلوك المستهلك وزيادة التوسع العمراني وعوامل أخرى - بما في ذلك التصنيع وتحلية المياه وزيادة إستخدام الكهرباء للتبريد - تكتسب الطاقة المتجددة إهتماماً في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ولضمان أمن الطاقة على المدى الطويل وتحقيق أهداف تغير المناخ، طورت معظم دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا خططاً طموحة لتوسيع نطاق إنتاج الطاقة المتجددة. وتخلق الإمكانات الكبيرة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لإنتاج الطاقة المتجددة، ولا سيما طاقة الرياح والطاقة الشمسية، فرصة لإنتاج كهرباء تكاد تكون محايدة لثاني أكسيد الكربون ولتعزيز الرخاء الإقتصادي.

ومع ذلك، لا تزال معظم البلدان في المنطقة تستخدم الوقود الأحفوري كمصدر رئيسي للطاقة، والإعتماد على إستيراد الوقود الأحفوري في بعض البلدان ذات الكثافة السكانية العالية يشكل خطراً من حيث أمن الطاقة وإنفاق الموازنة العامة.

ويتضمن الإنتقال إلى نظام الطاقة القائم على الطاقة المتجددة نشراً واسع النطاق لتكنولوجيا الطاقة المتجددة وتطوير البنية التحتية التمكينية وتنفيذ الأطر التنظيمية المناسبة وإنشاء أسواق وصناعات جديدة. لذلك، فإن الفهم الواضح للترابط الإجتماعي والتقني في نظام الطاقة والديناميات الأساسية لإبتكار النظام يعتبر أمر بالغ الأهمية، كما أن الرؤية الواضحة لهدف وإتجاه عملية التحول تسهل التغيير الأساسي المستهدف (وبير وروهراشر، 2012). وبالتالي، فإن الفهم المعزز لعمليات الإنتقال يمكن أن يدعم الحوار البناء حول التطورات المستقبلية لنظام الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. كما يمكن أن يمكّن أصحاب المصلحة من تطوير إستراتيجيات لإنتقال الطاقة.

ولدعم هذا الفهم، تم تطوير نموذج مرحلي لإنتقال الطاقة في بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ويهيكل هذا النموذج عملية الإنتقال بمرور الوقت من خلال مجموعة من المراحل. وهو يعتمد على نموذج المرحلة الألمانية ويتم إستكماله من

خلال نظرة مستقبلية على الحوكمة الإنتقالية وخصائص منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ويتم تحديد المراحل وفقاً للعناصر والعمليات الرئيسية التي تشكل كل مرحلة، ويتم تمييز الإختلافات النوعية بين المراحل. وينصب تركيز كل مرحلة على التطور التكنولوجي، وفي نفس الوقت، يتم توفير رؤى حول التطورات المترابطة في الأسواق والبنية التحتية والمجتمع. وتوفر الرؤى التكميلية من مجال أبحاث الإستدامة دعماً إضافياً لإدارة التغيير طويل الأجل في أنظمة الطاقة على طول المراحل. وبالتالي، يوفر النموذج المرحلي نظرة عامة على عملية الانتقال المعقدة ويسهل التطوير المبكر لإستراتيجيات السياسة وأدوات السياسة التي تتوافق مع متطلبات المراحل المختلفة التي تندمج لتشكل الرؤية التوجيهية الشاملة.

وفي هذه الدراسة، يتم تطبيق النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا على حالة الأردن. ويتم تقييم وتحليل الوضع الحالي للتنمية في الأردن مقابل النموذج المرحلي. نتيجة لذلك، تم إقتراح خطوات أخرى لإنتقال الطاقة (بناءً على خطوات النموذج المرحلي). ويعتمد هذا التطبيق على النتائج المستخلصة من الدراسات والمشاريع السابقة التي أجريت في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، بينما تم جمع البيانات الخاصة بدراسة الحالة لهذه الدراسة من قبل شركاء محليين.

2

النموذج المرحلي

2-1 النماذج المرحلية الأصلية[1]

تم تطوير النموذج المرحلي لانتقال الطاقة نحو أنظمة الطاقة منخفضة الكربون القائمة على الطاقة المتجددة في بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بواسطة فيشيدك وآخرون (2020). وهو يعتمد على النماذج المرحلية لإنتقال الطاقة الطاقة الألماني بواسطة فيشيدك وآخرون (2014) وهينينج وآخرون (2015). وقد طور الأخير نموذجاً من أربع مراحل لتحويل نظام الطاقة الألماني نحو نظام طاقة منزوع الكربون يعتمد على الطاقة المتجددة. وترتبط المراحل الأربع للنماذج بالإفتراضات الرئيسية المستخلصة من الخصائص الأساسية لمصادر الطاقة المتجددة، المعنونة على النحو التالي: «إنطلاق مصادر الطاقة المتجددة» و»تكامل النظام» ، «الطاقة-إلى-الوقود/الغاز» و «نحو 100% من مصادر الطاقة المتجددة».

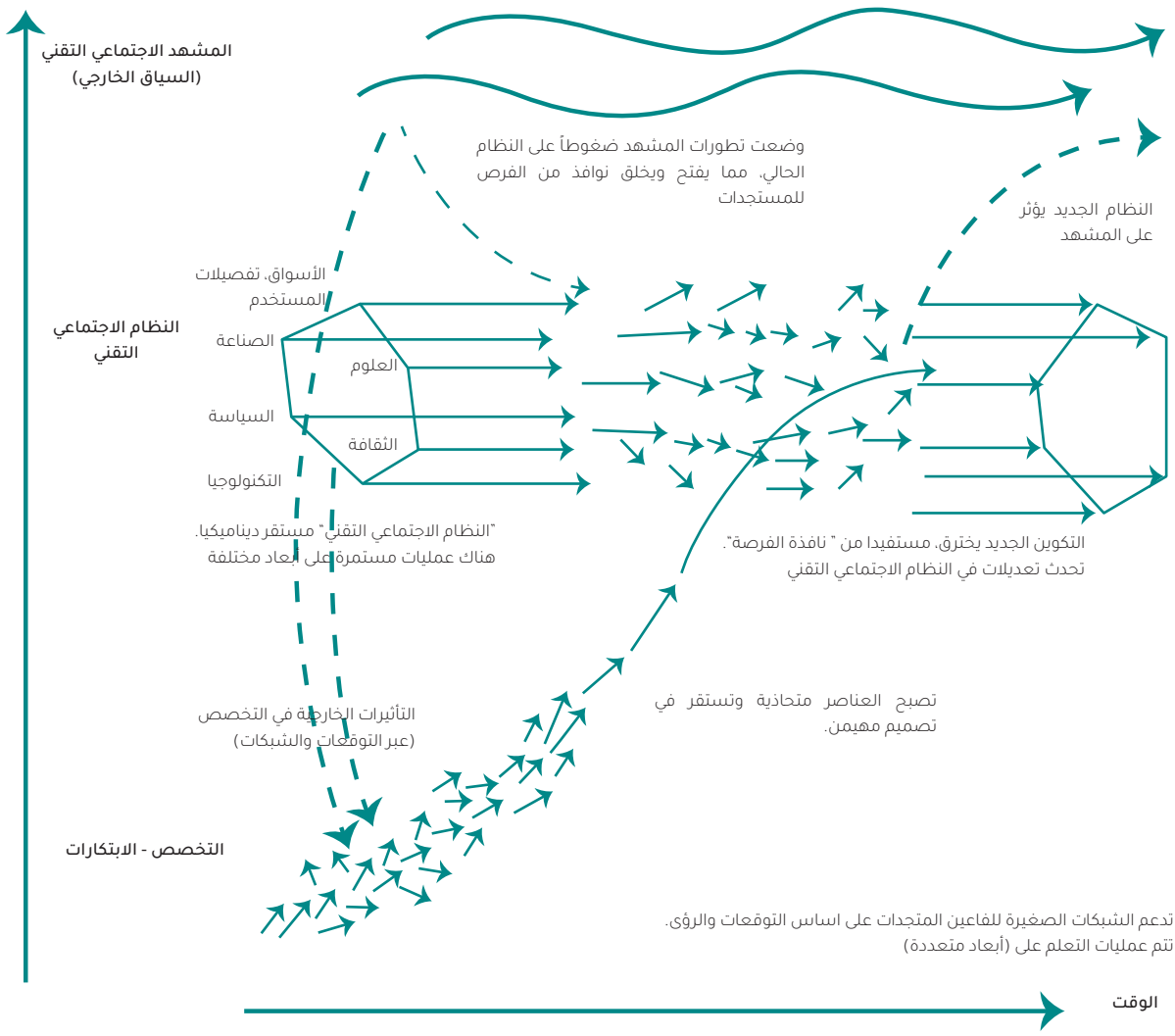
وتعتبر المراحل الأربع حاسمة لتحقيق نظام طاقة قائم على الطاقة المتجددة بالكامل. وفي المرحلة الأولى، يتم تطوير تقنيات الطاقة المتجددة وإدخالها في السوق. وفي المرحلة الثانية، يتم تقديم تدابير مخصصة لدمج الكهرباء المتجددة في نظام الطاقة. وتشمل هذه المرونة في إنتاج الطاقة الأحفورية المتبقية وتطوير وتكامل التخزين وتفعيل مرونة جانب الطلب. وفي المرحلة الثالثة، يعد التخزين طويل الأجل للكهرباء المتجددة لموازنة الفترات التي يتجاوز فيها العرض الطلب أمراً ضرورياً. وهذا يزيد من حصة مصادرالطاقة المتجددة. وتصبح تطبيقات الطاقة-إلى-الوقود/الغاز جزءًا لا يتجزأ من نظام الطاقة في هذه المرحلة، وتكتسب واردات ناقلات الطاقة القائمة على الطاقة المتجددة أهمية كبيرة. وفي المرحلة الرابعة، تحل مصادر الطاقة المتجددة محل الوقود الأحفوري في جميع القطاعات.

2-2 المنظور متعدد المستويات والمراحل الثلاث للتحولات

لوصف التغييرات طويلة المدى في أنظمة الطاقة في هذه المراحل الأربع، يتم إستكمال النموذج المرحلي برؤى من مجال أبحاث انتقال الاستدامة. ولا يمكن توجيه انتقال الطاقة بالكامل ولا يمكن التنبؤ بها تماماً. وتخلق مشاركة العديد من الجهات الفاعلة والعمليات مستوى عالٍ من الإعتماد المتبادل وعدم اليقين المحيط بالتطورات التكنولوجية والإقتصادية والإجتماعية والثقافية. ويُعد كل من منظور متعدد المستويات إطاراً بارزاً يسهل وضع تصور لديناميكيات الإنتقال (الشكل 2-1).

1 يستند النص إلى هولتز وآخرون.

الشكل 2 - 1
المنظور متعدد المستويات



(المصدر: جيلز وشوت، 2007)

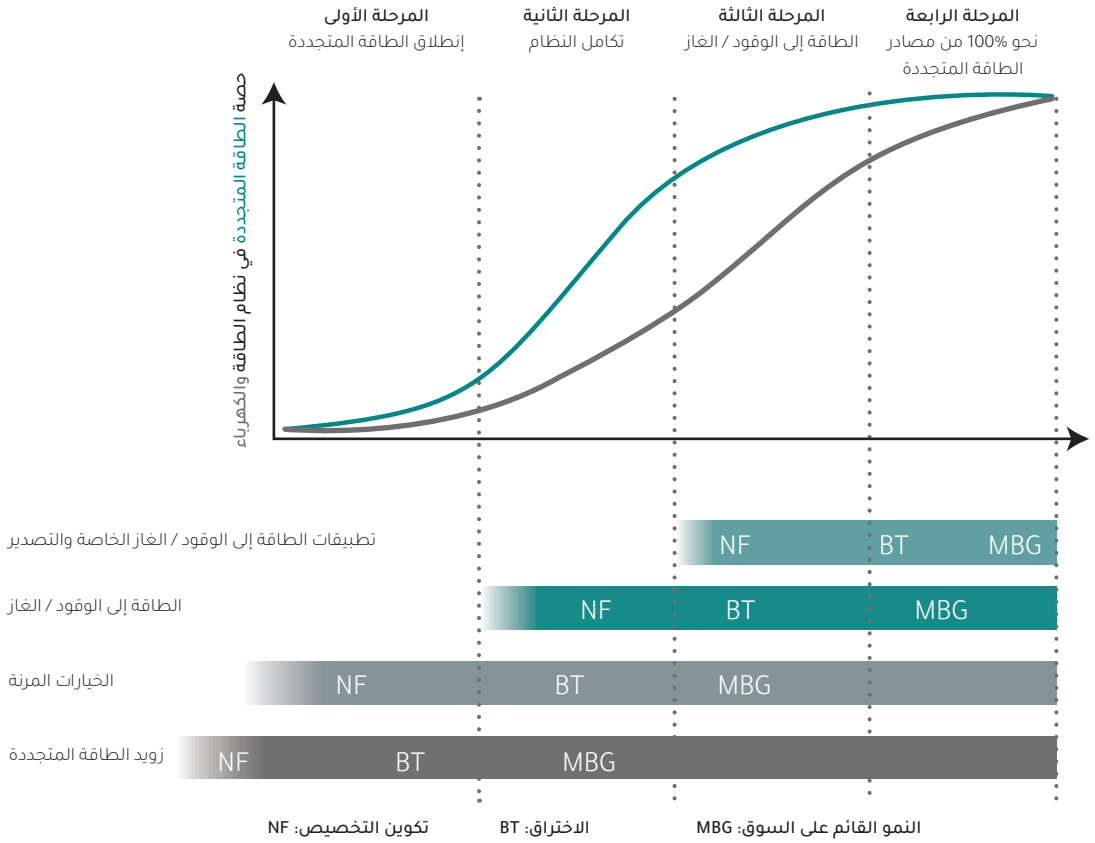
على مستوى «المشهد»، تؤثر الإتجاهات السائدة مثل التحولات الديموغرافية وتغير المناخ والأزمات الإقتصادية على مستوى «النظام» ومستوى «التخصص». ويلتقط مستوى «النظام» النظام الإجتماعي التقني الذي يهيمن على قطاع الإهتمام. وفي هذه الدراسة، النظام هو قطاع الطاقة. وهو يتألف من التقنيات والتشريعات وأنماط المستخدِم والبنية التحتية والخطابات الثقافية القائمة التي تتحد لتشكل أنظمة إجتماعية وتقنية. ولتحقيق تغييرات في النظام على مستوى «النظام»، فإن الابتكارات على المستوى «التخصص» تكون تدريجية لأنها توفر القاعدة الأساسية لتغيير النظام (جيلز، 2012). وخلال مراحل الانتقال، يمكن التمييز بين ثلاث مراحل: «تكوين التخصص» و «الإختراق» و «النمو القائم على السوق». في مرحلة «تكوين التخصص»، يتطور التخصص وينضج. وفي مرحلة «الإختراق»، ينتشر الإبتكار المتخصص وعندما يصبح الإبتكار المتخصص منافساً تماماً للأسعار ولم تعد هناك حاجة إلى آليات سياسية داعمة محددة، يتم تحقيق مرحلة «النمو القائم على السوق». وتقنيات الطاقة المتجددة في هذه المرحلة، مدمجة بالكامل في النظام.

2-3 الإضافات في النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

بإفتراض أن النموذج المرحلي لإنتقال الطاقة الألمانية بواسطة فيشديك وآخرون (2014) وهينج وآخرون (2015) ذو صلة ببلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، فإن مراحل الانتقال الأربع تبقى كما هي. ونظراً لأن عمليات تكوين التخصص مطلوبة لتوسيع نطاق الإبتكارات المتخصصة بنجاح، فقد تمت إضافة طبقة «تخصص» إلى النموذج المرحلي الأصلي بواسطة فيشديك وآخرون (2020). وتم تحديد مجموعة محددة من الابتكارات لكل مرحلة: تقنيات الطاقة المتجددة (المرحلة الأولى) وخيارات

المرونة (المرحلة الثانية) وتقنيات الطاقة-إلى-الوقود/الغاز (المرحلة الثالثة)، وقطاعات مثل الصناعات الثقيلة أو الطيران التي يصعب تنفيذها إزالة الكربون (المرحلة الرابعة). وفي مرحلة الاختراق، تعتمد كل مجموعة إبتكار على عملية تكوين التخصص للمرحلة السابقة. وبالتالي، فإن إضافة «طبقة التخصص» تخلق تركيزاً أقوى على العمليات التي يجب أن تحدث لتحقيق أهداف النظام (الشكل 2 - 2).

الشكل 2 - 2
النموذج المرحلي لانتقال الطاقة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا



(المصدر: هولتز وآخرون، 2018)

3

النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

3-1 الخصائص المحددة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

أحد الاختلافات الجوهرية عن السياق الألماني هو الإتجاه المتزايد في الطلب على الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ووفقاً لـ BP (2019)، سيواجه الشرق الأوسط زيادة سنوية في الطلب على الطاقة بحوالي 2% حتى عام 2040. علاوة على ذلك، فإن شدة الطاقة في العديد من دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا مرتفعة، نظراً لإنخفاض جودة العزل في المباني وعدم الكفاءة الفنية للتبريد و تقنيات التدفئة والبنية التحتية للتوزيع. ويتراوح فاقد الكهرباء في التوزيع ما بين 11% و 15% في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا المستقرة مقارنة بـ 4% في ألمانيا (البنك الدولي، 2019). وعلى الرغم من أن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تستفيد بالفعل من موارد الطاقة المتجددة الكبيرة، إلا أن الكثير من إمكانات الطاقة المتجددة الإقتصادية لا تزال غير مستغلة. ومن خلال إستغلال هذه الإمكانات، يمكن أن تصبح معظم البلدان مكتفية ذاتياً من حيث الطاقة، ويمكنها في النهاية أن تصبح مصدرة بالصافي للطاقة القائمة على الطاقة المتجددة.

الفرق الآخر هو أن شبكة الكهرباء في ألمانيا متطورة تماماً، في حين أن معظم دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لديها أنظمة شبكات تحتاج إلى التوسع والتطوير على المستوى الوطني، وربطها عبر الحدود. توجد هناك روابط مادية، لكنها موجودة بشكل أساسي في مجموعات إقليمية (البنك الدولي، 2013). لذلك، تفتقر المنطقة إلى الإطار اللازم لتجارة الكهرباء.

ويمكن أن تستفيد بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بشكل كبير من التقدم العالمي في تقنيات الطاقة المتجددة. بينما إفترض النموذج المرحلي للسياق الألماني أن تقنيات الطاقة المتجددة تحتاج إلى وقت لتنضج، فإن النموذج المرحلي لسياق الشرق الأوسط وشمال إفريقيا يمكن أن يشمل تخفيضات في التكلفة. ومع ذلك، فإن ظروف تطوير صناعات الطاقة المتجددة ضعيفة بسبب عدم وجود أطر داعمة لريادة الأعمال والإبتكار التكنولوجي. وبينما تلعب الجهات الفاعلة الخاصة في ألمانيا دوراً رئيسياً في محطات الطاقة الكهروضوئية الصغيرة وطاقة الرياح، تحتل الشركات المملوكة للدولة والمشاريع الكبيرة مركز الصدارة في معظم بلدان منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ويعتبر حشد رأس المال عاملاً هاماً إضافياً يتطلب إستراتيجيات مخصصة.

3-2 تكييف إفتراضات النموذج وفقاً لخصائص دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

تم تكييف مراحل النموذج المرحلي الأصلي لتتوافق مع خصائص منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

ومن أجل تلبية الزيادة المتوقعة في الطلب الإجمالي على الطاقة، يرتفع حجم مصادر الطاقة المتجددة في المرحلتين 1 و 2 بشكل كبير دون تهميش الأعمال الحالية للصناعات التي توفر الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي. كما إن الشبكة في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا محدودة في قدرتها على إستيعاب الحصص المتزايدة من مصادر الطاقة المتجددة، مما يؤدي إلى زيادة التركيز بشكل اكبر على تعديل الشبكة وتوسيعها خلال المرحلة الأولى. علاوة على ذلك، يجب أن تبدأ المرحلة الثانية في وقت أبكر مما كانت عليه في الحالة الألمانية، ويمكن أن يشمل التطوير في بعض البلدان تركيزاً أقوى على الحلول للتطبيقات خارج الشبكة والشبكات الصغيرة المعزولة. وبينما تلعب الواردات في ألمانيا دوراً كبيراً في المراحل اللاحقة، يمكن تصدير الطاقة الزائدة في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا وتوفير فرص إقتصادية محتملة في المرحلة الرابعة. وتوفر القدرة التنافسية العالمية المتزايدة للطاقة المتجددة فرصة لتسريع مراحل تكوين التخصص في جميع مراحل الانتقال. ومع ذلك، يجب دمج عمليات تكوين التخصص في الإستراتيجيات المحلية. ويجب إنشاء مؤسسات لدعم تطورات التخصص وتكييفها مع السياق القُطري.

3-3 مراحل انتقال الطاقة في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

المرحلة الأولى - «إنطلاق الطاقات المتجددة»

تم إدخال الكهرباء المتجددة بالفعل في نظام الكهرباء قبل الوصول إلى المرحلة الأولى، «إنطلاق الطاقة المتجددة». وتعتبر التطورات على مستوى «التخصص»، مثل تقييم الإمكانات الإقليمية والمشاريع التجريبية المحلية وتشكيل شبكات من الجهات الفاعلة ومشاركة المهارات والمعرفة حول نظام الطاقة المحلي، مؤشرات أولية على بدء الإنتشار. وخلال مرحلة ما قبل المرحلة هذه، يتم تطوير الرؤى والتوقعات لتوسيع توليد الطاقة القائم على الطاقة المتجددة.

في المرحلة الأولى، يكون تطوير الخصائص على مستوى النظام هو التقديم والزيادة الأولية للطاقة المتجددة، ولا سيما الكهرباء المولدة من محطات الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح. ونظراً لأن الطلب على الطاقة في المنطقة ينمو بشكل كبير، فإن حصة الطاقة المتجددة في النظام لن تكون قادرة على إستبدال الوقود الأحفوري في هذه المرحلة. وللوصول إلى مستويات متغيرة من الطاقة المتجددة، يجب توسيع الشبكة وتعديلها. وتدخل القوانين والتشريعات حيز التنفيذ بهدف دمج مصادر الطاقة المتجددة في نظام الطاقة. هذا وإن إدخال خطط الأسعار كحوافز للمستثمرين يسهل نشر الطاقة المتجددة على نطاق واسع والطاقة الكهروضوئية اللامركزية للمنازل.

وتمهد التطورات التي تحدث على مستوى «التخصص» الطريق للمرحلة الثانية. ويتم تقييم الإمكانات الإقليمية لخيارات المرونة المختلفة (مثل إمكانيات تخزين الضخ وإدارة جانب الطلب في الصناعة)، ويتم تطوير الرؤى لذلك تُطرح مسألة خيارات المرونة. وفي هذه المرحلة، تتم مناقشة دور إقتران القطاع (على سبيل المثال، التنقل الكهربائي والطاقة للتسخين)، ويتم تحديد نماذج الأعمال مسبقاً.

المرحلة الثانية - «تكامل النظام»

في المرحلة الثانية، يستمر التوسع في الطاقة المتجددة على مستوى «النظام»، بينما لا تزال الأسواق المتنامية توفر مساحة للتعايش مع الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري. ويستمر الإجهاد السابق في الشبكة، ويتم بذل الجهود لإنشاء خطوط كهرباء ربط دولية ومحلية لموازنة الإختلافات الإقليمية في إمدادات طاقة الرياح والطاقة الشمسية. وفي هذه المرحلة، يتم التعرف على إمكانات المرونة (إدارة جانب الطلب والتخزين)، ويتم تكييف تصميم سوق الكهرباء لاستيعاب هذه الخيارات. ويتم دمج البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات بشكل كامل مع نظام الطاقة (الرقمنة). وعلى المستوى السياسي، تتوافق التشريعات في قطاعات الكهرباء والتنقل والحرارة لتوفير ساحة لعب متكافئة لناقلي الطاقة المختلفين. تضيف الكهربة المباشرة للتطبيقات في قطاعات التنقل والصناعة والحرارة مزيداً من المرونة إلى النظام.

ويتم تطوير تطبيقات الطاقة-إلى-الوقود/الغاز (تعرف أيضا بالطاقة-إلى-X) على مستوى «التخصص» لإعداد النظام لتحقيق إختراق في المرحلة الثالثة. وتختبر المشاريع التجريبية تطبيق الوقود الاصطناعي والغازات في ظل الظروف المحلية. ومن المتوقع أن يحل الهيدروجين الأخضر محل الوقود الأحفوري في قطاعات مثل الإنتاج الكيميائي. وتقوم شبكات الفاعلين بإنشاء وتبادل المعرفة والمهارات في مجال الطاقة-إلى-الوقود/الغاز. واستناداً إلى تقييم إمكانات طرق تحويل الطاقة-إلى-الوقود/الغاز المختلفة، يتم وضع إستراتيجيات وخطط لتطوير البنية التحتية، ويتم إستكشاف نماذج الأعمال.

المرحلة الثالثة - «الطاقة-إلى-الوقود/الغاز»

على مستوى «النظام»، تزداد حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الكهرباء، مما يؤدي إلى زيادة المنافسة بين مصادر الطاقة المتجددة والوقود الأحفوري و- مؤقتًا- إلى أحمال متبقية عالية وسلبية. ويصبح إنتاج الهيدروجين الأخضر والوقود الاصطناعي أكثر قدرة على المنافسة بسبب توافر الكهرباء منخفضة التكلفة. وتدخل الطاقة-إلى-الوقود/الغاز، بدعم من التشريعات بما في ذلك مخططات التسعير، السوق وتمتص الحصص المتزايدة من «فائض» مصادر الطاقة المتجددة خلال أوقات إرتفاع العرض. يساهم قطاعا التنقل والنقل لمسافات طويلة، على وجه الخصوص، في زيادة تطبيق الطاقة-إلى-الوقود/الغاز. وهذا بدوره يتيح إستبدال الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي. كما إن تطوير البنية التحتية للهيدروجين والتعديل التحديثي للبنية التحتية الحالية للنفط والغاز لاستخدام الوقود والغازات الاصطناعية يخلقان مرافق إمداد متجددة مخصصة للصادرات الدولية. ولا تؤثر تخفيضات الأسعار وإدخال الرسوم والضرائب على الوقود الأحفوري تأثيراً سلبياً على ظروف السوق فحسب، بل إنها تشرع أيضاً في التخلص التدريجي من الوقود الأحفوري. وهذه التطورات تحفز التغييرات في نماذج الأعمال. ونظراً لأن حلول الطاقة-إلى-الوقود/الغاز توفر تخزيناً طويل الأجل، يمكن إنشاء هياكل كبيرة لسوق التصدير.

على مستوى «التخصص»، تلعب التجارب مع تطبيقات الطاقة-إلى-الوقود/الغاز دوراً أساسياً في القطاعات التي يصعب إزالة الكربون منها، مثل الصناعات الثقيلة (الخرسانة والكيمياء والصلب) والنقل الثقيل والشحن. بالإضافة إلى ذلك، يتم إستكشاف وتقييم إمكانية تصدير الهيدروجين وكذلك الوقود والغازات الاصطناعية.

المرحلة الرابعة - نحو 100% من مصادر الطاقة المتجددة

تحل ناقلات الطاقة المتجددة تدريجياً محل الوقود الأحفوري المتبقي. ويتم التخلص التدريجي من الوقود الأحفوري، ويتم تطوير الطاقة-إلى-الوقود/الغاز بالكامل من حيث البنية التحتية ونماذج الأعمال. ونظراً لأن دعم مصادر الطاقة المتجددة لم يعد مطلوباً، فقد تم التخلص التدريجي من مخططات دعم الأسعار، وتتوسع هياكل سوق التصدير وتشكل قطاعا حاسما في الإقتصاد.

يلخص الجدول 1-3 التطورات الرئيسية في طبقات «التقنية الاقتصادية» و «الحوكمة»، وكذلك على مستويات «المشهد» و «النظام» و «التخصص» خلال المراحل الأربع.

3-4 تحويل النموذج المرحلي إلى حالة الأردن

تم تطبيق النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بشكل إستكشافي على حالة الأردن في هولتز وآخرون (2018) لعام 2018. وتمت مناقشة النموذج مع صانعي السياسات رفيعي المستوى وممثلين عن العلوم والصناعة والمجتمع المدني من الأردن. وقد ثبت أنه أداة مفيدة لدعم المناقشات حول الإستراتيجيات وصنع السياسات فيما يتعلق بإنتقال الطاقة الذي يمكن تطبيقه أيضاً على بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا الأخرى.

تعمل الدراسة الحالية على تحديث النموذج المرحلي للشرق الأوسط وشمال إفريقيا إلى حالة دولة الأردن بعد إجراء التعديلات اللازمة عليه. وتوضح النتائج نظرة شاملة منظمة للتطورات المستمرة في نظام الطاقة في الأردن. علاوة على ذلك، تقدم نظرة ثاقبة للخطوات التالية المطلوبة لتحويل نظام الطاقة في الأردن إلى نظام قائم على مصادر الطاقة المتجددة.

ومن أجل عكس التحديات والفرص المحددة لإنتقال الطاقة في الأردن، تم إجراء بعض التعديلات على مجموعة معايير النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا على مستوى المشهد أيضاً. وتشمل هذه العوامل مثل جائحة فيروس كورونا 2019 (كوفيد19-) وجهود إزالة الكربون العالمية في ضوء إتفاقية باريس. وقد أثرت هذه الجوانب بالفعل أو ستؤثر على أسعار النفط والغاز العالمية وتطوير القطاع. علاوة على ذلك، تم تقييم تفاصيل حول الدور المهيمن للوقود الأحفوري في نظام الطاقة والتحديات ذات الصلة لتطوير قطاع الطاقة المتجددة. ويوضح الجدول 1-3 التطورات خلال المراحل الإنتقالية.

3-5 جمع البيانات

تم تجميع المعلومات التفصيلية عن الوضع والتطورات الحالية لمختلف الأبعاد (العرض والطلب والبنية التحتية وشبكة الجهات الفاعلة وتطوير السوق) من أجل تطبيق النموذج المرحلي على أوضاع كل بلد على حدى. وفي الخطوة الأولى، تم إجراء مراجعة شاملة للأدبيات ذات الصلة والبيانات المتاحة. وبناءً على تقييم وتحليل البيانات المتاحة، تم تحديد فجوات المعلومات. وتم إستكمال المعلومات المفقودة بمساعدة مقابلات الخبراء والبحث في الموقع من قبل المؤسسات الشريكة المحلية. بالإضافة إلى ذلك، ساعدت المنظمات المحلية الشريكة في تحديد التحديات والعوائق الخاصة بكل بلد والتي يمكن أن تعيق إطلاق إمكانات الطاقة المتجددة في الدولة. وشمل الأشخاص الذين تمت مقابلتهم أصحاب المصلحة ذوي الصلة من ذوي الخبرة في قطاع الطاقة أو القطاعات ذات الصلة من المؤسسات السياسية والأوساط الأكاديمية والقطاع الخاص. وقد أجريت مقابلات الخبراء وفقا لمبادئ توجيهية للمقابلات المنظمة. وتستند البيانات الكمية المستخدمة إلى مصادر ثانوية، مثل قواعد البيانات من الوكالة الدولية للطاقة والوكالة الدولية للطاقة المتجددة، أو تم حسابها بإستخدام البيانات المتاحة لتحديد الوضع الحالي والإتجاهات المستقبلية. وتم توفير البحث المحلي ومدخلات الخبراء من قبل الدكتور إياد مصلح.

الجدول 1-3

التطورات خلال مراحل الإنتقال

			التطور قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «إطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظام الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة-إلى- الوقود / الغاز»	المرحلة الرابعة: «نحو 100% من الطاقة المتجددة
			* تكوين تخصص الطاقة المتجددة	* إختراق الطاقة المتجددة * خيار مرونة تكوين التخصص	* النمو القائم على السوق للطاقة المتجددة * خيار مرونة الإختراق * تكوين تخصص الطاقة-إلى-الوقود/الغاز	* خيار مرونة النمو القائم على السوق * إختراق الطاقة-إلى-الوقود/الغاز * تكوين تخصص التطبيق الخاص بالطاقة إلى الوقود/الغاز والتصدير	* النمو القائم على السوق للطاقة-إلى-الوقود/الغاز * إختراق التطبيق الخاص بالطاقة إلى الوقود/الغاز والتصدير
قطاع الطاقة	مستوى المشهد		* الأطر الدولية بشأن تغير المناخ * جهود إزالة الكربون من البلدان الصناعية (بما في ذلك برامج التعافي الأخضر بعد جائحة COVID-19) * النزاعات العالمية والإقليمية (التي تؤثر على التجارة) * الآثار طويلة المدى لجائحة كوفيد19- على الاقتصاد العالمي * الظروف الجغرافية وتوزيع الموارد الطبيعية * التطور الديموغرافي				
	مستوى النظام	الطبقة الاقتصادية التقنية		* حصة الطاقة المتجددة في نظام الطاقة حوالي 0% -20%	* حصة الطاقة المتجددة في نظام الطاقة حوالي 20% -50%	* حصة الطاقة المتجددة في نظام الطاقة حوالي 50% -80%	* حصة الطاقة المتجددة في نظام الطاقة حوالي 80% -100%
				* إدخال الطاقة المتجددة إلى السوق يعتمد على التكنولوجيا المتاحة عالمياً ومدفوعاً بإنخفاض الأسعار العالمية	* مزيد من تمديد الشبكة (الوطنية والدولية)	* توسيع التخزين طويل الأجل (مثل تخزين الغاز الاصطناعي)	* بناء البنية التحتية على نطاق واسع لصادرات الطاقة-إلى-الوقود/الغاز
				* توسيع وتحديث شبكة الكهرباء	* تتكامل هياكل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات مع أنظمة الطاقة (مثل إدخال العدادات الذكية)	* تم إنشاء أول بنية تحتية للطاقة-إلى-الوقود/الغاز (تلبي الطلب الوطني / الأجنبي القادم)	* التخلص التدريجي من البنية التحتية للوقود الأحفوري ونماذج الأعمال
				* لوائح وأنظمة تسعير الطاقة المتجددة	* إختراق النظام لخيارات المرونة (مثل تخزين البطارية)	* الأحمال المتبقية السلبية المرتفعة مؤقتاً بسبب إرتفاع نسبة الطاقة المتجددة	* توحيد نماذج التصدير القائمة على الطاقة المتجددة
				* تطوير وتعزيز سلاسل التوريد المحلية للطاقة المتجددة	* الكهربة المباشرة للتطبيقات في قطاعات المباني والتنقل والصناعة، و تغيير نماذج الأعمال في تلك القطاعات (مثل المضخات الحرارية والسيارات الكهربائية وأنظمة المنزل الذكي وتسويق طرح الأحمال الصناعية)	* تبدأ أحجام مبيعات الوقود الأحفوري في التقلص	* الاستبدال الكامل للوقود الأحفوري باستخدام الطاقة المتجددة والوقود القائم على الطاقة المتجددة

			التطور قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «إطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظام الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة-إلى- الوقود / الغاز»	المرحلة الرابعة: «نحو 100% من الطاقة المتجددة
				* لا يوجد بديل للوقود الأحفوري بسبب الأسواق المتنامية	* لا يوجد بديل (أو إستبدال محدود فقط) للوقود الأحفوري بسبب الأسواق المتنامية	* تبدأ نماذج الأعمال الحالية القائمة على الوقود الأحفوري في التغيير	* استقرار نماذج أعمال الطاقة-إلى-الوقود/ الغاز وقدرات الإنتاج (مثل الاستثمارات واسعة النطاق)
					* تطوير وتوسيع الشبكات الصغيرة كحل للتطبيقات خارج الشبكة والمواقع النائية	* زيادة أحجام الطاقة - إلى - الوقود /الغاز في النقل، لتحل محل الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي	
					* التقدم في انتقال الطاقة في قطاعات الإستخدام النهائي (النقل والصناعة والمباني)		
					* التقدم في انتقال الطاقة في قطاع الصناعة ، وتقليل المحتوى العالي من الكربون لمنتجات معينة والإنبعاثات المرتفعة لبعض العمليات		
مستوى النظام	طبقة الحوكمة		* الاعتراف المبدئي بأن كفاءة الطاقة هي الركيزة الإستراتيجية الثانية لتحويل نظام الطاقة	* دعم إعتماد الطاقة المتجددة (مثل تعريفات التغذية) ووضع التشريعات وخطط الأسعار للطاقة المتجددة	* ممارسة الضغط على نظام الكهرباء المعتمد على الوقود الأحفوري (على سبيل المثال تخفيض الدعم وتسعير الكربون)	* ممارسة الضغط على مكونات النظام التي تتعارض مع المرونة (مثل التخلص التدريجي من محطات توليد الطاقة ذات الحمل الأساسي)	* ممارسة الضغط على الوقود الأحفوري (مثل التخلص التدريجي من الإنتاج)
				* زيادة مشاركة المستثمرين المؤسسيين (صناديق التقاعد وشركات التأمين والأوقاف وصناديق الثروة السيادية) في التحول	سحب دعم للطاقة المتجددة (مثل التخلص التدريجي من تعريفات التغذية)	* سحب دعم لخيارات المرونة	* سحب الدعم للطاقة - إلى - الوقود / الغاز
				* زيادة الوعي بالقضايا البيئية	* تدابير لتقليل الآثار الجانبية غير المقصودة للطاقة المتجددة (إن وجدت)	* تدابير لتقليل الآثار الجانبية غير المقصودة لخيارات المرونة (إن وجدت)	* تدابير لتقليل الآثار الجانبية غير المقصودة للطاقة - إلى - الوقود / الغاز (إن وجدت)

			التطور قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «إطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظام الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة-إلى- الوقود / الغاز»	المرحلة الرابعة: «نحو 100% من الطاقة المتجددة
				* توفير الوصول إلى البنية التحتية والأسواق للطاقة المتجددة (مثلاً، وضع لوائح للوصول إلى الشبكة)	* تكييف تصميم السوق لإستيعاب خيارات المرونة	* وضع التشريعات وخطط الأسعار للطاقة - إلى - الوقود / الغاز (مثل النقل وإستبدال الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي)	* الوصول إلى البنية التحتية والأسواق (مثل ربط مواقع الإنتاج بخطوط الأنابيب)
				* الجهود المعتدلة لتسريع تحسينات الكفاءة	* توفير الوصول إلى الأسواق من أجل خيارات المرونة (مثل تكييف تصميم السوق ومواءمة الكهرباء والتنقل والتشريعات المتعلقة بالحرارة)	* خفض الأسعار المدفوعة للكهرباء القائمة على الوقود الأحفوري	* دعم التكيف (مثل الإعانات)
					* دعم إنشاء وتفعيل خيارات المرونة (مثل تعريفات التحميل ثنائي الإتجاه للسيارات الكهربائية)	* توفير الوصول إلى البنية التحتية والأسواق للطاقة - إلى - الوقود / الغاز (على سبيل المثال، خطوط الأنابيب المعدلة لنقل الغازات الاصطناعية / الوقود)	
					* تسهيل إقتران القطاع بين قطاعات الطاقة والاستخدام النهائي لدعم تكامل الطاقة المتجددة المتغيرة في قطاع الطاقة	دعم إعتماد الطاقة - إلى - الوقود / الغاز (مثل الإعفاءات الضريبية)	
					* تكييف تصميم السوق لإستيعاب خيارات المرونة		
					* إعادة تخصيص الاستثمارات نحو الحلول منخفضة الكربون: حصة عالية من استثمارات الطاقة المتجددة وتقليل مخاطر الأصول العالقة		
					* مواءمة الهياكل الإجتماعية والاقتصادية والنظام المالي ومتطلبات الإستدامة والإنتقال الأوسع		
					* تسهيل إقتران القطاع بين قطاعات الطاقة والاستخدام النهائي لتسهيل تكامل الطاقة المتجددة المتغيرة في قطاع الطاقة		
					* مواءمة أنظمة الكهرباء والتنقل والحرارة		

			التطور قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «إطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظام الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة-إلى- الوقود / الغاز»	المرحلة الرابعة: «نحو 100% من الطاقة المتجددة»
	مستوى التخصص	الطبقة الاقتصادية التقنية	* تقييم إمكانات الطاقة المتجددة	* تقييم الإمكانات الإقليمية لخيارات المرونة المختلفة	* تقييم إمكانات طرق التحويل المختلفة للطاقة - إلى - الوقود / الغاز	* تجربة تطبيقات الطاقة - إلى - الوقود / الغاز في قطاعات مثل الصناعة (مثلاً قطاعات الصلب والأسمنت والكيماويات) والنقل الخاص (مثلاً الطيران والشحن)	
			* مشاريع تجريبية محلية على الطاقة المتجددة	* تجارب على خيارات المرونة	* مشاريع تجريبية محلية على توليد الطاقة - إلى - الوقود / الغاز إستناداً على هيدروجين الطاقة المتجددة وإحتجاز الكربون (مثل إحتجاز الكربون وإستخدامه / إحتجاز الكربون وتخزينه)	* الإستثمار في نماذج الأعمال لصادرات الطاقة - إلى - الوقود / الغاز	
				* استكشاف نماذج الأعمال حول خيارات المرونة بما في ذلك بدء تشغيل تكنولوجيا المعلومات والإتصالات ونماذج الأعمال الرقمية الجديدة لإقتران القطاعات	* إستكشاف نماذج الأعمال القائمة على الطاقة - إلى - الوقود / الغاز	* صادرات الوقود الإصطناعي التجريبية	
					* استكشاف إمكانات جديدة لإدارة جانب الطلب (مثل الشحن الذكي وربط السيارة بالشبكة للمركبات الكهربائية وتسخين وتبريد المضخات الحرارية المرنة والتخزين الحراري الذي يتم تغذيته بالكهرباء)		
					الاستفادة من التجارب العالمية الطاقة - إلى - الوقود / الغاز		
		طبقة الحوكمة	* تطوير الرؤى والتوقعات المشتركة لتطوير الطاقة المتجددة	* تطوير الرؤى والتوقعات للسوق المرنة وتكامل أنظمة الطاقة (أسواق الطاقة الإقليمية وعبر الوطنية)	* تطوير الرؤى والتوقعات المشتركة للطاقة - إلى - الوقود / الغاز (مثل إستراتيجية وخطط تطوير البنية التحتية / التكيف)	تطوير الرؤى والتوقعات المشتركة لصادرات الطاقة - إلى - الوقود / الغاز (على سبيل المثال حول الأسواق المستهدفة والمواقع لخطوات التحويل)	

			التطور قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «إطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظام الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة-إلى- الوقود / الغاز»	المرحلة الرابعة: «نحو 100% من الطاقة المتجددة
			* دعم عمليات التعلم حول الطاقة المتجددة (مثل المشاريع المحلية)	* دعم عمليات التعلم حول المرونة (مثل المشاريع المحلية)	* دعم عمليات التعلم حول الطاقة - إلى - الوقود / الغاز (مثلاً ، المشاريع المحلية لتوليد الطاقة - إلى - الوقود / الغاز والاستفادة من الخبرات العالمية للطاقة - إلى - الوقود / الغاز وإستكشاف نماذج الأعمال القائمة على الطاقة - إلى - الوقود / الغاز	دعم التعلم حول الطاقة - إلى - الوقود / الغاز في قطاعات مثل الصناعة والنقل الخاص (مثل تجارب على إستخدام منتجات الطاقة - إلى - الوقود / الغاز لصهر الزجاج)	
			* تشكيل شبكات الفاعلين المتعلقة بالطاقة المتجددة (مثل المشاريع المشتركة)	* تشكيل شبكات الجهات الفاعلة حول المرونة عبر قطاعات الكهرباء والتنقل والحرارة (مثل إستكشاف نماذج الأعمال حول المرونة بما في ذلك بدء تشغيل تكنولوجيا المعلومات والإتصالات ونماذج الأعمال الرقمية الجديدة لإقتران القطاع)	* تشكيل شبكة الجهات الفاعلة ذات الصلة بالطاقة - إلى - الوقود / الغاز (الوطنية والدولية)	* دعم التعلم حول صادرات الطاقة - إلى - الوقود / الغاز (على سبيل المثال فيما يتعلق بقبول السوق والتشريعات التجارية)	
			* الإشتراك والمشاركة المجتمعية (مثل مبادرات المواطنين)	* تطوير قاعدة معرفية مشتركة لمسارات إزالة الكربون المتكاملة لتمكين المحاذاة والكتلة الحرجة التي يمكن أن تساعد في تحويل القطاع بأكمله		* تشكيل شبكة أعمال فاعلة لإنشاء هياكل لتصدير الوقود الاصطناعي على نطاق واسع (مثل المنتجين والجمعيات التجارية والأسواق)	
* التحسينات المستمرة في كفاءة الطاقة * الإستمرار في تقليل كثافة المواد من خلال تدابير الكفاءة ومبادئ الإقتصاد الدوري							

(المصدر: إعداد ذاتي)

4

تطبيق النموذج على الأردن

4-1 تصنيف تحول نظام الطاقة في الأردن حسب النموذج المرحلي

أحرز الأردن تقدماً ملحوظاً خلال العقد الماضي من حيث إنتشار الطاقة المتجددة. وبالتالي، في عام 2020، تم توليد 20% من كهرباء الأردن من مصادر الطاقة المتجددة. وفي ضوء الحصة المتزايدة للطاقة المتجددة في مزيج الطاقة، يعمل الأردن على تحديث إستراتيجيته في مجال الطاقة، وإن هذه الإستراتيجية المحدثة حسب التقارير تتضمن الهيدروجين الأخضر ومشتقاته، من بين جوانب أخرى.

يعتمد الأردن على الواردات بشكل رئيسي من البلدان المجاورة وبنسبة كبيرة من إمدادات الطاقة (هندرسون، 2015). ومع ذلك، كان اثنان من أهم أزمات الطاقة - إنقطاع إمدادات النفط في العراق في عام 2003 وإمدادات الغاز الطبيعي من مصر في عام 2011 - محركين وهما كانا إثنين من الدوافع لانتقال الطاقة في الأردن نحو إمدادات الطاقة المتجددة المحلية. ومن ثم، فإن وفرة مصادر الطاقة المتجددة للدولة يمكن أن تعمل كبديل للواردات. ومع ذلك، يواصل الأردن إستيراد ما يصل إلى 90% من طاقته. وفي عام 2018، تم إنفاق مبلغ كبير قدره 10% من الأموال العامة على تأمين إمدادات الكهرباء كمتطلب أساسي للنمو الاقتصادي (أبو رمان وآخرون، 2020).

بالإضافة إلى ذلك، أدت الصراعات المستمرة في البلدان المجاورة إلى نزوح أعداد كبيرة من السكان، مع هجرة العديد من اللاجئين إلى الأردن. وهذه العوامل، مقترنة بنمو السكان الأردنيين وزيادة الأنشطة الصناعية، تضع الأردن في مواجهة تحديات كبيرة في إمدادات الطاقة. ولقد تسبب وباء كوفيد 19- أيضاً في خلق صعوبات على الاقتصاد الأردني، مما يجعل إستخدام موارد الطاقة المحلية أكثر أهمية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). والأردن الذي يعتبر أكثر الدول إستقراراً في المنطقة، لديه القدرة على «أن يصبح مركزاً إقليميًا للطاقة والتكنولوجيا» (أبو رمان وآخرون ، 2020، ص 8). من أجل الوصول إلى هذه المرحلة، يجب على الدولة أن تستعد وتنفذ الخطوات

بيان الحقائق

- التصديق على إتفاق باريس
- إستراتيجية النمو الأخضر
- مجموع أهداف الطاقة المتجددة
- وضع السياسات التنظيمية لتنفيذ الطاقة المتجددة
- إستراتيجية كفاءة الطاقة الحالية
- إستراتيجية الطاقة-إلى-X

التالية اللازمة لإنتقال الطاقة الكامل في السنوات القادمة. وقد تم تسهيل إستيعاب الطاقة المتجددة من خلال التنفيذ الناجح للبرامج المستهدفة، فضلاً عن الحوافز المالية التي قدمتها الحكومة الأردنية. ومنذ عام 2021، كان الأردن في مرحلة يحتاج فيها إلى التركيز على تكامل النظام وإستقرار الشبكة.

وعلى هذه الخلفية، سيعمل هذا التقرير على تقييم التطور في الأردن ويحلل وضعه الحالي من حيث إنتقال الطاقة على أساس النموذج المرحلي المقترح.

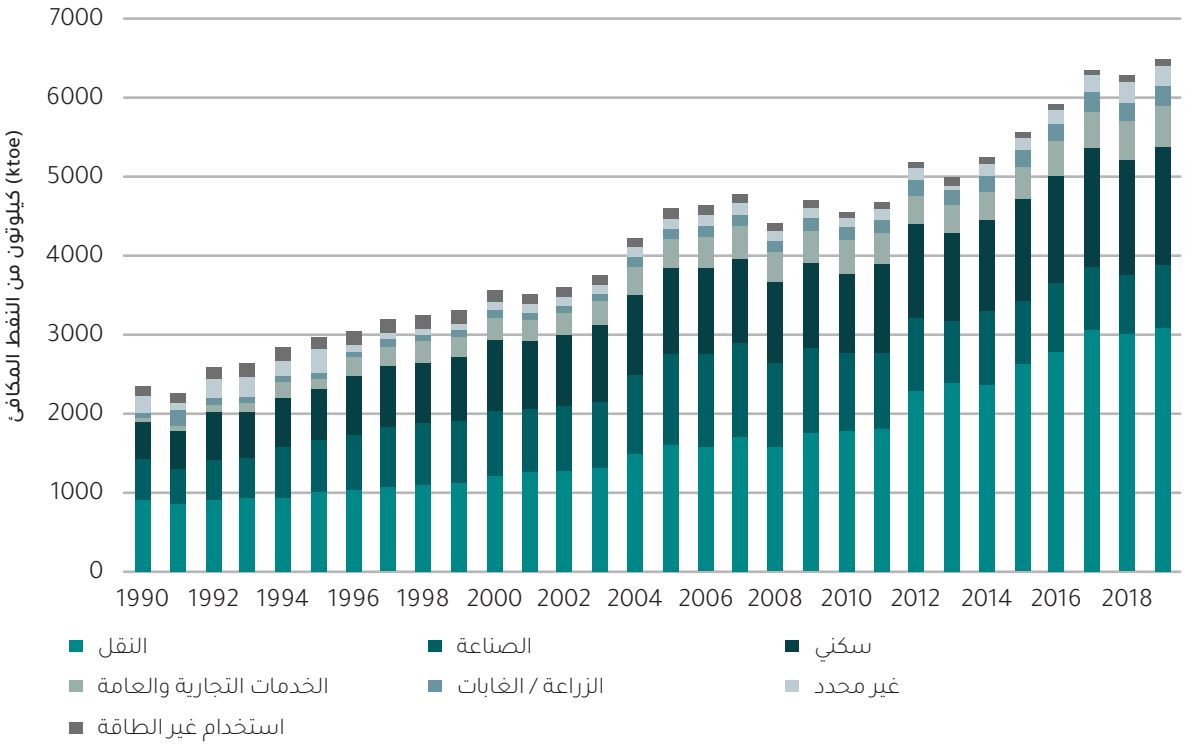
4-1-1 تقييم الوضع الحالي والإتجاهات على مستويات المشهد والنظام

يناقش هذا القسم الوضع الحالي والإتجاهات لنظام الطاقة في الأردن من حيث العرض والطلب والطاقة المتجددة وقطاع الوقود الأحفوري والبنية التحتية وشبكة الجهات الفاعلة وتطوير السوق.

العرض والطلب على الطاقة

إن الطلب على الطاقة مدفوع إلى حد كبير بالتنمية الصناعية والتوسع العمراني والتغير الديموغرافي. وعلى وجه الخصوص، أدى وصول عدد كبير من اللاجئين من سوريا والعراق إلى زيادة إحتياجات الأردن من الطاقة وتعرضت المالية العامة للضغط (هندرسون ، 2015). وفي عام 2019، بلغ إجمالي الإستهلاك النهائي للطاقة في الأردن 6465 كيلوطن نفط (وكالة الطاقة الدولية، 2020 أ). وبتقسيمه حسب القطاع، سيطر النقل على إستهلاك الطاقة (47%)، تليه المنازل (23%) والصناعة (12%) وقطاع الخدمات التجارية والعامة (8%) والزراعة 4% وغير ذلك (5%). (الشكل 1-4) (الوكالة الدولية للطاقة، 2020 أ).

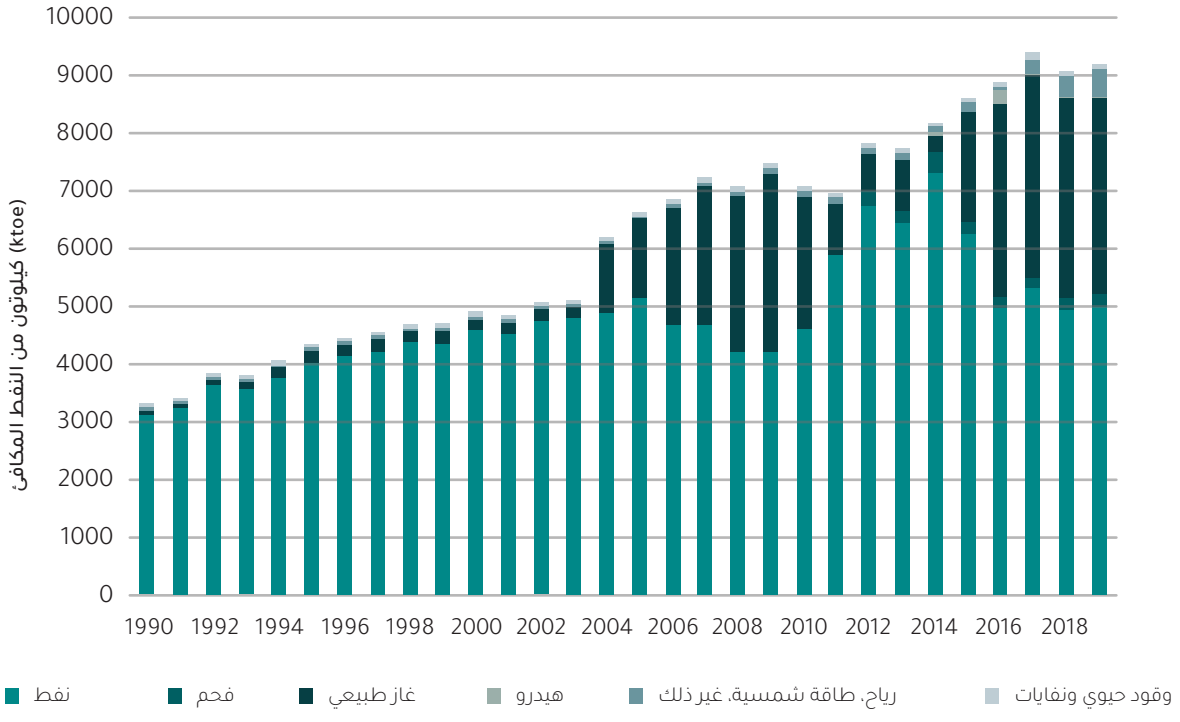
الشكل 1 - 4
إجمالي استهلاك الطاقة النهائي (كيلوطن)، الأردن 1990-2019



(المصدر: البيانات تستند على الوكالة الدولية للطاقة (2020أ))

في عام 2019 ، سيطر الوقود الأحفوري أيضاً على مزيج الطاقة. يمثل النفط 54% والغاز الطبيعي 37% والفحم 2%، بينما بلغت حصة الطاقة المتجددة 6% (الشكل 2-4) (الوكالة الدولية للطاقة، 2020 أ).

الشكل 2 - 4
مجموع تزويد الطاقة (كيلوطن)، الأردن 1990-2019

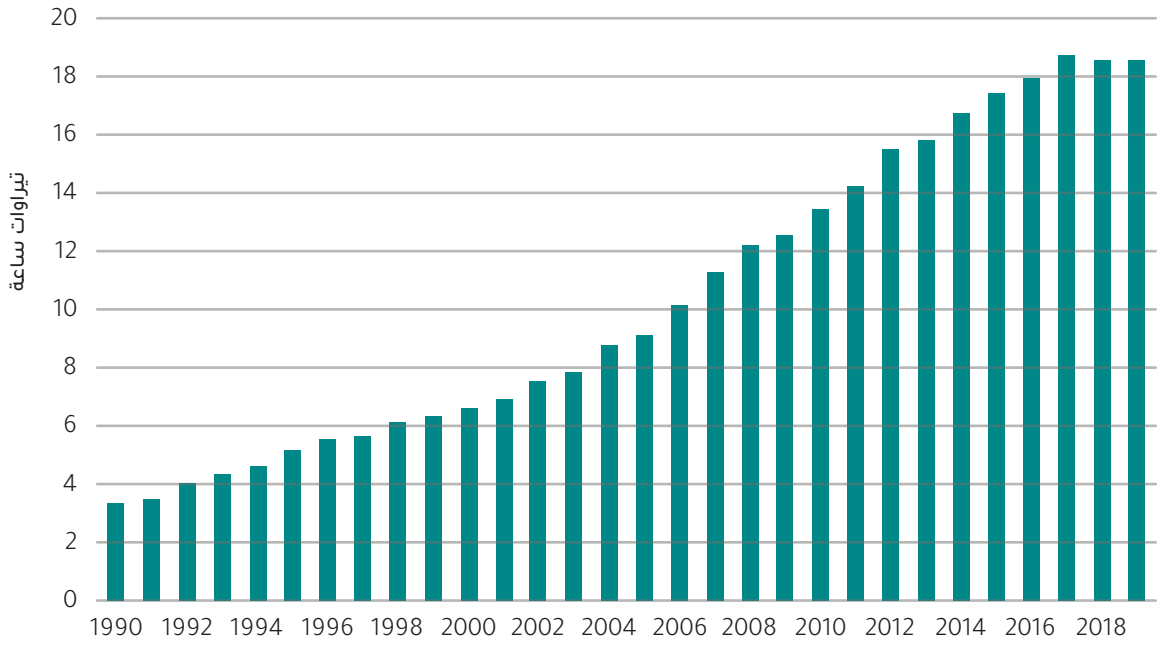


(المصدر: البيانات تستند على الوكالة الدولية للطاقة (2020أ))

بلغ متوسط النمو في استهلاك الطاقة في الأردن ما بين عامي 1990 و 2019 حوالي 3.7%. حالياً، يتم إستخدام 39% من الطاقة الأولية لتوليد الكهرباء، بينما تُستخدم النسبة المتبقية 61% لقطاعات النقل والتدفئة والصناعة (كيوان والغرايبة، 2020). ووفقاً لشركة الكهرباء الوطنية (NEPCO ، 2020)، بلغ إجمالي القدرة المتاحة للأردن 5,424 ميجاوات في عام 2020. وهذا يشير إلى نمو في القدرة بنسبة 3% مقارنة بعام 2019. وفي حين إنخفضت القدرة من محطات توليد الطاقة التقليدية بمقدار 242 ميجاوات نظراً لخروج عدد قليل من الوحدات من الخدمة، زادت القدرة المتاحة من مصادر الطاقة المتجددة بمقدار 411 ميجاوات.

وفي عام 2020 أيضاً، بلغ الحمل الأقصى للنظام المترابط 3670 ميجاوات، وهو ما يمثل زيادة بنسبة 7.4% مقارنة بالعام السابق. وتم شراء حوالي 19.1 تيراواط ساعة من الطاقة الكهربائية في عام 2020، وتم بيع 18.8 تيراواط ساعة (NEPCO ، 2020). وتلقت شركة الكهرباء الوطنية أيضاً حوالي 66.6 جيجاوات ساعة من مشاريع النقل بالعبور مما يدل على زيادة عن عام 2019 بنحو 90% (المرجع نفسه). ويوضح الشكل 3-4 إجمالي إستهلاك الكهرباء في الأردن من 1990 إلى 2019، بإستخدام بيانات من وكالة الطاقة الدولية (2020 أ).

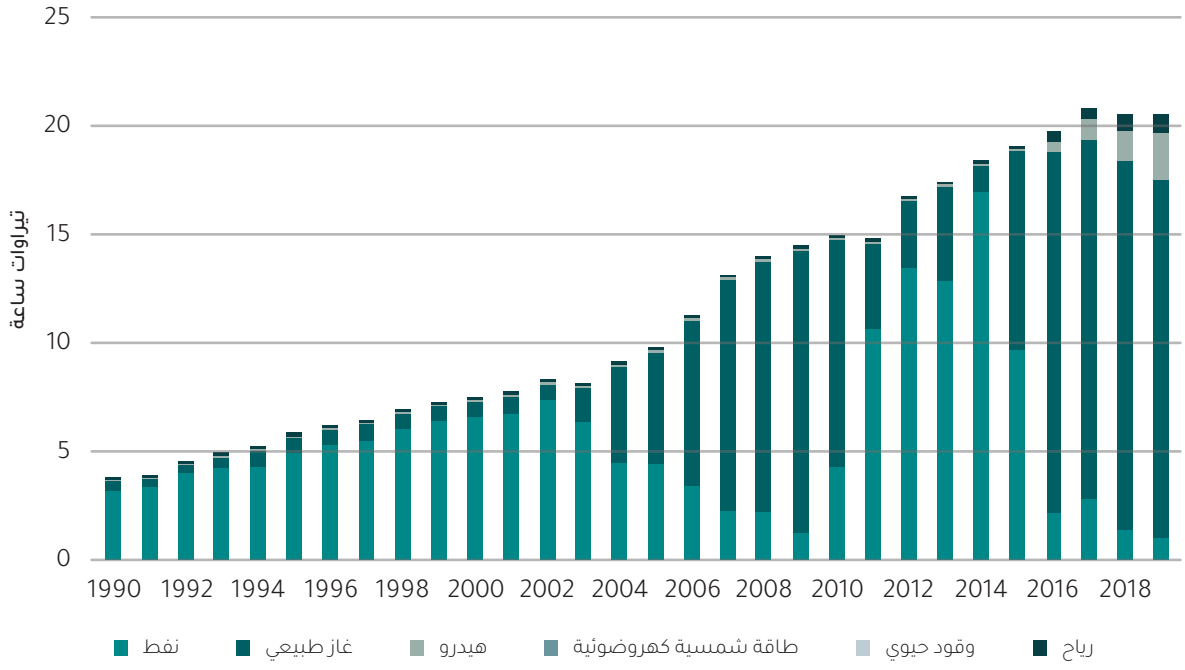
الشكل 3 - 4
إستهلاك الكهرباء (تيراواط)، الأردن 1990-2019



(المصدر: البيانات تستند على الوكالة الدولية للطاقة (2020أ))

شهدت إمدادات الطاقة في الأردن عدة تغييرات. ففي البداية، سيطر النفط الخام المستورد من العراق على أسعار السوق (كيوان والغرايبة، 2020). وعندما بدأت حرب العراق في عام 2003، تم إستبدال هذا النفط تدريجياً (حتى 2010) بالغاز الطبيعي من مصر. ومع ذلك، أدى عدم الاستقرار في مصر في عام 2011 إلى توقف تدفق الغاز الطبيعي إلى الأردن، مما جعل الأردن يستبدل الغاز الطبيعي بالنفط الخام مرة أخرى (المرجع نفسه). بعد إتفاقيات الغاز الجديدة وبدء تشغيل ميناء الغاز الطبيعي المسال في العقبة، أصبح الغاز الطبيعي مرة أخرى المصدر المهيمن في توليد الكهرباء في الأردن بحلول عام 2015، كما زادت حصة مصادر الطاقة المتجددة (الشكل 4-4) (وكالة الطاقة الدولية، 2020 أ). وبينما تخلت الحكومة عن الخطط النووية بسبب مخاوف من المخاطر، وقعت وزارة الطاقة والثروة المعدنية إتفاقية لإنشاء محطة طاقة باستخدام الفحم وفحم الكوك النفطي بقدرة 30 ميجاوات في منطقة القطرانة. وستكون هذه أول محطة لتوليد الكهرباء من الفحم في الأردن.

الشكل 4 - 4
توليد الكهرباء حسب المصدر (تيراواط)، الأردن 1990-2019



(المصدر: البيانات تستند إلى الوكالة الدولية للطاقة (2020أ))

وفقاً لشركة الكهرباء الوطنية (2020)، تحدث ذروة الطلب على الطاقة في الأردن خلال ساعات المساء بين الساعة 5 مساءً و 9 مساءً. ففي عام 2020 ، بلغت الذروة 3670 ميغاواط في الشتاء، بينما كان الحد الأدنى للحمل (1040 ميغاواط) في الربيع. وتكون أحمال الشتاء والصيف متطابقة تقريباً، في حين أن أحمال الربيع والخريف متشابهة مع بعضها البعض وأقل قليلاً من أحمال الشتاء والصيف. وفي عام 2020، إستحوذت وحدات الدورة المركبة على 71% من وحدات التوليد في ذروة النظام، في حين إستحوذت وحدات التوربينات الغازية على 1.5% ووحدات الديزل 18.4% والواردات 7%. وقد ساهمت الطاقة المتجددة بحوالي 2 % لتلبية ذروة الطلب (NEPCO ، 2020). وعادةً يحدث أعلى مستوى لتوليد الطاقة من الرياح والطاقة الشمسية بين الساعة 8 صباحاً و 6 مساءً (قد يختلف هذا وفقاً للمواسم المختلفة)، وهو ما لا يتناسب مع ساعات ذروة الطلب في الأردن.

وتظهر هذه الأرقام أن قطاع الطاقة الأردني يعاني حالياً من فائض قدرة التوليد. وقد أدى جائحة كوفيد19- إلى تفاقم هذا الوضع، مع تراجع الطلب أثناء الإغلاق. ويواجه الأردن أيضاً تحديات تتعلق بشراء الوقود بموجب عقود والتزامات طويلة الأجل لإتفاقيات الشراء، خاصة للغاز الطبيعي (كومينداتوفا وآخرون، 2021).

فالطلب على الطاقة في الأردن آخذ في الارتفاع ، والموارد المحلية المحدودة متاحة لتلبية هذا الطلب. وزادت مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج توليد الكهرباء على مدى السنوات القليلة الماضية، لكن الوقود الأحفوري لا يزال مصدر الطاقة المهيمن. ومن غير المحتمل أن تكون مصادر الطاقة المتجددة قادرة على إستبدال الوقود الأحفوري بسرعة كافية لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة. علاوة على ذلك، فإن خطط بناء محطة طاقة تعمل بالفحم هي السائدة في الإستراتيجية الأردنية. لذلك، في فئة العرض والطلب على الطاقة للنموذج المرحلي لانتقال الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، يقع الأردن في مرحلة لاحقة من المرحلة الأولى.

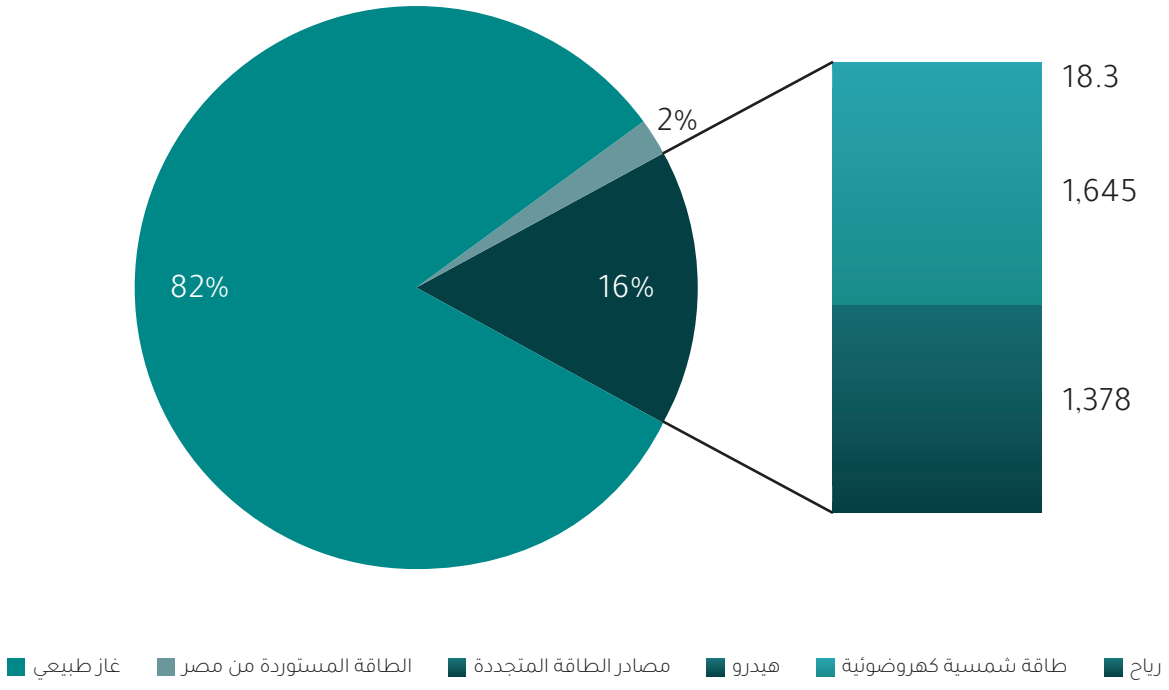
الطاقة المتجددة

تبلغ قدرة الطاقة المتجددة المثبتة والمتصلة بالشبكة في الأردن 2280.5 ميجاوات. وتمثل الطاقة الشمسية 1645 ميجاوات وطاقة الرياح 625 ميجاوات والغاز الحيوي 5.5 ميجاوات والطاقة المائية 5 ميجاوات. ويتم توصيل أكثر من 35% من هذه القدرة المتجددة في إطار مخطط صافي القياس والنقل بالعبور (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). وبالنسبة لشبكة التوزيع، كانت القدرة الإجمالية لأنظمة التشغيل الكهروضوئية حوالي 640 ميجاوات في نهاية عام 2020، تمثل 213 ميجاوات بموجب مخطط النقل بالعبور و 427 ميجاوات بموجب لائحة صافي القياس. وشكلت مصادر الطاقة المتجددة 36% من إجمالي طاقة الطاقة الكهربائية المركبة، وكان من المتوقع أن توفر 20% من إجمالي الكهرباء في الأردن في عام 2021 (مشروع وقود الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، 2021). تتوقع التنبؤات

والتقديرات أن تصل القدرة المركبة لمصادر الطاقة المتجددة إلى 3293.5 ميجاوات بحلول عام 2030.

وإستناداً إلى بيانات من شركة الكهرباء الوطنية (2020)، يوضح الشكل 5-4 أن مصادر الطاقة المتجددة على الشبكة التي إشترتها شركة شركة الكهرباء الوطنية تمثل 16% من توليد الكهرباء في عام 2020. ولقد ولدت الطاقة الشمسية 1645 جيجاوات ساعة وولدت طاقة الرياح 1378 جيجاوات ساعة، بينما أنتجت الطاقة المائية 18.3 جيجاوات ساعة.

الشكل 5 - 4
مزيج توليد الكهرباء (جيغاواط ساعة)، الأردن 2020



(المصدر: بيانات مستندة إلى شركة الكهرباء الوطنية (2020))

يتمتع الأردن بموارد وفيرة لتوليد الطاقة المتجددة. تقع في منطقة الحزام الشمسي، حيث تتلقى حوالي 2900 ساعة من أشعة الشمس سنوياً. ويتراوح متوسط الإشعاع السنوي من 5 إلى 7 كيلو واط في الساعة / م 2، مع إجمالي إشعاع سنوي (حسب الموقع) بين 1800 و 2700 كيلو واط في الساعة / م 2 (أبو حامد وبريسلر، 2019 و أزوني وآخرون، 2020). وتسجل المنطقة الجنوبية، من العقبة إلى معان، أعلى قيم للإشعاع الشمسي مع إشعاع يومي من 6 إلى 7 كيلو واط / م 2، وبالتالي فإن الأردن مناسب للغاية لتطوير مشاريع الطاقة الشمسية. ويوجد في الأردن أكثر من 300 شركة مسجلة لتركيب الطاقة الشمسية، يعمل بعضها بشكل فعال في السوق (أبو رمان وآخرون، 2020). يعمل عدد كبير من أنظمة الطاقة الكهروضوئية المستقلة في القرى النائية والمناطق الريفية، وتستخدم هذه في ضخ المياه أو الإضاءة المنزلية. وحالياً، حوالي 20% من المنازل لديهم أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية مثبتة على السطح. وبموجب الخطة الرئيسية للطاقة المحدثة، فإن الهدف هو زيادة هذه النسبة المئوية (المرجع نفسه). تقع معظم محطات الطاقة الكهروضوئية على الأغلب في منطقة معان وتبلغ طاقتها حوالي 10 إلى 50 ميجاوات.

علاوة على ذلك، فإن الكثير من المناطق في شمال غرب الأردن وجنوبه مناسبة لإنتاج طاقة الرياح، نظراً لأن سرعة الرياح في تلك المواقع تتراوح من 7 إلى 11 م / ث (أبو رمان وآخرون، 2020). وتساهم مزارع طاقة الرياح بشكل كبير في حصة توليد الكهرباء في الأردن. وقد تم إنشاء أول مزرعة رياح تجارية في عام 1996 في حوفة، وتقع أكبر محطة طاقة رياح في الأردن حالياً في الطفيلة بقدرة 117 م (أبو رمان وآخرون، 2020). وتم تطوير مزرعة رياح الطفيلة من قبل شركة مشروع رياح الأردن للطاقة المتجددة، وهي شراكة بين I إنفراميد (50%) ومصدر (31%) وإي بي جلوبال إنيرجي (19%) (زعرور، 2015، كما ورد في هولتو وفينك، 2015)، ومعظم مشاريع طاقة الرياح الحالية تستند إلى إتفاقيات شراء الطاقة. كما أن أطلس الرياح الأردني موجود منذ عام 1989 ويتم مراجعته على أساس منتظم من أجل توفير أحدث القياسات (المرجع نفسه).

بالنسبة للطاقة المائية، فإن إمكانات مصدر الطاقة هذا محدودة إلى حد ما في الأردن بسبب ندرة الموارد المائية. وهناك محطتان صغيرتان فقط لتوليد الطاقة الكهرومائية تعملان، أحدهما في سد الملك طلال والآخرى في خليج العقبة (أبو رمان وآخرون ، 2020). وفي عام 2017، أنتجت محطات الطاقة هذه معاً 38 جيجاوات ساعة (فرانشيسكيني،2019). وفيما يتعلق بالغاز الحيوي، حتى عام 2020، قامت الشركة الأردنية للغاز الحيوي بتشغيل محطة طاقة تعمل بالغاز الحيوي بقدرة 4 ميجاوات، ومكب الرصيفة (المرجع نفسه). وبدأ تشغيل هذا المصنع في عام 1999 وعالج حوالي 60 طناً من النفايات العضوية يومياً (من الفنادق والمطاعم والمسالخ في عمان) (المرجع نفسه). ومن المتوقع أن تبقى إمكانات الكتلة الحيوية للأردن محدودة ولن تكون مهمة لإستراتيجية الطاقة المستقبلية. هذا ويلخص الجدول 1-4 مشاريع الطاقة المتجددة واسعة النطاق المتصلة بالشبكة التشغيلية في الأردن.

الجدول 1-4

مشاريع الطاقة المتجددة العاملة واسعة النطاق في الأردن

محطات طاقة الرياح العاملة										
الموقع	الطفيلة مزرعة الرياح الأردنية	الطفيلة الطاقة الجماعية	الطفيلة شركة أبور لطاقة الرياح OSC (إكسنيل)	الطفيلة مشروع طاقة الرياح - ديحان	محطة رياح معان الكنور جامعة الحسين / معان	معان جرين وات (الرجيف)	معان كيبكو (الشوبك)	معان الكزار (الشوبك 2)		
مركبة القدرة (ميجاواط)	117	100	51.75	51.75	80	86.1	89	45		
محطات الطاقة الشمسية أو الكهروضوئية العاملة										
الموقع	شركة صقر معان للطاقة الشمسية	معان شركة انيرا	شركة شمس معان	معان شركة انوار الأرض	معان شركة الزنبق	معان شركة زهرة السلام	معان شركة الورد الجوري	معان شركة أرض الأمل	الاردن سولار وان (المفرق)	معان شركة سكاتيك للطاقة الشمسية	شركة شمسنا للطاقة (العقبة)
مركبة القدرة (ميجاواط)	20	10	52.5	20	10	10	10	10	20	10	10
الموقع	معان صن - اديسون ايطاليا	المفرق PV 1 / FRV	المفرق PV 2 / FRV وهاريون سويس	المفرق PV 3 / أكوا	الصفاوي PV / FRV & ATC	فيلادلفيا للطاقة الشمسية / الحسينية	البينونة / المصدر	الريشة / PV أكوا	ايه ام سولار / شرق عمان	القويرة PV	
مركبة القدرة (ميجاواط)	20	50	50	50	50	50	200	50	40	92	
محطات الطاقة الكهرومائية التشغيلية											
الموقع	سد الملك طلال	خليج العقبة (لا تعمل حالياً)									
مركبة القدرة (ميجاواط)	5	7									

(المصدر: البيانات مزودة من قبل الخبير الدكتور إياد مصلح)

يمكن العثور على توزيع القدرة الإقليمية للأنظمة الكهروضوئية المتصلة بشبكة التوزيع في الجدول 2-4.

الجدول 2-4

الأنظمة الكهروضوئية المتصلة بشبكة التوزيع ضمن مخطط صافي القياس والنقل بالعبور

شركة التوزيع	صافي القياس (ميجاواط)	النقل بالعبور (ميجاواط)
الوسط	321.8	162
الشمال	184.8	36.3
الجنوب	84.4	64.5
المجموع	591	262.8

(المصدر: البيانات مزودة من قبل الخبير الدكتور إياد مصلح)

تم تقديم عدد من المبادرات والتدابير السياساتية في سوق الطاقة في الأردن لدفع إستيعاب مصادر الطاقة المتجددة. وتعتبر الأطر السياساتية والتنظيمية من بين الأطر الأكثر تقدماً في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. تسترشد هذه الإجراءات بالإرادة السياسية لتحسين أمن الطاقة في الأردن، وتقليل إعتماده على واردات الطاقة المعرضة للمخاطر السياسية، والتخفيف من تغير المناخ. وقد دفعت الحاجة إلى أمن الطاقة والتكلفة المتزايدة لواردات الطاقة الحكومة إلى تحديث وتعديل إستراتيجيتها في مجال الطاقة بشكل منتظم. علاوة على ذلك، تستند المراجعات المتكررة للأنظمة إلى دروس تمت الإستفادة منها منذ إدخال القانون رقم 13 (الوكالة الدولية للطاقة المتجدد ، 2021) في عام 2012.

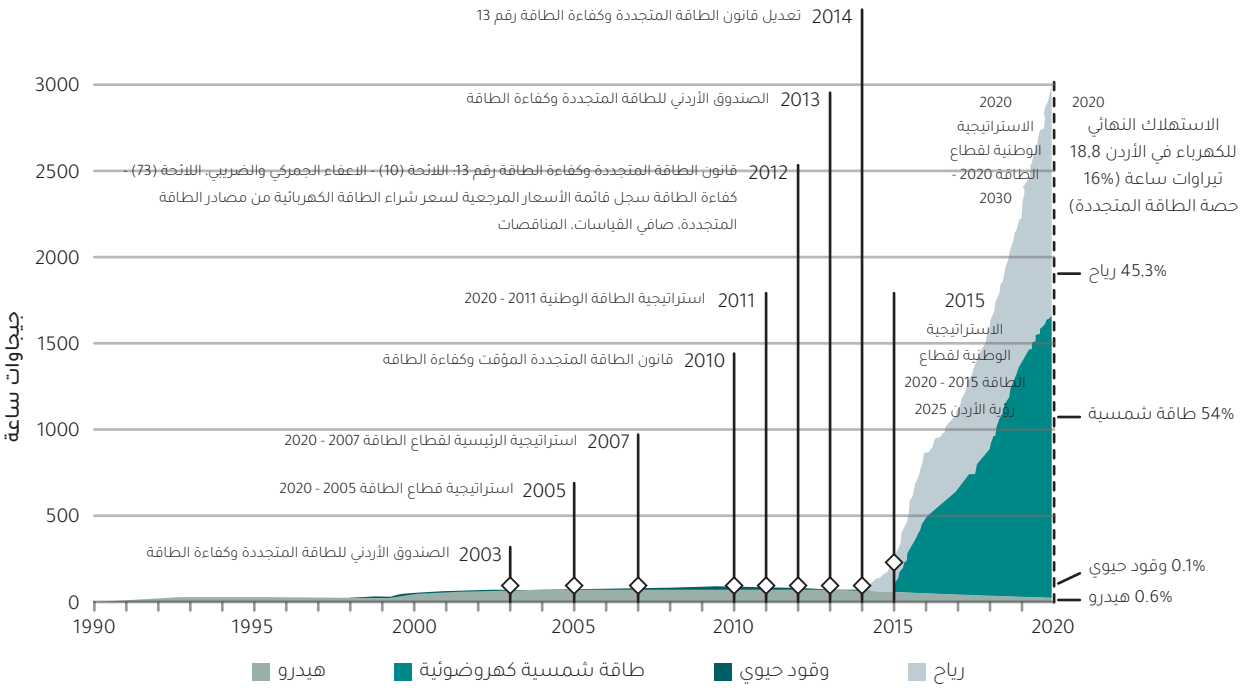
إن القانون الرئيسي الذي يحكم قطاع الكهرباء هو القانون العام للكهرباء رقم 64 لعام 2003 ، والذي حرر السوق لضمان الكفاءة والموثوقية والتنمية (كلية لندن للإقتصاد، 2020). كما تمت إعادة تأجير استراتيجية قطاع الطاقة 2005-2020 في 2005 ثم تم تحديثها في 2007 وأصبحت الإستراتيجية الرئيسية لقطاع الطاقة 2007-2020. ولتحقيق خطط الطاقة المتجددة، أطلقت الحكومة الأردنية قانوناً مؤقتاً للطاقة المتجددة في عام 2010 وأصدرت القانون رقم 13 للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في عام 2012. وقد صادق القانون على إجراءات إدارة وكفاءة الطاقة في قطاعي الخدمات والصناعة. ويهدف هذا القانون إلى زيادة تشجيع الإستثمار في مصادر الطاقة المتجددة «من خلال تبسيط إجراءات الإستثمار» (وزارة الطاقة والثروة المعدنية، 2013 ، كما ورد في أبو رمان وآخرون، 2020، ص 7). علاوة على ذلك، تم إنشاء مكتب «متجر واحد» في هيئة تنظيم الطاقة والمعادن لجذب إستثمارات جديدة ، ويمكن لمنتجي الطاقة المستقلين تنفيذ مشاريع الطاقة بموجب آلية تمويل البناء والتملك والتشغيل ثم الدخول في إتفاقية شراء الطاقة مع شركة الكهرباء الوطنية لبيع الطاقة التي ينتجونها. هذا ويمكن تطوير المشاريع من خلال ثلاث طرق رئيسية: «تقديم العروض المباشرة لمشاريع (البناء والتملك والتشغيل المقدمة من خلال العطاءات التنافسية)، المملوكة للحكومة (المقدمة كعقود الهندسة والمشتريات والبناء للقطاع الخاص) والإستهلاك الذاتي (النقل بالعبور ومشاريع صافي القياس) «(الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021، ص 40). وتم تحديد طريقة تقديم الاقتراح المباشر كمحرك قوي لإستيعاب مصادر الطاقة المتجددة (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). كما إجتذبت مشاريع النقل بالعبور وصافي القياس إهتماماً كبيراً. ومع ذلك، فقد أدى ذلك إلى إنتشار سريع للقدرات، مما تسبب في حالات حمل زائد لشركات التوزيع.

بالإضافة إلى ذلك، فإن الشركات التي تقوم عادة بمراجعة طلبات المشروع غير قادرة على التعامل مع الكميات الكبيرة من الطلبات (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). وفي عام 2019، حددت وزارة الطاقة والثروة المعدنية سقفاً لمشاريع الطاقة المتجددة التي تزيد عن 1 ميجاوات بسبب القيود الفنية لشبكة الكهرباء (فرانشيسكيني، 2019). ومع ذلك، لا تتم الموافقة على المشاريع التي تقل عن 1 ميجاوات في كثير من الأحيان أو تتم الموافقة عليها فقط من أجل السعة الجزئية بسبب قيود الشبكة (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). كما تم تشكيل الصندوق الأردني للطاقة المتجددة وترشيد الطاقة لتسهيل الاستثمار. يتم تمويل هذا الصندوق من الميزانية الحكومية والاستثمارات الأجنبية والمنح من الاتحاد الأوروبي ومجلس التعاون الخليجي (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة والإسكوا، 2018). بالإضافة إلى ذلك، تنص اللائحة (10) على حوافز ضريبية وإعفاءات جمركية لزيادة تعزيز الإستثمارات. وتشمل الآليات الأخرى لتحفيز مصادر الطاقة المتجددة إجراءات العطاءات التنافسية، وتقديم العروض مباشرةً إلى وزارة الطاقة والثروة المعدنية وخطط صافي قياس الطاقة والنقل بالعبور للطاقة الكهربائية وتطبيقات التوليد الذاتي (أبو حامد وبريسلر، 2019 ومؤسسة فريدريش إيبرت، 2015). تختلف أسعار الطاقة الكهروضوئية للأسر وفقاً للتقنية وحجم أنظمة الطاقة، وتتراوح ما بين 10 و 15 يورو سنت (دينا، 2014). ويحصل المشغل على مكافأة 15% إذا كان نظام الطاقة المتجددة أردني الأصل. وتدعم هذه التدابير تطوير المشاريع الصغيرة وتوفر حوافز أيضاً لإستخدام الأنظمة المنتجة محلياً.

وفي عام 2020، تم استحداث الإستراتيجية الوطنية لقطاع الطاقة للفترة 2020-2030 ، وتستهدف عدداً كبيراً من مصادر الطاقة المحلية، مثل النفط ومصادرالطاقة المتجددة بحلول عام 2030 (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). وتتوقع زيادة في القدرة المركبة البالغة 3200 ميجاوات، حيث تمثل مصادر الطاقة المتجددة 31% من إجمالي توليد الكهرباء و 14% من إجمالي مزيج الطاقة بحلول عام 2030 (المرجع نفسه). ووفقاً للخطة الجديدة، سيكون للغاز الطبيعي حصة 53% في إنتاج الكهرباء ، بينما يمثل الصخر الزيتي 15% وسيتم إنتاج 1% فقط من الكهرباء من خلال النفط (ساندري وآخرون، 2020). وقد تخلت الإستراتيجية الجديدة عن الخطط النووية السابقة ، وتجري مناقشة طرق تضمين إنتاج واستخدام الهيدروجين الأخضر في الإستراتيجية المحدثة التالية. وسيتم تحديث الإستراتيجية التي نشرت في 2020، ولكن قد تأخر هذا بسبب جائحة كوفيد19- وتباين الآراء داخل الحكومة الأردنية (كومينتيندوفا وآخرون، 2021). علاوة على ذلك، فإن إستراتيجية التنمية الوطنية الأساسية بإعتبارها رؤية الأردن 2025، تركز على تحسين قطاع الطاقة بينما تدعو أيضاً إلى تنمية الإقتصاد الأخضر في قطاعات النقل والمياه والنفايات والزراعة والسياحة. وقد تم وضع العديد من الاستراتيجيات الأخرى لتعزيز الطاقة المتجددة ونشر ترشيد الطاقة في الأردن. فعلى سبيل المثال، تمثل خطة العمل الوطنية للنمو الأخضر لقطاع الطاقة 2021-2025 إطاراً للنمو الأخضر وتحدد الإجراءات الخاصة بهذا القطاع. وتتوافق الإستراتيجية مع الخطة الوطنية للنمو الأخضر ورؤية الأردن 2050 والمساهمات المحددة وطنياً (وزارة البيئة، 2020). والأهداف الخمسة للنمو الأخضر الوطني هي كما يلي: تعزيز رأس المال الطبيعي، والنمو الاقتصادي المستدام، والتنمية الاجتماعية والحد من الفقر، وكفاءة الموارد، والتكيف مع تغير المناخ والتخفيف من آثاره (المرجع نفسه).

يصف الشكل 6-4 إدخال تدابير سياسة الطاقة وتأثيرها على توليد الكهرباء المتجددة حسب السنة.

الشكل 6 - 4
تطوير توليد الكهرباء المتجددة حسب المصدر (بالجيجاواط ساعة) وإدخال تدابير سياسة الطاقة، الأردن 2020-1990



(المصدر: البيانات تستند إلى فرانشيسكيني (2019) ووكالة الطاقة الدولية (2020 أ) والوكالة الدولية للطاقة المتجددة (2018 ب) وشركة الكهرباء الوطنية (2020) وساندري وآخرون (2020) والزوايدة (2018))

وفي عام 2020 أيضاً، تم تقديم علامة المشروع العربي لشهادات الأنظمة الشمسية الحرارية (شمسي) للأنظمة الحرارية الشمسية، مما يوفر لوائح الإمتثال الإقليمية للسياسات والصناعة والمستخدمين النهائيين (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة ، 2021). وفي نفس العام، تم تأسيس شراكة الطاقة الأردنية الألمانية لتعزيز التعاون بين البلدين في الموضوعات المتعلقة بالطاقة، وتهدف هذه الشراكة إلى تشجيع إنتقال الطاقة في كلا البلدين من خلال التبادل السياسي والاقتصادي والتنظيمي والتكنولوجي. ويعتزم الأردن أيضاً التعاون مع إسرائيل في مشروع مشترك لبناء منشأة طاقة شمسية بقدرة 600 ميجاوات للتصدير إلى إسرائيل (رابينوفيتش وآخرون، 2021). في المقابل، ستزود إسرائيل الأردن بـ 200 مليون متر مكعب من المياه المحلاة. تم التوقيع على بيان النية لإتفاقية المياه مقابل الطاقة هذه في تشرين الثاني 2021 بين البلدين والإمارات

العربية المتحدة. ومع ذلك، فإن هذه الصفقة قد أحدثت بالفعل إعتراضات جدية من المجتمع الأردني (بيلانسيري، 2021).

وعلى الرغم من التقدم المحرز في إستيعاب مصادر الطاقة المتجددة، فقد تأثر قطاع الطاقة المتجددة في الأردن سلباً بجائحة كوفيد19-. وعندما إنخفض استهلاك الكهرباء أثناء الإغلاق، واصلت الطاقة المتجددة توليد الكهرباء. وقد أثر ذلك سلباً على استقرار الشبكة (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). وبالتالي، خفضت شركة الكهرباء الوطنية إستهلاك مرافق الطاقة المتجددة المملوكة للدولة للتخفيف من التأثير على الشبكة. بعد ذلك، تم إعادة توصيل جميع مصادر الطاقة المتجددة التي تم فصلها تدريجياً (المرجع نفسه).

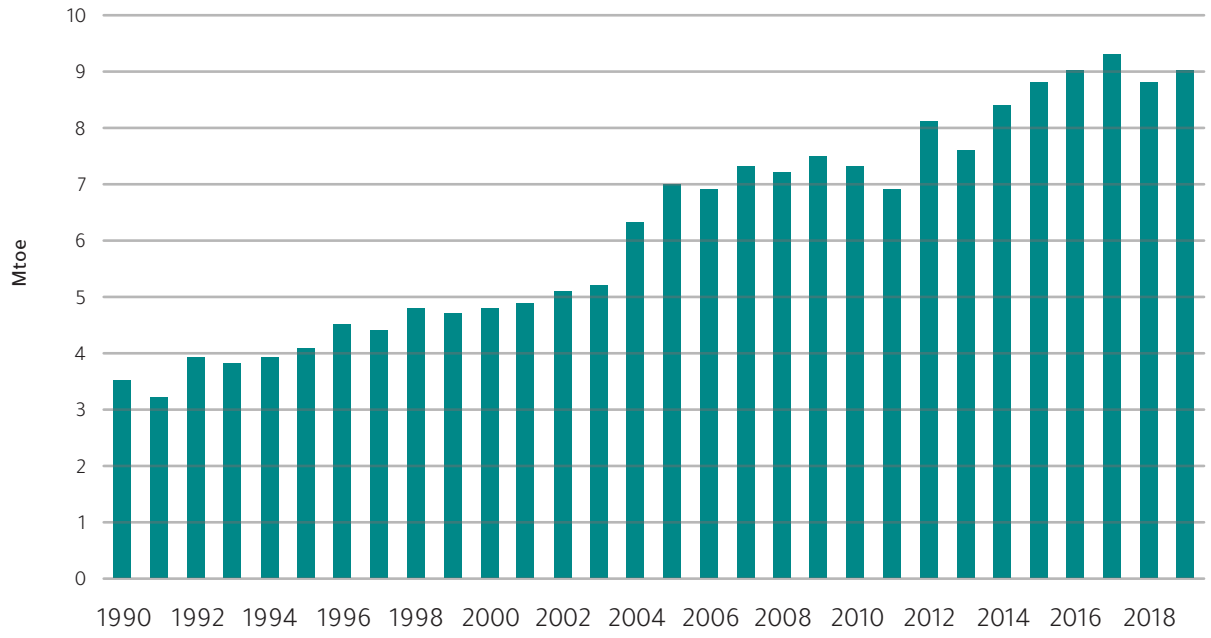
وقد نجح الأردن في فتح سوق الطاقة والكهرباء أمام منتجي القطاع الخاص من أجل تعزيز الإستثمار في مصادر الطاقة المتجددة، وهي خطوة محورية لإطلاق مصادر الطاقة المتجددة. هذا وقد ساهمت أطر السياسات المستقرة والواضحة والحوافز الجذابة وتوافر آليات التمويل في زيادة كبيرة في تطبيق تكنولوجيا الطاقة المتجددة في الأردن (فرانشيسكيني، 2019). ومع ذلك، لا تزال التغييرات غير المتوقعة والافتقار إلى إستراتيجية طويلة الأجل لما بعد عام 2030 حواجز أمام التوسع السريع في الإستثمارات في مصادر الطاقة المتجددة. وعلى الرغم من أن الأردن يمتلك إمكانات عالية من الطاقة المتجددة، إلا أن حصة الغاز الطبيعي والصخر الزيتي في مزيج الطاقة لا تزال مكوناً مهماً في إستراتيجيتها للطاقة. بشكل عام، فيما يتعلق بالطاقة المتجددة، يمكن تصنيف الأردن على أنه قد حقق إلى حد كبير المرحلة الأولى من النموذج المرحلي للشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ومع ذلك، لا تزال هناك عقبات أمام التقدم، مثل سقف مشروع الطاقة المتجددة البالغ 1 ميجاوات، والذي من المتوقع رفعه مع التحديث القادم لإستراتيجية الطاقة.

قطاع الوقود الأحفوري

عدا عن عمليات التنقيب الأخيرة عن النفط الصخري، لا يوجد في الأردن تقريباً أي مصادر طبيعية خاصة به. لذلك، فهو يستورد جميع موارده من الطاقة تقريباً، وهذا يسبب عجزاً كبيراً في الميزانية. وفي العقود الماضية، كان توفير الطاقة يمثل تحدياً للأردن بسبب الجوانب الجيوسياسية المختلفة. وقبل عام 1990، تم تزويد الأردن بالنفط من المملكة العربية السعودية، ولكن هذا إنتهى عندما دعم الأردن الغزو العراقي للكويت (هندرسون، 2015). وحتى نهاية عهد صدام حسين في عام 2003، تم تزويد الأردن بالنفط العراقي. بعد ذلك، هذا تم إستبداله بالغاز المصري والسوري، لكن خطوط الأنابيب أصبحت عرضة لهجمات تخريبية منتظمة بسبب الربيع العربي في مصر والاضطرابات السياسية في سوريا. ثم إشترى الأردن زيت الوقود الثقيل والديزل من السوق العالمية لتزويد محطات توليد الطاقة (المرجع نفسه). وفي عام 2015، وقعت إسرائيل والأردن إتفاقية لتوريد الغاز الطبيعي من حقول ليفياثان إلى الأردن لمدة 15 عاماً. وعلى الرغم من وجود بعض المقاومة المضادة لإسرائيل، إلا أن هذه الصفقة ستوفر للأردن 45 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي سنوياً (أبو حامد وبريسلر، 2019). وفي عام 2014، تم توقيع صفقة غاز منفصلة مع إسرائيل لتزويد الأردن بالغاز الطبيعي من حقول تمار (تايمز أوف إسرائيل، 2016).

وإستنادًا إلى بيانات من وكالة الطاقة الدولية (2020 أ)، يقدم الشكل 7-4 لمحة عامة عن ملف استيراد صافي الطاقة في الأردن من عام 1990 إلى عام 2019.

الشكل 7 - 4
واردات الطاقة الصافية (مليون طن من معادل النفط)، الأردن 1990-2019



(المصدر: بيانات تستند إلى وكالة الطاقة الدولية (2020 أ))

تزود مصر الأردن حالياً بكميات يومية من الغاز الطبيعي تتراوح من 1 إلى 2 مليون متر مكعب (مشروع وقود الشرق الأوسط وشمال افريقيا، 2021). ويعتمد الأردن على هذا الغاز المصري في توليد 10% من الكهرباء. ومن خلال ميناء الغاز الطبيعي المسال في العقبة، والذي يعمل منذ عام 2015، يتم إستيراد الغاز الطبيعي المسال إلى الأردن ويستخدم لتوليد أكثر من 87% من كهرباء الأردن. وحالياً، يتم إستيراد حوالي 90% من إمدادات الطاقة في الأردن، مما يؤدي إلى ارتفاع التكاليف على الاقتصاد (حوالي 10% من إجمالي الناتج المحلي) (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). وقد تفاقمت هذه المشكلة بسبب الزيادة المطردة في الطلب على الطاقة في السنوات الأخيرة، والتي من المتوقع أن تستمر في النمو. ونتيجة لذلك، تم استغلال موارد الصخر الزيتي المحلي (أبو حامد وبريسلر، 2019). وقد وقعت الحكومة الأردنية عدة مذكرات تفاهم للإستثمار في إنتاج الصخر الزيتي المحلي. ويقع أكبر مرفق للصخر الزيتي للقطاع الخاص في جميع أنحاء العالم (ينفذ من قبل ائتلاف من الشركات الصينية والماليزية والإستونية) في العطار، بقدرة 470 ميجاوات. وبدأ تشغيل المحطة في عام 2021، وتعمل على أساس حرق الصخر الزيتي المباشر. بالإضافة إلى ذلك، زاد الأردن من إمدادات الغاز الطبيعي من خلال توقيع عقود الغاز الطبيعي المسال بين شركة الكهرباء الوطنية وشركة شل العالمية. وستؤمن هذه العقود إمدادات الغاز الطبيعي لمحطات الطاقة والصناعة (أبو حامد وبريسلر، 2019).

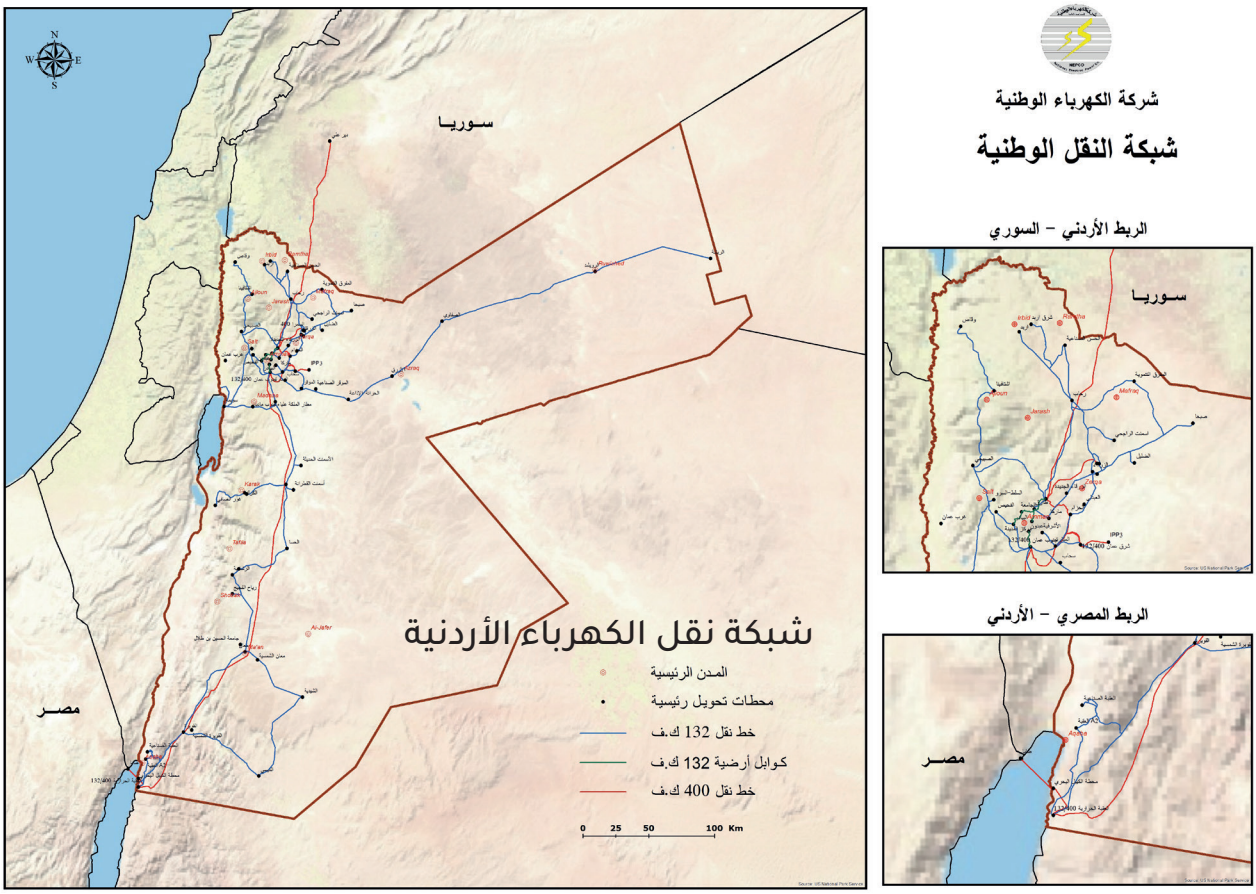
وقد برز الجدل السياسي الأخير لصالح إستيراد الغاز الطبيعي مع إنتاج الصخر الزيتي المحلي في نفس الوقت في الأردن. وعلى الرغم من أن النماذج المرحلية تحل محل إستخدام الوقود الأحفوري بالطاقة المتجددة، فمن المرجح أن يستمر الأردن في توسيع إستخدامه للوقود الأحفوري في ضوء الأسواق المتزايدة والطلب. ونتيجة لذلك، من المحتمل أن يظل الهيكل الحالي لنظام إمداد الطاقة في مكانه لسنوات قادمة.

البنية التحتية

يتم تشغيل شبكة النقل في الأردن من قبل شركة الكهرباء الوطنية. وتمتد الشبكة على طول الممر بين الشمال والجنوب، من العقبة في الجنوب إلى إربد (بالقرب من الحدود السورية) في الشمال (هولتز وفينك ، 2015). وترتبط الشبكة بسوريا عبر خط كهرباء 230 إلى 400 كيلوفولت بقدرة تتراوح بين 300 و 800 ميجاواط وبالشبكة المصرية عبر خط كهرباء 400 كيلوفولت بسعة 550 ميجاواط (أبو رمان وآخرون، 2020. وشركة الكهرباء الوطنية، 2020). علاوة على ذلك، يزود الأردن الشبكة الفلسطينية من خلال ربط في أريحا عبر خط نقل كهربائي 132 كيلوفولت بقدرة 20 ميجاواط (شركة الكهرباء الوطنية، 2020). وبحلول عام 2020، كان هناك ما يقرب من 5400 كيلومتر من خطوط النقل الهوائية بجهد 400 كيلوفولت و230 كيلوفولت و132 كيلوفولت و66 كيلوفولت، وكان هناك 62 كيلومتراً إضافياً من الكابلات الأرضية 132 كيلوفولت (المرجع نفسه). وترتبط محطات الطاقة (عبر خطوط 132 كيلوفولت و 400 كيلوفولت) بشبكة النقل التي

تزود مراكز التحميل (شلالفة وآخرون، 2021)، ويتم فقدان حوالي 13% إلى 14% من الكهرباء المولدة أثناء النقل والتوزيع (كيوان والغراية، 2020). علاوة على ذلك، يتم تقسيم نظام التوزيع إلى ثلاثة أنظمة إقليمية تديرها شركات توزيع مختلفة (شلالفة وآخرون، 2021). وشركات التوزيع هذه هي كما يلي: (1) شركة الكهرباء الأردنية، التي تزود وسط الأردن (بما في ذلك عمان) بحوالي 64% من الكهرباء المستهلكة (المرجع نفسه)، (2) شركة توزيع الكهرباء، التي تخدم المناطق الجنوبية والغربية عبر شبكة توزيع بطول 8396 كيلومتراً، (3) شركة كهرباء محافظة إربد، التي تزود الشمال بشبكة تبلغ 13148 كيلومتراً (المرجع نفسه). وإستناداً إلى بيانات الطاقة (2017 أ) ، يصف الشكل 8-4 شبكة نقل الكهرباء في الأردن.

الشكل 8 - 4
شبكة نقل الكهرباء الأردنية



(المصدر: شركة الكهرباء الوطنية 2021)

إن قدرة الشبكة الأردنية الحالية محدودة، وهذا يحد من رفع مستوى توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة. وقد طورت شركة الكهرباء الوطنية مشروع «الممر الأخضر» لتحديث وتوسيع شبكة الكهرباء من خلال بناء عدة محطات فرعية وخطوط توصيل جديدة في المنطقة الجنوبية من الأردن، التي تهدف إلى استيعاب المزيد من الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة وتحويلها إلى مراكز التحميل الرئيسية (جوردان تايمز، 2017). بالإضافة إلى ذلك، تجري حالياً مناقشة تطوير العديد من مشاريع الربط البيني لتحسين البنية التحتية القائمة. وبناءً على ذلك، يتم تجديد الربط الكهربائي المصري - الأردني (الكيبل البحري) لزيادة السعة إلى 1100 ميجاوات، وسيتم إعادة بناء الربط الكهربائي الأردني - السوري بقدرة 150 ميجاوات، وتجري مناقشة ترقية تصل إلى 80 ميجاوات للربط الكهربائي الأردني - الفلسطيني. ويجري تطوير توسعة الربط الأردني - العراقي ليصل إلى 150 ميجاواط، ومن المخطط إنشاء الربط الكهربائي الأردني - السعودي (127 كم و 400 كيلوفولت) في 2026-2027 (شركة الكهرباء الوطنية، 2020). بالإضافة إلى ذلك، تم توقيع إتفاقية للربط الكهربائي الأردني - العراقي بينما يتم إجراء دراسة جدوى للربط الكهربائي الأردني - الخليجي - المصري (المرجع نفسه).

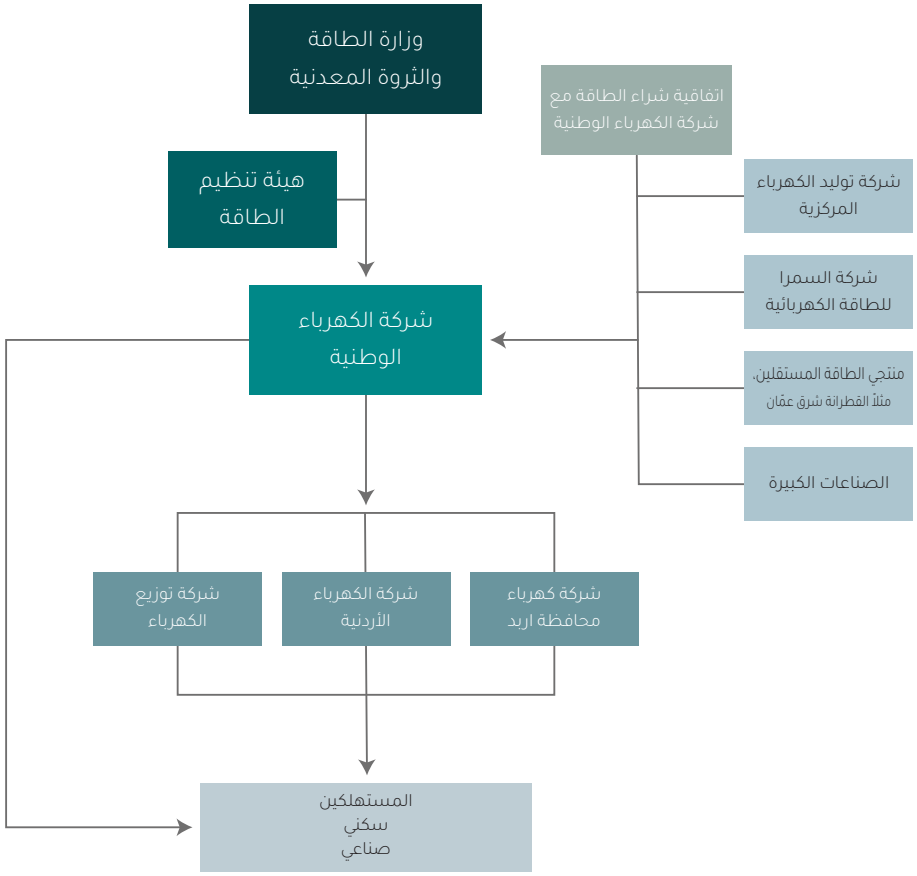
إن قطاع الطاقة المتجددة في الأردن مقيد حالياً بسعة الشبكة المحدودة. وعلى الرغم من أن الأردن يضمن أولوية الوصول إلى

الشبكة لمصادر الطاقة المتجددة ويمنح الأولوية للإرسال، إلا أن التحديات التقنية لا تزال قائمة (المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة ، 2019). بالإضافة إلى ذلك، فإن الفائض من الطاقة المتجددة والتقليدية يعني أن خيارات التخزين أصبحت ذات أهمية متزايدة بالنسبة للأردن. كما ان مشاريع التخزين، مثل توسيع الشبكة في نقاط الربط البيني وأنظمة تخزين البطاريات للطاقة الكهروضوئية ومشاريع التخزين بالضخ يتم النظر فيها كحلول للتغلب على التذبذات في شبكة الكهرباء. وبالتالي، فإن تطوير البنية التحتية للكهرباء لدمج مصادر الطاقة المتجددة وفقاً للمرحلة الأولى من النموذج المرحلي قد بدأ في الأردن ولكنه لم يكتمل بعد.

المؤسسات والحوكمة

يوجد في الأردن عدة مؤسسات تشرف على قطاع الكهرباء والطاقة. ووزارة الطاقة والثروة المعدنية هي الفاعل الرئيسي في هذا القطاع وهي مسؤولة عن التطوير الإستراتيجي لسياسات الطاقة وأهدافها في نظام الطاقة الوطني (فرانشيسكيني، 2019). وتعتبر هيئة تنظيم قطاع الطاقة والمعادن، المستقلة مالياً وإدارياً، الجهة المنظمة لسوق الكهرباء. ووفقاً لقانون الكهرباء العام ، تحدد الهيئة تعرفة الكهرباء وتمنح التراخيص لمشتركي الكهرباء والموزعين. قطاع الكهرباء هو سوق لمنتجي الطاقة المستقلين مع منافسة بين منتجي الطاقة. وبالتالي، فإن توليد الطاقة وتوزيعها هما قطاعان مخصخصان، لكن شركة الكهرباء الوطنية هي الشركة الوحيدة المخولة لشراء الطاقة على مستوى البيع بالجملة، وهي تدير الربط الكهربائي الدولي مع البلدان المجاورة (فرانشيسكيني، 2019). علاوة على ذلك، يتم عقد جميع إتفاقيات شراء الطاقة مع شركة الكهرباء الوطنية. وعلى مستوى التوزيع، هناك ثلاث شركات مسؤولة: شركة الكهرباء الأردنية وشركة توزيع الكهرباء وشركة كهرباء محافظة إربد. وتتلقى هذه الشركات جميع طلبات مشاريع الطاقة المتجددة ولها سلطة الموافقة عليها ورفضها. بالإضافة إلى ذلك، تُجري هذه الشركات دراسات تأثير الشبكة وهي مسؤولة عن تركيب عدادات الشبكة (الزوايدة، 2018). واستنادًا إلى بيانات مؤسسة فريدريش إيبرت (2011)، يصف الشكل 9-4 الإطار المؤسسي الأردني لسوق الكهرباء والطاقة ويظهر السلطات والشركات ذات الصلة.

الشكل 9 - 4
هيكل سوق الكهرباء مع الهيئات والشركات ذات الصلة



(المصدر: إعداد خاص بناءً على مؤسسة فريدريش إيبرت (2011))

بعد إعادة هيكلة قطاع الكهرباء في عام 1996 (والذي كان أيضاً عند إنشاء شركة الكهرباء الوطنية)، تم فتح القطاع بشكل تدريجي أمام المستثمرين من القطاع الخاص للسماح بالمنافسة في السوق. وقد حلت شركة الكهرباء الوطنية محل هيئة كهرباء الأردن السابقة، والتي تم تقسيمها إلى ثلاث شركات: شركة النقل شركة الكهرباء الوطنية وشركة توليد الكهرباء المركزية وشركة توزيع الكهرباء (ساندري وآخرون، 2020). وبالإضافة إلى وشركة توليد الكهرباء المركزية، تقوم شركة السمرا للطاقة الكهربائية ومنتجي الطاقة المستقلين والصناعات الكبيرة حالياً بإنتاج الكهرباء في القطاع الأردني. وبالتالي، هناك عدد من المؤسسات المسؤولة عن سوق الكهرباء. ومع ذلك، فإن التعاون بين هذه المؤسسات محدود، مما يؤدي إلى ضعف الأداء وخسارة الكفاءة. وتتركز التحديات المالية التي يواجهها قطاع الكهرباء في شركة الكهرباء الوطنية بإعتبارها المشتري الوحيد. ومن خلال زيادة تعرفة الكهرباء، تريد شركة الكهرباء الوطنية تقليل خسائر التشغيل، لكن هذا ينجح فقط إلى مدى محدود (ساندري وآخرون، 2020). ويساهم التطور القوي للطاقة المتجددة في هذه الخسائر، حيث إن شركة الكهرباء الوطنية ملزمة بشراء الكهرباء المتجددة عندما تدخل محطات توليد الطاقة الجديدة للطاقة المتجددة إلى السوق، بغض النظر عن الطلب.

باختصار، تم تحرير سوق الكهرباء في الأردن إلى حد ما بعد إعادة هيكلة قطاع الكهرباء في عام 1996. ومع ذلك، لا يزال سوق الكهرباء يتبع نظام المشتري الفردي، وشركة الكهرباء الوطنية المملوكة للدولة، هي المشتري الوحيد. وعلى الرغم من جهود تحرير السوق في الأردن واستحداث هيئة تنظيم قطاع الطاقة والمعادن، لا تزال الشركات العاملة في قطاع الطاقة بحاجة إلى معالجة العمليات البيروقراطية المطوّلة، ويجب تحسين التواصل بين المؤسسات والوزارات (ساندري وآخرون، 2020). وبالتالي، فإن الوضع الحالي لتطور وفعالية إطار العمل المؤسسي يضع الأردن في بداية المرحلة الثانية نحو نظام طاقة قائم على مصادر الطاقة المتجددة وفقاً للنموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

سوق الطاقة والإقتصاد

يختلف هيكل تعرفة الكهرباء في الأردن بالنسبة للمستهلكين الصناعيين حسب الوقت من اليوم، وهو يتألف من تعريفة الإمداد بالجملة ذات الحمولة القصوى وتعرفة الطاقة اليومية وتعرفة الطاقة الليلية. وتختلف هذه التعريفات بين شركات التوزيع الثلاث شركة الكهرباء الأردنية وشركة توزيع الكهرباء وشركة كهرباء محافظة إربد (شركة الكهرباء الوطنية، 2021). وتتبع تعريفة التجزئة نموذج الكتلة المائلة، مع سبع كتل مختلفة وفقاً لاستهلاك الوحدة الشهرية كيلو وات في الساعة. ومع كل كتلة، تزيد التعرفة وتتراوح ما بين 4 و 33 سنت يورو. ولكل من القطاعين العام والتجاري والبنوك والإتصالات والصناعات الصغيرة والمتوسطة والفنادق والزراعة تعرفة مختلفة وتعتمد جميعها على كتل إستهلاك مختلفة. وتتراوح التعريفات بين 6 و 35 سنت يورو. والصناعات الكبيرة، مثل التعدين والمحاجر تدفع فقط تعرفة الإمداد بالجملة ذات الحمولة القصوى وتعرفة الطاقة اليومية وتعرفة الطاقة الليلية. وتتراوح هذه الكتل بين 13 و 29سنت يورو (المرجع نفسه). ستحل تعرفة كهربائية جديدة محل الهيكل الحالي، مما سيقلل من التكاليف على المنازل وكذلك على قطاعات الأعمال والصناعة والسياحة والزراعة والرعاية الصحية. وسيتم دعم هيكل التعرفة الجديد الذي سيتم تنفيذه في بداية عام 2022 جزئياً لبعض مجموعات المستهلكين، وستتم إزالة ذروة التعرفة الإلزامية لجميع القطاعات. فالمستهلكون الذين يمكنهم الإستفادة من التعرفة المدعومة سيدفعون 50 فلساً (حوالي 6 سنت يورو) لكل كيلوواط ساعة للإستهلاك بين 1 و 300 كيلوواط ساعة، في حين أن الاستهلاك بين 301 و 600 كيلوواط ساعة سيكلف 100 فلس (حوالي 12 سنت يورو) لكل كيلوواط ساعة. ، وما يفوق 600 كيلو واط ساعة يصل إلى 200 فلس (حوالي 25 سنت يورو) لكل كيلوواط ساعة. وفي التعرفة غير المدعومة، ستتراوح تكاليف الكيلوواط في الساعة بين 120 و 150 فلساً (حوالي 14-19 سنت يورو)، إعتماداً على الإستهلاك (جوردان تايمز، 2021 أ).

وحتى عام 2017، لم تتطابق تكاليف التوزيع مع تكاليف الإنتاج. وتم تعويض هذا الفارق من خلال الإعانات الحكومية التي تسببت في عجز في الميزانية بنحو 1.22 مليار دولار أمريكي (أبو رمان وآخرون ، 2020). ولتقليل الدعم الحكومي، تم تعديل تعرفة الكهرباء ورفع دعم الكهرباء بالكامل في عام 2017.

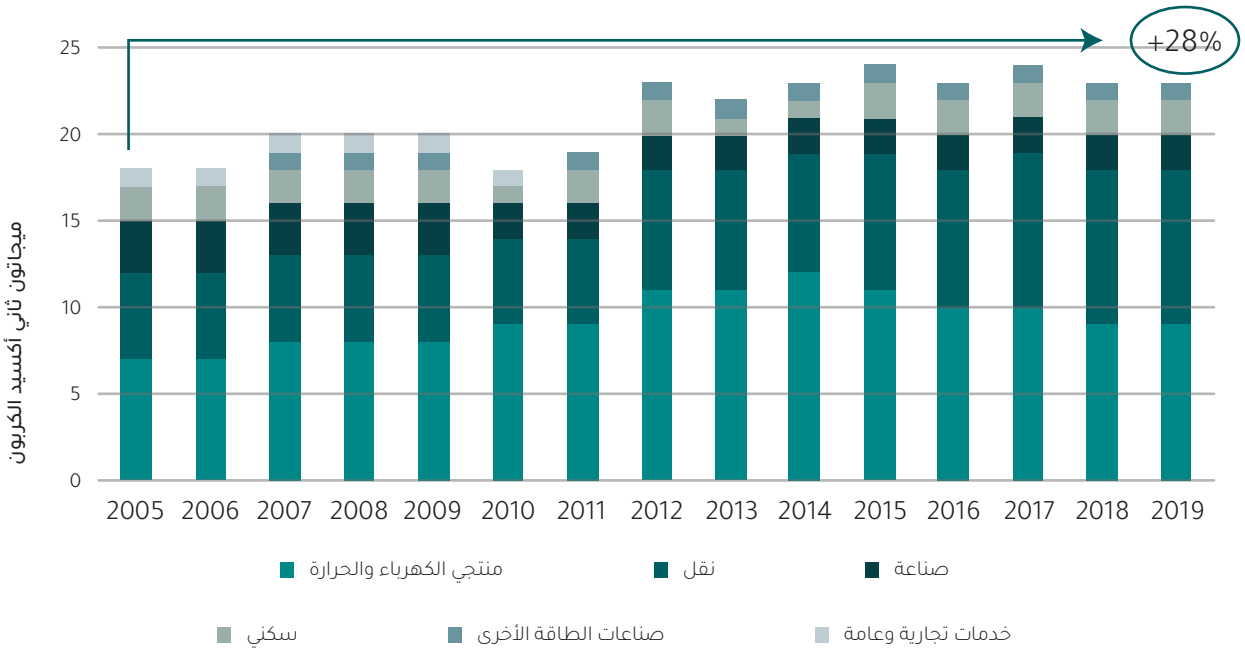
بإختصار، أدى سحب الإعانات الحكومية للكهرباء إلى تحسن الوضع المالي لشركة الكهرباء الوطنية منذ عام 2017. علاوة على ذلك، تحولت العديد من المنازل إلى أنظمة صافي القياس السكنية الخاصة بها بسبب زيادة تعرفة الكهرباء وإنخفاض تكلفة مصادر الطاقة المتجددة. وقد ساهم ذلك في الإنتشار الواسع لأنظمة الطاقة المتجددة صغيرة النطاق (هولتز وفينك، 2015). وبشكل عام، فيما يتعلق بسوق الطاقة، يمكن تصنيف الأردن على أنه قد أنجز المرحلة الأولى من النموذج المرحلي الإنتقالي.

إنبعاثات غاز الإحتباس الحراري

إن إستخدام الوقود الأحفوري في قطاع الطاقة يساهم بشكل كبير في مستوى إنبعاثات غاز الإحتباس الحراري لكل فرد (بني يونس، 2017). وفي عام 2018، بلغ نصيب الفرد من إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون 2.28 طن متري (البنك الدولي، 2020 أ). وفي المجموع، أطلق الأردن 23 مليون طن متري من ثاني أكسيد الكربون في عام 2018. وكان كل من قطاع النقل وقطاع الكهرباء وتوليد الحرارة مسؤولاً عن 39% من إنبعاثات ثاني أكسيد

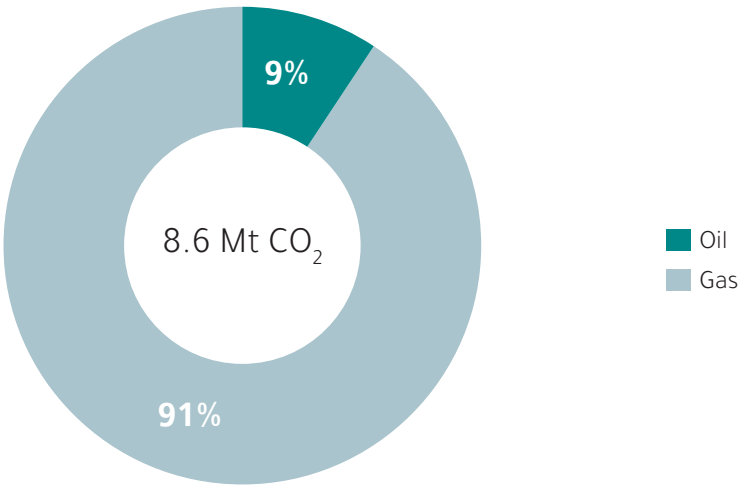
الكربون، يليهم القطاعان الصناعي والسكني، حيث أطلق كل منهما 8% من إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومن عام 2005 إلى عام 2019، زادت إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 28% بسبب تغير التركيبة السكانية والتنمية الصناعية وتأثيرات تغير المناخ (الشكل 10-4) (الوكالة الدولية للطاقة، 2020 أ). وبناءً على المعلومات الواردة من الوكالة الدولية للطاقة (2020 أ)، يوضح الشكل 11-4 الإنبعاثات الناتجة من توليد الحرارة والكهرباء حسب المصدر لعام 2019، ويظهر أن أكثر من 90% من إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتجت عن إستخدام الغاز الطبيعي في قطاع توليد الحرارة والكهرباء.

الشكل 10 - 4
إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع (بالطن المتري ثاني أكسيد الكربون)، الأردن 2005-2019



(المصدر: البيانات تستند إلى منظمة الطاقة الدولية (2020أ))

الشكل 11 - 4
إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون من توليد الكهرباء والحرارة حسب مصدر الطاقة (بالطن المتري ثاني أكسيد الكربون)، الأردن 2019



(المصدر: البيانات تستند إلى منظمة الطاقة الدولية (2020أ))

بموجب شروط المساهمات المحددة وطنياً المقررة، تعهد الأردن بخفض إنبعاثات غاز الإحتباس الحراري بنسبة 14% بحلول عام 2030 مقارنة بسنة الأساس 2006 (إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، 2015). وفي تقرير المساهمات المحددة وطنيا المحدث في تشرين الأول 2021، ينوي الأردن خفض إنبعاثات غاز الإحتباس الحراري بنسبة 31% في عام 2030 مقارنة بالأعمال المعتادة في عام 2012، 5% منها غير مشروطة، بينما 26% ستكون مشروطة بتوافر المساعدات المالية الدولية والدعم. وتستهدف خطة العمل الخاصة بخفض إنبعاثات غاز الإحتباس الحراري قطاع الطاقة على وجه التحديد من خلال تنفيذ تدابير كفاءة الطاقة وتدابير الطاقة المتجددة.

وعلى الرغم من خطط الأردن للحد من إنبعاثات الكربون، كما هو موضح في المساهمات المحددة وطنياً، فإن الإنبعاثات تتزايد في الواقع بسبب النمو السكاني السريع. ويمكن تحسين جهود الحد من الإنبعاثات في قطاعي النقل والصناعة من خلال التجهيز الكهربائي المباشر وكذلك تطبيقات الهيدروجين في المستقبل، على الرغم من أن هذه ستعتمد بشدة على السعر.

الكفاءة

تعتبر إجراءات كفاءة الطاقة جزءاً لا يتجزأ من إستراتيجية الطاقة الأردنية. تهدف إستراتيجية الطاقة 2007-2020 لجميع القطاعات إلى تعزيز كفاءة الطاقة بنسبة 20% بحلول عام 2020 (شاهين، 2015). وكجزء من هذه الإستراتيجية، تم تطوير أول خطة عمل وطنية لكفاءة الطاقة الكهربائية في عام 2011 لتغطية الفترة 2012-2014. وهدفت الخطة إلى خفض كثافة الطاقة بمقدار 180 كيلوغرام من معادل النفط / 1000 دينار أردني بحلول عام 2020 مقارنة بـ 210 كيلوغرام / 1000 دينار أردني في عام 2010. وكان من المفترض أن يوفر هذا 502 جيجاوات ساعة من الكهرباء في أول عامين من تنفيذ خطة عمل الوطنية لكفاءة الطاقة الكهربائية (المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، 2013). فعلى الرغم من تطبيق بعض تدابير الكفاءة بنجاح، إلا أنه لا يمكن تحقيق الأهداف المحددة. وتمت مراجعتها للإستراتيجيات المحدثة مع مزيد من الطموح.

بالإضافة إلى ذلك، يهدف بند رقم (73) لقانون الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة رقم 13 إلى نشر سخانات المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية وفرضت التركيب الإلزامي في المباني الجديدة إعتباراً من أبريل 2013 (المرجع نفسه). وتم أيضاً إطلاق برنامج دعم السخانات الشمسية في إطار صندوق تشجيع الطاقة المتجددة وترشيد الطاقة الأردني والذي خطط لتركيب 20000 سخان شمسي في القطاع السكني بين عامي 2013 و 2019 (وكالة الطاقة الدولية، 2018). لم يتم تحقيق هذا الهدف وتمت إعادة النظر فيه لإستراتيجية الكفاءة المحدثة التالية. وتم تطوير المزيد من تدابير كفاءة الطاقة، مثل وضع العلامات على الأجهزة الكهربائية والرقابة والتنظيم لسوق شركات خدمات الطاقة. ويدعو بند (10) لقانون الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة رقم 13 إلى الإعفاءات الضريبية من المبيعات والرسوم الجمركية على جميع أنظمة ومعدات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. وركزت التوصيات الأخرى المدرجة في خطة إستراتيجية الطاقة 2007-2020 على تنظيم حملات توعية عامة حول سلوك توفير الطاقة والعزل الحراري للمباني (أبو رمان وآخرون، 2020).

وتم تطوير خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة الثانية للفترة 2018-2020، وكانت تهدف إلى توفير ما يقرب من 2000 جيجاوات ساعة من الكهرباء بحلول عام 2020 من خلال 35 إجراء، بما في ذلك المشاريع الشاملة التي تشمل القطاعات السكنية والخدماتية والصناعية وضخ المياه وإنارة الشوارع والنقل (وزارة الطاقة والثروة المعدنية، 2017). وكان الهدف للقطاع السكني هو إدخال 15000 نظام كهروضوئي و 50000 سخان شمسي و 150.000 أنبوب LED و 51000 مصباح LED، بينما تضمنت أهداف القطاع الصناعي إجراء المزيد من عمليات تدقيق الطاقة. كانت خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة الثانية ناجحة وساهمت بشكل كبير في تحقيق التدابير، لكنها لم تنجح في الوصول إلى جميع الأهداف المحددة.

ويُظهر تقييم الخطوات التي إتخذها الأردن فيما يتعلق بكفاءة الطاقة أن الحكومة قد إعترفت بكفاءة الطاقة كجزء أساسي من انتقال الطاقة. تشير الخطط الواردة في الإطار التنظيمي إلى أن الأردن يضع تدابير كفاءة الطاقة موضع التنفيذ على الرغم من بعض العيوب. وستشمل التحديثات الجديدة على الإستراتيجية أهدافاً أكثر طموحاً ينبغي الوفاء بها. وبالتالي، فيما يتعلق بكفاءة الطاقة، يمكن تصنيف الأردن على أنه قد أكمل المرحلة الأولى وفقاً للنموذج المرحلي لإنتقال الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

المجتمع

إن مشاركة المجتمع في الأمور المرتبطة بالطاقة أمر بالغ الأهمية. فلدى المجتمع الأردني تقليد المشاركة الفعالة في القرارات المتعلقة بأمور الطاقة الوطنية (كومينديتوفا وآخرون، 2021). ومن خلال مجلس النواب والمؤسسات الأكاديمية ووسائل الإعلام، يتواصل المجتمع الأردني بشكل مباشر أو غير مباشر حول القضايا المتعلقة بالطاقة.

علاوة على ذلك، يعتبر قبول المجتمع لمصادر الطاقة المتجددة خطوة مهمة في تنفيذ المشاريع واسعة النطاق. فعلى سبيل المثال، تم إنجاز مشروع الطفيلة للطاقة الكهروضوئية في الأردن في النهاية فقط لأن السكان وافقوا على المشروع (شاهين، 2015). وإتفاق الغاز مع إسرائيل مثال آخر. فبعد إندلاع الإحتجاجات في عمان على الإتفاق أحيلت القضية إلى المحكمة

الدستورية. وقررت المحكمة أن الاتفاقية سارية، حيث تم توقيعها بين شركتين وليس بين البلدين (كومينديتوفا وآخرون، 2021).

وهناك عدة أسباب وراء قبول المجتمع لمشاريع الطاقة. ووفقاً لكومينديتوفا وآخرون (2021)، معظم الناس على دراية بمشاريع الطاقة المتجددة ويؤيدونها. ويتعرف الناس على المشاريع بشكل رئيسي من وسائل التواصل الإجتماعي ولكن أيضاً من الحملات الإعلامية التي تديرها المنظمات غير الحكومية أو على التلفزيون أو من الصحف أو في وسائل الإعلام المرئية والمسموعة. وبالتالي، يرتبط القبول الاجتماعي لمشاريع الطاقة واسعة النطاق في الأردن بشكل واضح بالفهم العام بأن هذه المشاريع تعزز أمن الطاقة في الأردن وتقلل من الإعتماد على الطاقة المستوردة (المرجع نفسه). كما ان الأسعار المنخفضة لأنظمة الطاقة الكهروضوئية هي أيضاً سبب رئيسي لقبولها الاجتماعي الواسع. ومع ذلك، غالباً ما تتعرض الألواح الكهروضوئية للتلف، نظراً لأن الناس يفتقرون إلى المعلومات حول كيفية التعامل مع الأنظمة بشكل صحيح (شاهين، 2015).

يوجد اليوم عدد من المؤسسات التي تركز على تدريب العاملين في مجال الطاقة المتجددة. وتقدم العديد من الجامعات برامج الدراسات العليا في تقنيات الطاقة المتجددة. علاوة على ذلك، يساهم المركز الوطني لأبحاث الطاقة في البحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة. بالإضافة إلى ذلك، تدير جمعية المهندسين الأردنيين مركز تدريب المهندسين مع التركيز على تقنيات الطاقة المتجددة. وفي تشرين الأول 2021، تم إطلاق أكاديمية الطاقة في ألمانيا والأردن. وهي تهدف لأن تصبح مرفقاً لتدريب الفنيين على تقنيات الطاقة المتجددة.

بشكل عام، لدى الأردن مؤسسات راسخة تساهم في التوعية والقبول والتدريب الفني في مجال الطاقة المتجددة. ومع ذلك، لا تزال حملات التوعية محدودة وتفشل في تعليم الناس كيفية إستخدام الألواح الكهروضوئية بشكل صحيح. وهذا يؤدي إلى إتلاف منشآت الطاقة الشمسية، وفي بعض الحالات أعمال تخريب.

ملخص التطورات على مستوى المشهد والنظام

على مستوى المشهد، من المتوقع أن تؤثر جائحة كوفيد19- على إنتقال الطاقة على الأقل على المدى القصير ولكن من المحتمل أيضاً على المدى الطويل. وتعكس العوائق الأخرى لتطوير انتقال الطاقة على مستوى النظام الأنماط الفنية والمالية والتنظيمية.

على الرغم من أن الأردن بدأ في تحرير سوق الكهرباء ويضمن أولوية الحصول على الكهرباء المولدة من مصادر الطاقة المتجددة، إلا أن سوق الكهرباء لا يزال سوق مشتري فردي، مع إحتكار شركة الكهرباء الوطنية. وعلى الرغم من وجود سياسة وإطار تنظيمي مستقر وواضح وحوافز جذابة مثل نظام صافي القياس والإهتمام الكبير من الشركات الدولية للإستثمار في السوق الأردني، لا يزال الأردن يفتقر إلى رؤية واسعة وطويلة الأجل لقطاع الطاقة حتى عام 2050 (فرانشيسكيني، 2019).

بإختصار على مستوى النظام، هناك عدد من العوامل التي تحد حالياً من تقدم الأردن في انتقال الطاقة: إتفاقيات الغاز الطبيعي طويلة الأجل والحد الأقصى لمنشآت نظام الطاقة المتجددة فوق 1 ميجاوات والشبكة المضغوطة والعدد الكبير من اللاجئين الذين يدخلون الأردن وزيادة الطلب على الطاقة بشكل كبير. فكل هذه الجوانب مجتمعة تعرقل انتقال الطاقة في الأردن. وتعيق التحديات، بما في ذلك الجائحة ومنشأة الصخر الزيتي التي تم إفتتاحها مؤخراً في العطارات والتي من المرجح أن تخلق قيوداً تكنولوجية، وتيرة انتقال الطاقة في الأردن. ومع ذلك، لم ينجح الأردن فقط في تنفيذ قانون الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة رقم 13 ولائحته الداخلية بشأن الإعفاءات الضريبية وكفاءة الطاقة، بل إنه يعمل أيضاً على زيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الكهرباء. وتشير هذه الإجراءات إلى أن الأردن قد دخل المرحلة الأولى من انتقال الطاقة نحو نظام قائم على مصادر الطاقة المتجددة وفقاً للنموذج المرحلي لانتقال الطاقة المطبق في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. وتقع البلاد حالياً بين المرحلتين الأولى والثانية.

يلخص الجدول 3-4 الإتجاهات والأهداف الحالية لانتقال الطاقة وفقاً للمؤشرات ذات الصلة.

الجدول 3-4

الإتجاهات والأهداف الحالية لإنتقال الطاقة

الفئة	المؤشر	2005	2010	2015	2018	2020	2030	2050
إنبعاثات الكربون (مقارنة مع 1990)	إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي	%-7	-30%	-23%	غير متاح	غير متاح	-	-
	إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل فرد	+23%	0%	0%	-12%	غير متاح		
الطاقة المتجددة	القدرة المركبة والمخططة (ميجاواط)	غير متاح	17	177	1,142	1,142 (2019)	3,200	-
	الحصة في إستخدام الطاقة النهائي	1.7%	3%	3.2%	6.3	غير متاح	14%	
	الحصة في مزيج الكهرباء (القائمة والمخططة)	0.6%	0.5%	0.9%	10%	14 (2019)	11%	
الكفاءة	مجموع إمدادات الطاقة الأولية (مقارنة بعام 1990)	+104.3 %	+117.1 %	+163.6 %	+178.6 %	غير متاح	-	-
	كثافة الطاقة للطاقة الأولية (مقارنة بعام 1990)	-9.3%	-28.7 %	-24.2 %	غير متاح	غير متاح	-	-
	إجمالي إمدادات الطاقة لكل فرد (مقارنة بعام 1990)	+33.3%	+11.1%	0%	0%	غير متاح	-	-
	إستهلاك الطاقة لكل فرد (مقارنة بعام 1990)	+77.8%	+111.1 %	+111.1 %	+111.1 %	غير متاح	-	-
	دعم الوقود الأحفوري (الحصة من الناتج المحلي الإجمالي)	غير متاح	10.5% (2013)	3.6%	غير متاح	غير متاح	-	-
المباني	الإستهلاك السكني النهائي للكهرباء (مقارنة بعام 1990)	+265.3 %	+498.7 %	+728%	+805.3 %	غير متاح	-	-
النقل	إجمالي استهلاك الطاقة النهائي (مقارنة بعام 1990)	+77.7%	+93.3%	+188.1 %	+231.8 %	غير متاح	-	-
	إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل (مقارنة بعام 1990)	+66.7%	+66.7%	+166.7 %	+200%	غير متاح	-	-
	عدد المركبات الكهربائية	غير متاح	غير متاح	غير متاح	18,000	20,000	-	-
الصناعة	كثافة الكربون لاستهلاك الصناعة (مقارنة بعام 1995)	-0.3%	-10.9%	-11.7 %	-15.2 %	غير متاح	-	-
	القيمة المضافة (الحصة من الناتج المحلي الإجمالي)	25.5%	26.2%	25.2%	24.5%	23.9%	-	-
التوريد الأمن	واردات الغاز الطبيعي (مقارنة بعام 2009)	غير متاح	+78.6%	+52.9%	+199.4 %	غير متاح	-	-
	واردات المنتجات النفطية (مقارنة بعام 1990)	+37.8%	+104.5 %	+310.8 %	غير متاح	غير متاح	-	-
	واردات الكهرباء (مقارنة بعام 2005)	غير متاح	غير متاح	-20%	+60%	غير متاح	-	-
	صادرات الكهرباء (مقارنة بعام 2005)	56%	73.7%	71%	62%	غير متاح	-	-
	واردات الفحم (مقارنة بعام 2008)	غير متاح	غير متاح	غير متاح	+17.1%	+50%	-	-
	وصول الكهرباء حسب نسبة السكان	99.2%	100%	99.9%	99.9%	غير متاح		
الإستثمار	إستثمارات إزالة الكربون (مليون دولار أمريكي)	غير متاح	6.9	252.2	89	غير متاح	-	-
الإقتصادي الإجتماعي	تعداد السكان	10,203,140						
	النمو السكاني	3.2%	5.2%	3.8%	1.8%	0.9%	-	-
	معدل التوسع العمراني	غير متاح	86%	90.2%	90.9%	91.4%	-	-
	نمو الناتج المحلي	8.1%	2.3%	2.4%	1.9%	-1.5%	-	-
المياه	مستوى الإجهاد المائي	95.9%	98.9%	96.1%	100%	غير متاح	-	-

(المصدر: يستند إلى بيانات من مؤسسة فريدريش إيبرت (2019) و BP (2020) ومنظمة الأغذية والزراعة (2020) والوكالة الدولية للطاقة (2020 أ) والوكالة الدولية للطاقة المتجددة (2020) وستاتيستا (2020) والبنك الدولي (2020 أ) وأبو دية (2021))

4-1-2 تقييم الإتجاهات والتطورات على مستوى التخصص

إن التطورات على مستوى التخصص خلال كل مرحلة تعتبر حاسمة للوصول إلى مراحل التسلسل اللاحقة لانتقال الطاقة (أنظر الجدول 1-3). وجنباً إلى جنب مع التطورات المذكورة أعلاه نحو الطاقة المتجددة على مستوى النظام في الأردن، تم إجراء تطورات سابقة ومتوازية على المستوى التخصص. ويُظهر الأردن تقدماً واضحاً فيما يتعلق بخيارات المرونة المحتملة، والتي تتمثل في مشاريع التخزين بالضخ ومشاريع تخزين البطاريات والتنقل الكهربائي والهيدروجين.

• تخزين الطاقة في السدود المائية

يتم تنفيذ دراسة جدوى لتقييم جدوى مشروع تخزين الطاقة الكهرومائية بالضخ في سد الموجب في الأردن (الطاقة المائية والسدود، 2020). وقد أظهر التقييم المسبق أن سد الموجب يحوز على أقل تكلفة محددة متوقعة لتخزين الطاقة مقارنة بالسدود الأخرى (مثل سد وادي العرب وسد الملك طلال). لذلك، يُعتبر سد الموجب على أنه الحائز على أكبر الإمكانات من بين جميع المواقع التي تمت دراستها حتى الآن (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة ، 2021). وفي نفس المنطقة ، يتم تطوير سد جديد «وادي النخيلة» الذي يمكن إستخدامه كخزان علوي لمشروع تخزين الضخ المزمع (الطاقة الكهرومائية والسدود، 2020). ويمكن أن يعمل خزان الطاقة بالضخ المائي الذي تبلغ قوته 200 ميغاواط في الموجب كخيار لتخزين الطاقة في الأردن، حيث يعتبر تخزين الطاقة أمراً بالغ الأهمية للتقدم نحو المرحلة التالية من إنتقال الطاقة. ومع ذلك، فإن نقص المياه في سد الموجب يمكن أن يحد من إمكانات التخزين (فرح، 2021).

• تخزين البطاريات

كإستجابة للحصة المتزايدة من مصادر الطاقة المتجددة في شبكة الكهرباء، بدأت وزارة الطاقة والثروة المعدنية بدراسة لفحص «إمكانية تخزين الطاقة بالبطاريات» (فيشتنر ، 2021) وستساعد في تنفيذ مشروع تجريبي. «يتضمن هذا المشروع تطوير نموذج بناء وتملك وتشغيل جديد، والذي يمكّن مُشغل الشبكة مرفق التخزين الكهربائي من الإرسال بمرونة» (فيشتنر، 2021). وقد وقعت شركة البادية التابعة لشركة فيلادلفيا للطاقة الشمسية إتفاقية شراء الطاقة لمدة 20 عاماً مع شركة كهرباء محافظة إربد لتشغيل بطارية ليثيوم أيون كبيرة الحجم بسعة تخزين كهربائية تبلغ 12 ميجاوات في الساعة إلى جانب مزرعة كهروضوئية تبلغ 23 ميجاوات (إداما، 2020). يعتبر هذا المشروع أكبر مشروع لتخزين البطاريات الشمسية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا حتى الآن. ويوضح المشروع أهمية تخزين الطاقة في الإنتقال إلى مصادر الطاقة المتجددة لضمان إستقرار الشبكة وتحسين إستخدام التوليد التقليدي وتوفير خدمات تحويل الأحمال.

• النقل الكهربائي

يعتبر الأردن من أوائل الدول في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا في تطوير النقل الكهربائي (شلالفة وآخرون ، 2021). ويتم تحفيز التقدم نحو التنقل الكهربائي من خلال نظام ضريبي مناسب يعفي المركبات الكهربائية من رسوم التسجيل والضرائب ورسوم الاستيراد (هولتز وآخرون، 2018). وفي عام 2015، بدأ الأردن في بيع السيارات الهجينة، وبحلول عام 2018 أصبحت المركبات الكهربائية متاحة إلى حد كبير (بسيسو وبهلوان، 2019). علاوة على ذلك، تهدف الرؤية الوطنية للأردن 2025 التي أطلقتها الحكومة، إلى توسيع نطاق البنية التحتية للسيارات الكهربائية (شلالفة وآخرون، 2021) ، وقد وقعت شركة «eCharge» الألمانية إتفاقية لتركيب 10000 محطة شحن. (المرجع نفسه). وقد مكّن الدعم السياسي للتنقل الكهربائي الأردن من إتخاذ خطوات أساسية نحو الكهربة المباشرة لقطاع النقل، وبالتالي البدء في أنشطة إقتران القطاع.

• محطة التحلية

في عام 2020، أطلقت وزارة المياه والري المرحلة الأولى من مشروع تحلية ونقل المياه العقبة - عمان، «مشروع ناقل المياه الوطني». ومن خلال مخطط البناء والتشغيل والتحويل، ستوفر منشأة تحلية مياه البحر المياه العذبة لأجزاء أخرى من الدولة. وستبلغ السعة القصوى حوالي 300 مليون متر مكعب، وسيتطلب المشروع محطة طاقة بقدرة توليد تبلغ 400 ميجاوات. وبحسب وزارة البيئة، فإن 50% من الطاقة المطلوبة يجب أن يتم توفيرها من مصادر الطاقة المتجددة. وسيبدأ التشغيل بحلول عام 2027 (جوردان تايمز، 2021 ج).

• الهيدروجين

لتوضيح الإرادة السياسية للتحرك نحو الخطوة التالية من النظام في الأردن، أعربت وزارة الطاقة والثروة المعدنية عن إهتمامها للمباشرة في تكنولوجيا الهيدروجين (فيولسلز-ورك، 2021، جوردان تايمز 2021ب). في كانون الأول 2021، تم تنظيم مناقشة لأصحاب المصلحة حول الهيدروجين الأخضر في إطار المشروع البحثي وقود الشرق الأوسط وشمال افريقيا، الذي ينفذه معهد فوبرتال بدعم من شراكة الطاقة الأردنية الألمانية والكلية الجامعية الوطنية للتكنولوجيا. وخلال ورشة العمل، شدد وزير الدولة لشؤون الطاقة على الدور المهم المحتمل للأردن في إنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر. وأكد أنه سيتم إضافة الهيدروجين الأخضر إلى إستراتيجية الطاقة الجديدة في الأردن كجزء من خطوة حاسمة نحو الاقتصاد الأخضر (جوردان تايمز، 2021 ب). كما أن تطوير طرق تحويل الهيدروجين والطاقة-إلى-الوقود، والتي أصبحت بشكل متزايد موضوعاً لتكامل النقاش السياسي والطاقة-إلى-الوقود/الغاز من خلال تطوير الرؤى المشتركة والخطط الإستراتيجية.

4-1-3 الخطوات الضرورية لتحقيق المرحلة التالية

إتخذ الأردن بالفعل خطوات كبيرة نحو الإنتقال إلى الطاقة المتجددة ويمكن تصنيفها على أنها في مرحلة إنتقالية بين المرحلة الأولى، «إنطلاق مصادر الطاقة المتجددة»، والمرحلة الثانية، «تكامل نظام الطاقة المتجددة»، وفقاً للنموذج المرحلي لانتقال الطاقة المطبق في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ومن أجل المضي قدماً في إنتقال الطاقة والوصول إلى المرحلة الثانية «تكامل نظام الطاقة المتجددة» ، يجب على الأردن تعزيز جهوده في مجال التكامل والمرونة. وهذا يشمل تطوير خيارات التخزين وإستكشاف اقتران القطاع وكهربة العمليات الصناعية كخيارات مرنة.

إن الطاقة المتجددة لها دور مهم تلعبه في تحسين أمن الطاقة وخفض التكاليف وحماية البيئة ودعم تعافي الأردن من أزمة كوفيد19- (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). وللوفاء بهذا الدور، يجب تصميم وتنفيذ إجراءات لتحسين النقل والبنية التحتية للتوزيع والتخزين وإدارة جانب الطلب والتوليد المرن والإقتران القطاعي (المرجع نفسه). علاوة على ذلك، يجب حصد أوجه التآزر والتكامل بين الرقمنة والتخزين والتنقل.

فيجب توسيع البنية التحتية للشبكة وتقويتها لتتماشى مع خطط تطوير الطاقة المتجددة. وسيكون من الضروري دمج حصة متزايدة من مصادر الطاقة المتجددة في الشبكة مع ضمان بنية تحتية مستقرة وموثوقة. ويحتاج الأردن إلى الإستثمار في ترقية معداته مثل المحولات وعليه تحسين إدارة النظام (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). وسيكون هذا أكثر أهمية عندما يؤدي التبني الواسع للمركبات الكهربائية إلى زيادة الطلب على الكهرباء. لذلك، يجب الإستثمار في الشبكة الذكية وأنظمة القياس وتقليل خسائر التدفق. كما ستكون هناك حاجة أيضاً إلى لوائح جديدة لإقتران التيار المستمر وتوصيل التيار المتردد والاقتران الهجين لمحطات الطاقة الشمسية مع البطاريات.

تعتبر مشاريع النقل بالعبور وصافي القياس ضرورية لإنتقال الطاقة في الأردن (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). وتتمتع الطاقة الشمسية على الأسطح بإمكانيات هائلة ولكن لم يتم إستغلالها بالكامل بعد. وبالتالي، هناك حاجة إلى برامج إضافية لرفع مستوى هذه التكنولوجيا. علاوة على ذلك، من أجل توسيع مصادر الطاقة المتجددة، سيكون من الضروري رفع سقف المشاريع فوق 1 ميجاوات. وسيؤثر هذا الإجراء بشكل إيجابي على ديناميكية الإستثمارات الخاصة في قطاع الطاقة المتجددة، ويمكن أن يقلل من الإنتاج المرتبط بالطاقة للشركات ويزيد من قدرتها التنافسية. ونحتاج تكلفة الكهرباء أيضاً إلى المراجعة وأن تتوزع بين المستخدمين النهائيين للتخفيف من التكاليف التي تتحملها شركات التوزيع (المرجع نفسه).

ولمطابقة العرض والطلب في المستقبل، من الضروري تنفيذ تدابير التخزين بفعالية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). ويدرس الأردن بالفعل ويجرب العديد من خيارات التخزين الجديدة، مثل تخزين البطاريات وأنظمة التخزين بالضخ الإضافية. ويمكن أن يؤدي تخزين البطارية إلى زيادة المرونة في جانب الطلب، بينما يمكن أن يوفر التخزين بالضخ عن طريق السدود استقراراً للشبكة، الذي يعد أحد المصادر القابلة للاستعمال السريع على المستوى التشغيلي ومستوى نقل الكهرباء. ويمكن أن تحل خدمات المرونة هذه محل محطات الطاقة باهظة الثمن التي تعمل في وقت الذروة وفي نفس الوقت تقلل من تكاليف النظام الإجمالية (المرجع نفسه). بالتوازي مع إستكشاف خيارات التخزين هذه، يحتاج الأردن إلى تشكيل استراتيجية مفصلة للذروة والتخزين. ويجب أيضاً دراسة وتنفيذ المزيد من المشاريع التي تركز على التكامل الفعال للشبكة من خلال الحلول الهجينة (على سبيل المثال، تخزين طاقة الرياح، والطاقة الشمسية المركزة - الكهروضوئية). ويمكن أيضاً إستكشاف تدابير أخرى مثل بطاريات المركبات الكهربائية لدعم الشبكة في تخزين الطاقة وتحويل الحمل الكهربائي (أبو حامد وبريسلو، 2019، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021).

ويتطلب الانتقال السلس للطاقة إستراتيجية لدمج القطاعات المختلفة إلى جانب إدارة الأحمال (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021)، وستؤدي كهربة قطاعات المستخدمين إلى زيادة في الطلب على الطاقة. لذلك، من المهم تطوير إدارة الطلب على الطاقة، حيث قد لا تتزامن ذروة الطلب مع ذروة توليد الطاقة المتجددة.

ويجب مراجعة هيكل التعرفة الحالي بحيث يتلاءم بشكل أفضل مع أنماط توليد الطاقة المتجددة. على سبيل المثال، يمكن للتعريفات الخاصة بوقت الإستخدام أن تدعم إدارة الأحمال (المرجع نفسه). بالإضافة إلى إن إدخال لوائح ضرائب الكربون لجميع تطبيقات الطاقة المتجددة سوف يدعم إنتشارها.

ولدعم كهربة النقل، يجب توسيع البنية التحتية لمحطات شحن البطاريات. وحاليا ، توفر هيئة تنظيم قطاع الطاقة والمعادن التراخيص لمحطات الشحن العامة والخاصة. ومع ذلك، فإن الوزارات المعنية - مثل وزارة الطاقة والثرة المعدنية ووزارة النقل - بحاجة إلى تطوير إستراتيجيات منسقة وخرائط طريق طويلة الأجل بأهداف واضحة. كما إن إمكانات الهيدروجين الأخضر للإستخدامات الصناعية أو النقل الثقيل، حين لا تكون الكهربة المباشرة مجدية، تحتاج إلى مزيد من االدراسات، حيث يمكن أن تضاف هذه النقطة إلى إستراتيجية دمج القطاعات. ومع ذلك، سيعتمد هذا التطور بشدة على تكاليف الهيدروجين الأخضر بالإضافة إلى الجوانب البيئية مثل الطلب على المياه.

وعلى المستوى التنظيمي، يعد وضع أهداف طويلة الأجل لقطاعات الإستخدام النهائي (الطاقة والتدفئة والتبريد والنقل) أمراً بالغ الأهمية لزيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الإجمالي. ويتطلب تطوير خيارات المرونة، مثل تخزين الطاقة في السدود وكهربة قطاع النقل تنسيقاً قوياً بين الوزارات وأصحاب المصلحة والبلديات والجهات الفاعلة الأخرى ذات الصلة. وتحتاج وزارة الطاقة والثروة المعدنية وأصحاب المصلحة الآخرون، مثل شركة الكهرباء الوطنية وشركات التوزيع، إلى إنشاء صيغ تبادل والتواصل والتعاون بإنتظام في المشاريع لدفع إنتقال الطاقة في الأردن. لا ينبغي أن يتعاون أصحاب المصلحة من قطاع الطاقة مع الآخرين فحسب ، بل يجب على الجهات الفاعلة من المؤسسات الأخرى أيضًا العمل معًا من أجل إنتقال ناجح للطاقة. فعلى سبيل المثال، من الضروري التعاون مع وزارة المياه والري لضمان إحراز تقدم في مشاريع التخزين بالسدود. وبالمثل، لتطوير بنية تحتية لشحن المركبات الكهربائية، يجب أن تتعاون وزارة الطاقة والثروة المعدنية بشكل وثيق مع وزارة النقل. وتوضح هذه الأمثلة الحاجة إلى دراسة ووضع خطط وسياسات متكاملة بين الوزارات (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021).

وعلى مستوى الحوكمة، يجب تحسين التشريعات لتقليل إجراءات التصاريح لتطبيقات الطاقة المتجددة. علاوة على ذلك، يجب تشجيع القطاع الخاص على الإستثمار في كهربة قطاع النقل. ويمكن تحقيق ذلك من خلال آليات حوكمة مناسبة وعمليات شفافة.

إن انتقال الطاقة يجب أن يحدث على جميع المستويات وذلك لتعظيم الفوائد الاقتصادية والبيئية والمجتمعية. وبالنسبة للأسواق الناشئة مثل الأردن، يوفر انتقال الطاقة الفرصة لخلق فرص عمل وتعزيز سلاسل القيمة المحلية وتطوير صناعات جديدة. وتُعد متطلبات المحتوى المحلي، والتي تبلغ حالياً 35% لمشاريع الطاقة المتجددة، عاملاً مهماً في تعزيز التأثيرات الاقتصادية الإيجابية ويجب الحفاظ عليها بشكل رئيسي، ولكن يجب موازنتها بعناية حتى لا تعيق تطوير المشاريع (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). لذلك، من الضروري إجراء تقييم مستمر ودقيق في هذا المجال.

وعلى المستوى المجتمعي، يجب توسيع نطاق المعرفة حول الطاقة المتجددة. ينبغي تعزيز التواصل في وسائل الإعلام حول أنظمة التمويل التي يمكن الوصول إليها وكذلك الحملات الإعلامية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). ويمكن أن تكون إحدى الخطوات إنشاء مراكز معلومات الطاقة التي تقدم مشورة فنية ومالية ملموسة بالإضافة إلى معلومات عامة عن إستراتيجيات التحول بطريقة شفافة ومناسبة. وهذا يمكن أن يساعد في زيادة القبول الاجتماعي.

4-2 نظرة مستقبلية على المراحل التالية من عملية الإنتقال

تُظهر حالة الأردن أن السياق السياسي والحاجة إلى أمن الطاقة هما محركان مهمان في إستيعاب الطاقة المتجددة. وقد مكنت الأطر السياسية والتنظيمية القوية في الأردن من التطور القوي لقطاع الطاقة المتجددة المحلي. على سبيل المثال، من خلال إعتماد القانون رقم 13 بشأن الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، حصل قطاع الطاقة المتجددة على تفويض قانوني وسياسي واضح. وساهمت التشريعات التي تم إضافتها أو تعديلها بمرور الوقت في رفع أداء القطاع.

ومع ذلك، يفتقر الأردن إلى رؤية بعيدة المدى لما بعد عام 2030. فالتخطيط طويل الأجل ضروري، لا سيما في قطاع كثيف رأس المال مثل قطاع الطاقة المتجددة، من أجل ضمان الإستقرار وزيادة أمن التخطيط. وتتضمن هذه الخطط أهدافاً ملزمة للطاقة المتجددة لعام 2040 و 2050 بالإضافة إلى إستراتيجية إزالة الكربون لجميع القطاعات المستهلكة للطاقة بما يتماشى مع إتفاقية باريس. وتمثل المساهمات المحددة وطنياً التي تم تجديدها خطوة أولى في هذا الإتجاه.

كما أن إنشاء محطة الطاقة الجديدة من الصخر الزيتي وخطط بناء العديد من محطات الطاقة التقليدية، والتي من المحتمل أن تخلق تبعيات جديدة للمسار في نظام الطاقة، هي عقبات واضحة أمام تقدم التحول المستدام للطاقة، كما يتضح من النموذج المرحلي. وبينما يمكن إستخدام الوقود الأحفوري (خاصة الغاز) على المدى القصير خلال المرحلة الانتقالية، يجب أن يكون الهدف على المدى الطويل هو أن تصبح مصادر الطاقة المتجددة هي المصدر الأساسي للطاقة. وبالتالي، لا يزال من غير الواضح ما إذا كان الأردن سيحرز مزيداً من التقدم نحو نظام كهرباء أكثر استدامة، على الرغم من أن العديد من المؤشرات تشير إلى الإتجاه الصحيح.

وللإستمرار على هذا المسار، من الضروري زيادة التعاون بين مختلف القطاعات ومستويات الحوكمة. وستلعب وزارة الطاقة والثروة المعدنية وشركة الكهرباء الوطنية على وجه الخصوص، دوراً رئيسياً في الإنتقال إلى نظام الطاقة القائم على الطاقة المتجددة. بالإضافة إلى ذلك، يجب متابعة تحرير قطاع الطاقة ليشمل النقل والتوزيع. ويمكن أن تكون الأفكار الأولية لفصل أنشطة شركة الكهرباء الوطنية إلى كيانات مستقلة للطاقة المتجددة والطاقة الأحفورية خطوة إلى الأمام لإزالة القيود وأعناق الزجاجات وتعزيز مصادر الطاقة المتجددة.

ومن الضروري أيضاً توسيع هيكل شبكة النقل، كما هو موضح في مشروع الممر الأخضر، نظراً لأن مراكز الطلب محلية في

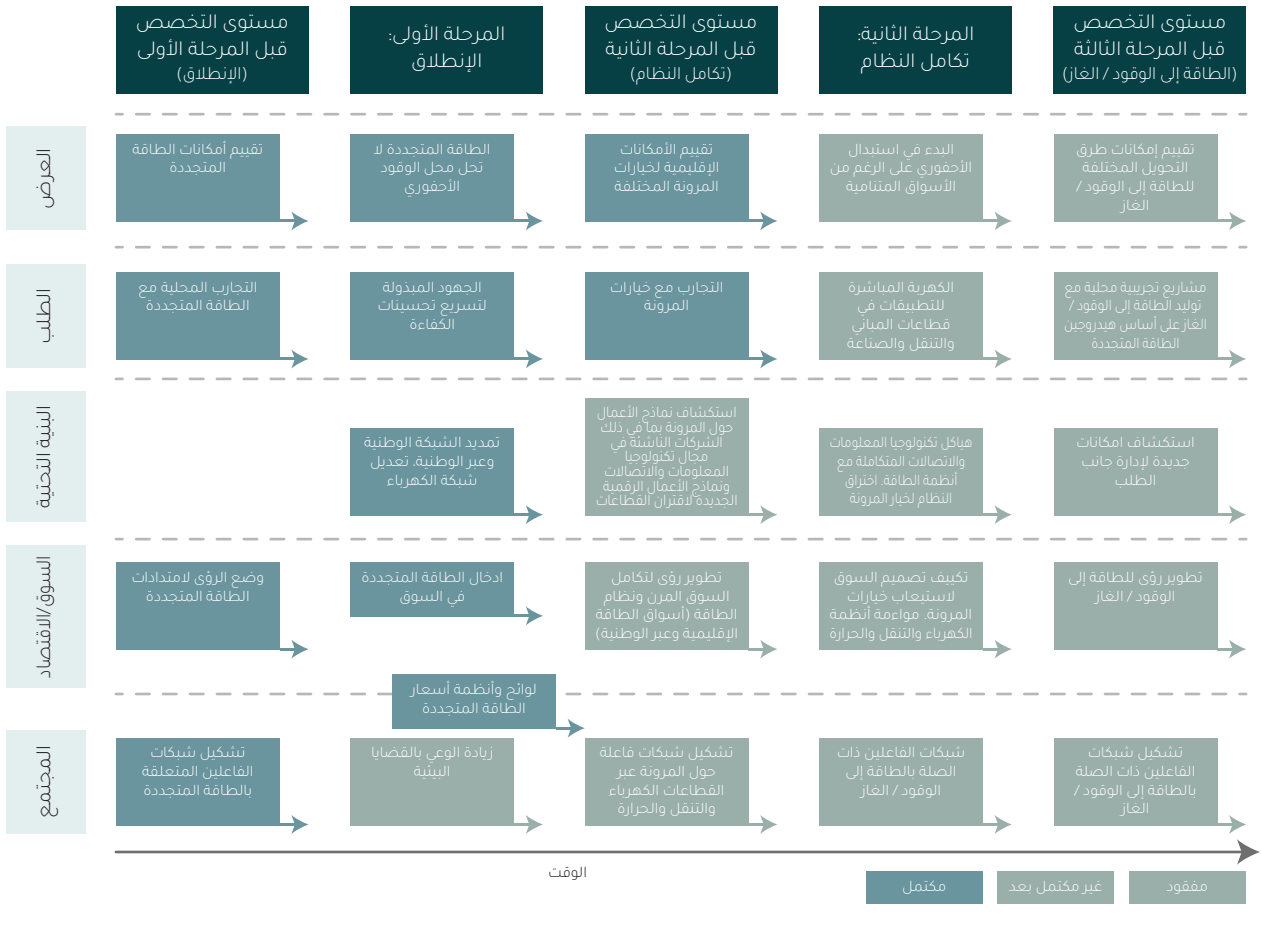
وسط الأردن، في حين أن أكبر إمكانات الطاقة المتجددة موجودة في الجنوب. وستضع هذه الخطوة الأساس للنقل الواسع النطاق للكهرباء المتجددة داخل الدولة. علاوة على ذلك، يوجد حالياً نقص في الشبكات الذكية وتقنيات إدارة الشبكة لنقل كميات كبيرة من الكهرباء المتجددة إلى مراكز الطلب. لذلك، يجب التعامل مع تخطيط قدرة البنية التحتية وتطويرها بشكل شامل لإستيعاب الحصة المتزايدة من الطاقة المتجددة.

ويمكن أن يساهم التوسع في مصادر الطاقة المتجددة في خلق فرص العمل وخلق القيمة المحلية، وهي فرصة عظيمة، خاصة بالنسبة لاقتصاد نامي مثل الأردن. ومن أجل الإستفادة الكاملة من هذه الفرصة، يجب على الأردن أن يواصل الإستثمار في التدريب ليس فقط في شكل التعليم العالي ولكن أيضاً في شكل التدريب المهني. بالإضافة إلى ذلك، سيكون نقل المعرفة مهماً بشكل خاص للتقنيات الجديدة. ويمكن القيام بذلك من خلال إشراك معاهد البحوث المحلية في مشاريع البحث الدولية أو المشاريع التجريبية في الأردن أو منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. يمكن أيضاً إجراء التبادل الدراسي لتحقيق هذه الخطوة. كما إن النظر في انتقال الطاقة ليس فقط من وجهة نظر إقتصادية ولكن أيضاً من منظور إجتماعي إقتصادي يمكن أن يساعد في معالجة قضايا أوسع مثل الطاقة والعدالة المناخية. ويمكن أن يؤدي إشراك مختلف أصحاب المصلحة والقطاع الخاص وممثلي المجتمع المدني إلى زيادة الشفافية والمشاركة.

بإختصار، سيبقى الوقود الأحفوري (خاصة الغاز بسبب إتفاقيات الشراء طويلة الأجل مع الأردن) من المكونات الرئيسية لنظام الطاقة في الأردن على المدى القصير إلى المتوسط. ومع ذلك، يجب دمج الطاقة المتجددة في التخطيط الإستراتيجي طويل الأجل في مرحلة مبكرة لإغتنام الفرص الاقتصادية وتمكين الإنتقال السلس. فإستراتيجية الطاقة الحالية لا توفر نهجاً متكاملاً لدمج نظام الطاقة بالكامل بشكل فعال ومواءمته مع الأهداف طويلة المدى. لذلك، يحتاج الأردن إلى تطوير إستراتيجية طويلة الأجل، ويُنصح بالشروع في مسار مستدام عاجلاً وليس آجلاً لتجنب الآثار التكنولوجية والإستثمارات العالقة في قطاع الوقود الأحفوري.

يلخص الشكل 12-4 الوضع الحالي للأردن في تحول نظام الطاقة ويعطي نظرة عامة على الخطوات اللاحقة.

الشكل 12 - 4
نظرة عامة على مكانة الأردن في نموذج انتقال الطاقة



5

الإستنتاجات والنظرة المستقبلية

يُعد الفهم الواضح والرؤية المنظمة من المتطلبات الأساسية لتعزيز وتوجيه الإنتقال نحو نظام طاقة قائم على مصادر الطاقة المتجددة بالكامل. وقد تم تكييف النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا مع حالة الأردن في عام 2018 من أجل توفير المعلومات لدعم إنتقال نظام الطاقة نحو الإستدامة. وتم تحديث التحليل إستجابة للتغير المطرد في القطاع في السنوات الماضية. والنموذج الذي بني على السياق الألماني وتم إستكماله برؤى حول الحوكمة الانتقالية، يلتقط الإختلافات بين الإفتراضات الأساسية العامة وخصوصية منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا والسياق الأردني الخاص.

وقد تم تطبيق النموذج، الذي يتضمن أربع مراحل («إنطلاق الطاقة المتجددة وتكامل النظام والطاقة-إلى-الوقود/الغاز ونحو 100% من مصادر الطاقة المتجددة»)، لتحديث وتحديد موقف الأردن في عام 2021 فيما يتعلق بإنتقال الطاقة نحو الطاقة المتجددة. ويُظهر التحليل أن الأردن قد اتخذ خطوات أساسية نحو الإنتقال إلى الطاقة المتجددة. ووفقاً للنموذج المرحلي، يمكن تصنيف الأردن على أنه في مرحلة انتقالية بين المرحلة الأولى «إنطلاق الطاقة المتجددة»، والمرحلة الثانية «تكامل النظام». ومع ذلك، لا يزال الوقود الأحفوري يلعب دوراً مهيمناً في قطاع الطاقة الأردني، كما أن إرتفاع واردات الطاقة يجعل الإقتصاد الأردني عرضة لتقلبات أسعار النفط والغاز العالمية. وللوصول إلى نظام للطاقة المستدامة، يجب على الأردن زيادة تكامل النظام للطاقة المتجددة وإدخال تدابير مرونة شاملة. وهذا يشمل تطوير حلول التخزين وتحسين إدارة الأحمال ورفع مستوى البنية التحتية للشبكة الحالية وتعزيز كفاءة الطاقة وكهربة قطاعات الإستخدام النهائي والتعاون القوي بين أصحاب المصلحة.

ومن شأن التوسع في مصادر الطاقة المتجددة المحلية أن يساهم بشكل كبير في تقليل واردات الوقود الأحفوري الذي تسبب في عبء مالي كبير على الأردن. وبالتالي، يمكن للطاقة المتجددة أن تساعد في تعزيز أمن الطاقة في البلد. بالإضافة إلى الإنتشار على نطاق واسع، ينبغي زيادة تعزيز التطبيق اللامركزي لدفع إنتقال الطاقة على جميع المستويات. وتهدف نتائج التحليل طوال النموذج المرحلي لإنتقال الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا إلى الطاقة المتجددة بنسبة 100% إلى تحفيز ودعم المناقشة حول نظام الطاقة المستقبلي في الأردن من خلال توفير رؤية إرشادية شاملة لإنتقال الطاقة وتطوير السياسات المناسبة.

قائمة المراجع

أبو دية، أ. (10 كانون الثاني 2021). السيارات الكهربائية في الأردن، جوردان تايمز. http://www.jordantimes.com/opinion/ayoub-abu-dayyeh/jordans-electric-vehicles

أبو حامد، ت. وبريسلر، ل. (2019) أمن الطاقة في إسرائيل والأردن: دور مصادر الطاقة المتجددة. الطاقة المتجددة، 135، 378-389. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.036

أبو رمان، ج. وخضير، أ. إ. وخضير، س. إ. (2020). الوضع الحالي وإمكانات الإستثمار المستقبلية في الطاقة المتجددة في الأردن: نظرة عامة. هيليون، 6(2)، 1-8. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03346

عزوني، أ. وآغا حسيني، أ. ورام، م. وبغدانوف، د. وكالديرا، ي. وبرير، س. (2020). تحليل أمن الطاقة لإنتقال الطاقة المتجددة بنسبة 100% في الأردن بحلول عام 2050. الإستدامة، 12(12)، 1-26. https://doi.org/10.3390/su12124921

بني يونس، أ. م. (2017). إمكانات الطاقة المتجددة في الأردن. المجلة الدولية لأبحاث الهندسة التطبيقية، 12(19)، 8323-8331.

بيلانسيري، س. (9 كانون الأول 2021). تعاون الطاقة المثير للجدل في الشرق الأوسط: الماء والشمس والإحتجاج. الجريدة اليومية: تاز. https://taz.de/!5814644

بوزنيت، م. وبابلو - روميرو، م. وسانشيز-برازا، أ. (2020). إجراءات لتعزيز الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء في الجزائر. الإستدامة، 12(4)، 1468. https://doi.org/10.3390/su12041468

توقعات BP للطاقة: إصدار 2019. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf

المراجعة الاحصائية للطاقة العالمية BP 2020 الإصدار 69.

بسيسو، ك. وبهلوان، م. أ. (2019). الجوانب الإجتماعية الإقتصادية لإستخدام المركبات الكهربائية في الأردن. مجلة نقابة المهندسين الأردنيين، 74-84.

دينا. (2014). معلومات السوق الأردن: الخلايا الكهروضوئية. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/3205_Market_Info_Jordan_Photovoltaic.pdf

إداما. (2020). قيمة تخزين الطاقة في الأردن: الفرص والتحديات. https://edama.jo/wp-content/uploads/2020/07/-The-Value-Of-Energy-Storage-In-Jordan-Opportunities-Challenges.pdf

إنرجي داتا. (2017 أ). مجموعات البيانات. https://energydata.info/dataset

إنرجي داتا. (2017 ب). العراق: شبكة نقل الكهرباء. https://energydata.info/dataset/iraq-electricity-transmission-network-2017/7b40293067b0-47db-b301-0d79-resource/4a302ef4

منظمة الأغذية والزراعة. (2020). 2.4.6 الإجهاد المائي: أهداف التنمية المستدامة. http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/642/en

فرح، س. (11 تموز 2021). خدام: جف سد الموجب بسبب الإفراط في الضخ. عمان نت. http://ammannet.net/english/khaddam-mujib-dam-has-dried-due-over-pumping

مؤسسة فريدريش إيبرت (2011). مزيج الطاقة المستدامة وإطار السياسة العامة للأردن. http://library.fes.de/pdf-files/bueros/amman/08883.pdf

مؤسسة فريدريش إيبرت (2015). تحولات الطاقة المتجددة في الأردن ومنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. https://library.fes.de/pdf-files/bueros/amman/12045.pdf

مؤسسة فريدريش إيبرت (2019). توصيات بشأن التنقل الكهربائي في الأردن: بناءً على رحلة وفد إلى ألمانيا. http://library.fes.de/pdf-files/bueros/amman/15635.pdf

فيتشنر. (2021). مشروع تجريبي لمنشأة تخزين بطاريات 60/30 ميغاواط / ساعة، الأردن. https://www.fichtner.de/en/projects/detailpage/pilot-project-for-a-3060-mwh-battery-storage-facility-jordan

فيشيدك، م. وهولتز، ج. وفينك، ت. وأمرون، س. و وينغر، ف. (2020). النموذج المرحلي للتحول المنخفض الكربون لأنظمة الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. انتقالات الطاقة، 4، 127-139. https://doi.org/10.1007/s41825-020-00027-w

فيشيدك، م. وصمادي س. وهوفمان، س. وهيننج، هـ.-م. وبريجر، ت. ولبريتش، ي. وشميت، م. (2014). مراحل تحول نظام الطاقة (FVEE - موضوعات). https://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2014/th2014_03_01.pdf FVEE.

فرانشيسكيني، ب. (2019). زيادة الاستثمار في الطاقة المتجددة في الأردن. RES4MED. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwibzfjwu6vyAhXcg_0HHfEEAUQQFnoECAMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.res4med.org%2Fwp-2FScaling-Up-Renewable-Energy-%2F03%content%2Fuploads%2F2019Development-in-Jordan.pdf&usg=AOvVaw1qRgJ_dyMj89cUkuOcCqzY

فيول سيلز وورك. (14 نيسان 2021). تركز الحكومة الأردنية على فرصة الهيدروجين الأخضر. https://fuelcellsworks.com/news/jordans-government-is-putting-its-focus-on-the-green-hydrogen-opportunity/

جيل، ف. و. (2012). تحليل إجتماعي تقني للتحولات منخفضة الكربون: إدخال منظور متعدد المستويات في دراسات النقل. مجلة جغرافيا النقل، 24، 471-482. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.021

جيل، ف. و. وشوت، ج. (2007). تصنيف مسارات التحول الاجتماعي والتقني. سياسة البحث، 36(3)، 399-417. https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003

هندرسون، س. (2015). خيارات إمدادات الطاقة في الأردن: إحتمالية إستيراد الغاز من إسرائيل. صندوق مارشال الألماني للولايات المتحدة.

هينينج، هـ. - م. وبالزر، أ. وبيب، س. وبورجريف، ف. جاشمان، هـ. و فيشدك، م. (2015). مراحل تحول نظام الطاقة. الإصدارات اليومية لإقتصاديات الطاقة ، 65(2/1)، 10-13.

هولتز، ج. وفينك، ت. (26 آب 2015). تحليل التحول في نظام الكهرباء في الأردن: دعم مسارات التحول مع الآليات [عرض تقديمي ورقي]. المؤتمر الدولي لتحولات الإستدامة، برايتون، المملكة المتحدة. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6026/file/6026_Holtz.pdf

هولتز، ج. وفينك، ت. وأمرون، س. وفيشدك، م. (2018). تطوير نموذج مرحلي لتصنيف ودعم التحول المستدام لأنظمة الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. معهد فوبرتال للمناخ والبيئة والطاقة.

الطاقة الكهرومائية والسدود، (16 حزيران 2020). دراسات تبحث في مشروع التخزين بالضخ في الأردن. https://www.hydropower-dams.com/news/studies-sought-for-pumped-storage-project-in-jordan/

وكالة الطاقة الدولية. (2019). الأردن 20.000 برنامج سخانات المياه بالطاقة الشمسية المدعومة: السياسات. https://www.iea.org/policies/6572-20-000-subsidised-solar-water-heaters-programme-jordan

وكالة الطاقة الدولية. (2020 أ). البيانات والإحصاءات. https://www.iea.org/countries

وكالة الطاقة الدولية. (2020 ب). البيانات والإحصاءات. https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy

الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. (2020 أ). البيانات والإحصاءات. / إحصائيات / عرض البيانات حسب الموضوع / التمويل والإستثمار / الطاقة المتجددة - تدفقات التمويل

الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. (2020 ب). إحصاءات قدرة الطاقة المتجددة 2020.

الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. (2021). المملكة الأردنية الهاشمية: تقييم جاهزية مصادر الطاقة المتجددة. https://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Feb/IRENA_RRA_Jordan_2021.pdf

الوكالة الدولية للطاقة المتجددة والإسكوا. (2018). تقييم إمكانات تصنيع الطاقة المتجددة في المنطقة العربية: الأردن ، لبنان ، الإمارات العربية المتحدة. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA-ESCWA_Manufacturing_potential_2018.pdf

جوردان تايمز. (19 كانون الثاني 2017). شركة الكهرباء الوطنية توقع إتفاقيات مرحلتين من مشروع الممر الأخضر. http://www.jordantimes.com/news/local/nepco-signs-deals-two-phases-green-corridor-project

جوردان تايمز. (15 آب 2021أ). ستدخل تعريفة الكهرباء المخفضة حيز التنفيذ في الثلث الأول من عام 2022 - وزارة الطاقة والثروة المعدنية.. https://www.jordantimes.com/news/local/reduced-electricity-tariff-will-

جوردان تايمز. (6 كانون الأول 2021ب). وزارة الطاقة تطلق استراتيجية لإنتاج الهيدروجين الأخضر. http://www.jordantimes.com/news/local/energy-ministry-launches-strategy-produce-green-hydrogen

جوردان تايمز. (14 كانون الأول 2021ج). وزارة المياه تستكمل وثائق مشروع ناقل المياه الوطني. https://www.jordantimes.com/news/local/water-ministry-completes-

كيوان، س. والغرايبة، إ. (2020). الأردن نحو نظام كهرباء متجددة بنسبة 100% ، الطاقة المتجددة، 147، 423-436. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.004

كومينتيندوفا، ن. ومراشدة، ل. والسلايمة، أ. (2021). القبول الإجتماعي لمصادر الطاقة المتجددة مقابل الصخر الزيتي في الأردن. مؤسسة فريدريش إيبرت. http://library.fes.de/pdf-files/bueros/amman/17783-20210503.pdf

كلية لندن للإقتصاد والعلوم السياسية. (2020). قوانين تغير المناخ في العالم. https://climate-laws.org/

وزارة البيئة. (2020). قطاع الطاقة: خطة العمل الوطنية للنمو الأخضر 2021-2025. http://www.moenv.gov.jo/ebv4.0/root_storage/ar/eb_list_page/20022_jor

وزارة البيئة. (2021). تقديم محدث لأول مساهمة محددة وطنيا للأردن. https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Jordan%20First/UPDATED%20SUBMISSION%20OF%20JORDANS.pdf

شركة الكهرباء الوطنية. (2020). التقرير السنوي لشركة الكهرباء الوطنية 2020. https://www.nepco.com.jo/store/DOCS/web/2020_EN.pdf

شركة الكهرباء الوطنية. (2021). تعرفة الكهرباء في الأردن. https://www.nepco.com.jo/en/electricity_tariff_en.aspx

رابينوفتش، أ. وبارينغتون، ل. والخالدي، س. (22 تشرين الثاني 2021). شراكة بين إسرائيل والأردن في اتفاقية المياه مقابل الطاقة. رويترز. https://www.reuters.com/business/energy/israel-jordan-partner-water-for-energy-deal-israeli-ministry-says-2021-11-22/

المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. (2013). ملخص: خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة في الأردن. https://www.rcreee.org/sites/default/files/plans_jordanian_neeap_summer

قائمة الإختصارات

BOO	البناء والتملك والتشغيل
BOT	البناء والتشغيل والتحويل
CCS	احتجاز الكربون وتخزينه
CCU	الكربون وإستخدامه
CEGCO	شركة توليد الكهرباء المركزية
COVID-19	جائحة كورونا 2019
CSP	الطاقة الشمسية المركزة
dena	وكالة الطاقة الألمانية
EDCO	شركة توزيع الكهرباء
EMRC	هيئة تنظيم الطاقة والمعادن
EPC	الهندسة والشراء والبناء
ESCO	شركة خدمات الطاقة
ESCWA	لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والإجتماعية لغرب آسيا
ETC	مركز تدريب المهندسين
EU	الإتحاد الأوروبي
EV	سيارة كهربائية
FAO	منظمة الأغذية والزراعة
FES	مؤسسة فريدريش إيبرت
FiT	تعريفة التغذية الكهربائية
GCC	مجلس التعاون الخليجي
GDP	الناتج المحلي الإجمالي
GG-NAP	خطة العمل الوطنية للنمو الأخضر لقطاع الطاقة 2021-2025
GHG	غازات الاحتباس الحراري
ICT	تكنولوجيا المعلومات والإتصالات
IDECO	شركة كهرباء محافظة اربد
IEA	الوكالة الدولية للطاقة
INDC	المقررة المساهمة المحددة وطنيا
IRENA	الوكالة الدولية للطاقة المتجددة
JD	دينار أردني
JEPCO	شركة الكهرباء الأردنية
JREEEF	الصندوق الأردني للطاقة المتجددة وترشيد الطاقة
LNG	الغاز الطبيعي المسال
LSE	كلية لندن للإقتصاد والعلوم السياسية
MEMR	وزارة الطاقة والثروة المعدنية
MENA	الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
MLP	المنظور متعدد المستويات
MoU	مذكرة تفاهم
NDC	مساهمة محددة وطنيًا
NEEAP	خطة العمل الوطنية لترشيد الطاقة
NEPCO	شركة الكهرباء الوطنية
NERC	المركز الوطني لأبحاث الطاقة
NGO	المنظمات غير الحكومية
PPA	إتفاقية شراء الطاقة
PtF	الطاقة-إلى-الوقود
PtG	الطاقة-إلى-الغاز
PtX	الطاقة-إلى-
PV	كهروضوئية
R&D	البحث والتطوير
RCREEE	المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة
RE	الطاقة المتجددة
SEPCO	شركة السمرا للطاقة الكهربائية
SHAMCI	المشروع العربي لشهادات الأنظمة الشمسية الحرارية
SWH	سخانات المياه بالطاقة الشمسية
UNFCCC	إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ
USD	دولار أمريكي

ساندرس، س. وحسين، هـ. والشياب، ن. (2020). إستدامة قطاع الطاقة في الأردن: التحديات والفرص. الإستدامة، 12(24)، 1-25. https://doi.org/10.3390/su122410465

شاهين، و. (2015). تحولات الطاقة المتجددة في الأردن: القبول الإجتماعي للطاقات المتجددة: الحالة الأردنية. في تحولات الطاقة المتجددة في الأردن ومنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا (ص 41-46). مؤسسة فريدريش إيبرت. https://library.fes.de/pdf-files/bueros/amman/12045.pdf

شلالفة، ل. والشلالفة، أ. والكرادشة، ك. والحمارنة، م. والبشايرة، أ. (2021). السيارات الكهربائية في الأردن: التحديات والقيود. الإستدامة، 13(6)، 1-16. https://doi.org/10.3390/su13063199

ستاتيستا (14 كانون الأول 2020). صادرات أوبك العالمية من النفط الخام حسب الدولة 2019. https://www.statista.com/statistics/264199/global-oil-exports-of-opec-countries

تايمز أوف إسرائيل. (26 أيلول 2016). كونسورتيوم إسرائيلي يوقع صفقة غاز «تاريخية» لمدة 15 عاماً بقيمة 10 مليارات دولار مع الأردن. https://www.timesofisrael.com/israel-consortium-signs-15-year-10b-gas-deal-with-jordan/

إتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي. (2015). مساهمات المملكة الأردنية الهاشمية المحددة وطنياً المقررة. https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Jordan%20First/Jordan%20INDCs%20Final.pdf

فيبر، ك. م. وروهراشر، هـ. (2012). إضفاء الشرعية على **سياسات البحث والتكنولوجيا والابتكار من أجل التغيير التحويلي:** الجمع بين الرؤى من أنظمة الابتكار والمنظور متعدد المستويات في إطار «الإخفاقات» الشامل. سياسة البحث، 41(6)، 1037-1047. https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.015

البنك الدولي. (2013). الشرق الأوسط وشمال إفريقيا: تكامل شبكات الكهرباء في العالم العربي: هيكل السوق الإقليمي وتصميمه (رقم التقرير: ACS7124). http://documents.worldbank.org/curated/en/415281468059650302/pdf/ACS71240ESW0WH0I0and0II000Final0PDF.pdf

البنك الدولي. (2019). خسائر نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية (% من الناتج). https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS

البنك الدولي. (2020أ). البيانات. https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KD.GD?locations=IQ

البنك الدولي. (2020ب). البيانات المفتوحة للبنك الدولي. https://data.worldbank.org/indicator/sp.pop.grow?view=map

زوايدة، س. (2-3 كانون الأول 2018). الدوافع الناجحة للتغيير: الإطار التنظيمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في الأردن. [عرض تقديمي]. الطاقة المتجددة: ورشة عمل المحرك الرئيسي لنقل الطاقة النظيفة للطاقة الشمسية، مدينة الكويت، الكويت. http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.18239.97449

قائمة الوحدات والرموز

%	نسبة مئوية
AC	التيار المتردد
CO_2	ثاني أكسيد الكربون
DC	التيار المباشر
GW	جيجاواط
GWh	جيجاواط / ساعة
kgoe	كيلوغرام من معادل النفط
ktoe	كيلو طن كم معادل النفط

kV	كيلو فولت
kW	كيلوواط
kWh	كيلوواط / ساعة
m^3	متر مكعب
m/s	متر في الثانية
Mt	ميجاطن
Mtoe	مليون طن من معادل النفط
MVA	ميجافولت أمبير
MWh	ميجاواط / ساعة

قائمة الجداول

الجدول 1 - 3 التطورات خلال مراحل الإنتقال 13
الجدول 1 - 4 مشاريع الطاقة المتجددة العاملة واسعة النطاق في الأردن 24
الجدول 2 - 4 الأنظمة الكهروضوئية المتصلة بشبكة التوزيع ضمن مخطط صافي القياس والنقل بالعبور 25
الجدول 3 - 4 الإتجاهات والأهداف الحالية لإنتقال الطاقة 35

قائمة الأشكال

الشكل 1 - 2 المنظور متعدد المستويات 8
الشكل 2 - 2 النموذج المرحلي لانتقال الطاقة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا 9
الشكل 1 - 4 إجمالي استهلاك الطاقة النهائي (كيلوطن)، الأردن 2019-1990 19
الشكل 2 - 4 مجموع تزويد الطاقة (كيلوطن)، الأردن 2019-1990 20
الشكل 3 - 4 إستهلاك الكهرباء (تيراواط)، الأردن 2019-1990 21
الشكل 4 - 4 توليد الكهرباء حسب المصدر (تيراواط)، الأردن 2019-1990 22
الشكل 5 - 4 مزيج توليد الكهرباء (جيغاواط ساعة)، الأردن 2020 23
الشكل 6 - 4 تطوير توليد الكهرباء المتجددة حسب المصدر (بالجيجاواط ساعة) وإدخال تدابير سياسة الطاقة، الأردن 2020-1990 26
الشكل 7 - 4 واردات الطاقة الصافية (مليون طن من معادل النفط)، الأردن --2019-1990 28
الشكل 8 - 4 شبكة نقل الكهرباء الأردنية 29
الشكل 9 - 4 هيكل سوق الكهرباء مع الهيئات والشركات ذات الصلة 30
الشكل 10 - 4 إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع (بالطن المتري ثاني أكسيد الكربون)، الأردن 2019-2005 32
الشكل 11 - 4 إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون من توليد الكهرباء والحرارة حسب مصدر الطاقة (بالطن المتري ثاني أكسيد الكربون)، الأردن 32
الشكل 12 - 4 نظرة عامة على مكانة الأردن في نموذج انتقال الطاقة 39

عن المؤلفين

سيبيل راكيل إرسوي (حاصلة على درجة الماجستير) تعمل كباحثة مبتدئة في وحدة بحث «انتقالات الطاقة الدولية» في معهد فوبرتال منذ عام 2019. وتتمثل اهتماماتها البحثية الرئيسية في مسارات الانتقال نحو أنظمة الطاقة المستدامة في الجنوب العالمي ونمذجة الصلة بين الطاقة والمياه، مع التركيز البحثي الإقليمي المحدد على الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

الدكتورة جوليا تيرابون-فاف باحثة أولى في معهد فوبرتال، ومجال بحثها الأساسي هو الانتقال إلى نظام الطاقة المستدامة في البلدان النامية والناشئة، مع التركيز بشكل خاص على الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

الخبراء الذين تمت استشارتهم في الأردن
الدكتور إياد مصلح

حول هذه الدراسة

أجريت هذه الدراسة كجزء من مشروع إقليمي يطبق النموذج المرحلي لانتقال الطاقة لمعهد فوبرتال الألماني في بلدان مختلفة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. يُسهم المشروع، الذي ينسقه مشروع الطاقة والمناخ الإقليمي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا التابع لمؤسسة فريدريش إيبرت، ومقره الأردن، في فهم أفضل لامكانية انتقال الطاقة في البلدان المعنية. كما يقدم أيضاً معلومات أساسية عن المنطقة بأكملها بناءً على الإستنتاجات عبر البلدان التي تم تحليلها. ويتماشى هذا مع إستراتيجيات مؤسسة فريدريش إيبرت التي تجمع بين ممثلي الحكومات ومنظمات المجتمع المدني جنباً إلى جنب مع البحوث الداعمة، مع تقديم توصيات السياسة لتعزيز وتحقيق انتقال عادل اجتماعياً للطاقة والعدالة المناخية للجميع.

الآراء الواردة في هذه الدراسة لا تمثل بالضرورة وجهات نظر مؤسسة فريدريش إيبرت أو المنظمات التي يعمل المؤلفون فيها.

دمغة الناشر

مؤسسة فريدريش إيبرت | مكتب عمان
ص. ب 941876 | عمان 11194 - الأردن
https://jordan.fes.de/

لطلب المطبوعات:
amman@fes.de

جميع الحقوق محفوظة. لايمكن إعادة طبع، نسخ أو استعمال أي جزء من هذه المطبوعة دون اذن مكتوب من الناشر

جرافيك واخراج فني:
كمال قاسم

التحول المستدام لنظام الطاقة في الأردن

تطوير النموذج المرحلي

يُعد الفهم الواضح للترابطات الاجتماعية - التقنية والرؤية المنظمة من المتطلبات الأساسية لتعزيز وتوجيه الإنتقال إلى نظام طاقة قائم على مصادر الطاقة المتجددة بالكامل. ولتسهيل هذا الفهم، تم تطوير نموذج مرحلي لانتقال الطاقة المتجددة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا وتطبيقه على حالة دولة الأردن. وهو مصمم لدعم تطوير الإستراتيجية وليكون بمثابة دليل لصانعي القرار.

يظهر التحليل أن الأردن قد إتخذ خطوات أساسية نحو إنتقال الطاقة المتجددة. ووفقاً للنموذج المرحلي لإنتقال الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، يمكن تصنيف الأردن على أنه في مرحلة انتقالية بين المرحلة الأولى، «إنطلاق مصادر الطاقة المتجددة»، والمرحلة الثانية، «تكامل النظام». ومع ذلك، لا يزال الوقود الأحفوري يلعب دوراً مهيمناً في قطاع الطاقة الأردني، وتؤثر تقلبات أسعار السوق العالمية للوقود الأحفوري على الإقتصاد.

من الممكن أن يساهم التوسع في الطاقة المتجددة المنتجة محلياً بشكل كبير في تقليل واردات الأردن المرتفعة من الوقود الأحفوري. ويؤدي هذا في نفس الوقت إلى زيادة أمن الطاقة وتقليل العجز التجاري.

للتحرك نحو نظام الطاقة المستدامة، يحتاج الأردن إلى تبني تدابير مرونة شاملة. وتشمل هذه التدابير تطوير خيارات التخزين وتحسين إدارة الأحمال وتحديث البنية التحتية للشبكة الحالية وتعزيز كفاءة الطاقة وإستكشاف كهربة قطاعات الإستخدام النهائي، وخلق تعاون قوي بين أصحاب المصلحة.

لمزيد من المعلومات حول هذا الموضوع:

https://mena.fes.de/topics/climate-and-energy

FRIEDRICH EBERT STIFTUNG