دراسة

تغير المناخ والطاقة والبيئة

التحول المستدام لنظام الطاقة في مصر

وضع نموذج مرحلي

سيبل راكيل إرسوي، جوليا تيرابون-فاف

مايو ٢٠٢١

تقدم الدراسة رؤية توجيهية لدعم تطوير الاستراتيجية وإدارة عملية التحول في مجال الطاقة عند تطبيق النموذج المرحلي الخاص بالتحول في مجال الطاقة القائم على الطاقة المتجددة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا على مصر.

نجحت مصر في اتخاذ الخطوات الأولى في عملية التحول، لكن لا يزال الأمر بحاجة إلى بذل المزيد من الجهود الضخمة حتى تدرك الدولة الإمكانات الكاملة التي توفرها الطاقة المتجددة.

توفر عمليات تطوير الطاقة المتجددة فرصًا اقتصادية طويلة الأجل لمصر، بصفتها ثاني أكبر دولة صناعية في أفريقيا، ولا سيما بالنظر إلى الشركاء التجاريين الرئيسيين حول العالم الذين يهدفون إلى تحييد أثر الكربون بحلول عام ٢٠٥٠.

FRIEDRICH EBERT STIFTUNG

تغير المناخ والطاقة والبيئة

التحول المستدام لنظام الطاقة في مصر

وضع نموذج مرحلي

Wuppertal Institut

التحول المستدام لنظام الطاقة في مصر

وضع نموذج مرحلي

يُعد الفهم الواضح والرؤية المنظّمة من المتطلبات الأساسية لتعزيز وتوجيه التحوّل إلى منظومة طاقة قائمة على مصادر الطاقة المتجددة بالكامل. ولتسهيل هذا الفهم، تم وضع نموذج مرحلي للتحول إلى الطاقة المتجددة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وتطبيقه على الحالة القطرية لمصر. ولقد صُمم هذا النموذج لدعم وضع استراتيجيات عملية التحول في مجال الطاقة وإدارتها وليكون مرجعًا استرشاديًا لصناع القرار.

تتميز مصر، بإمكاناتها الوفيرة في مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وكذا بالظروف الأساسية الجيدة والتي تؤهلها لتبدأ طريقها نحو تنفيذ نظام طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪. ولقد اتخذت الدولة أولى خطواتها بنجاح في هذا الاتجاه بجذبها التمويل الدولي وتنفيذها للعديد من مشروعات الطاقة الشمسية والرياح على نطاق واسع. وبالرغم من إحراز مصر تقدمًا ملموسًا، فإنها لا تزال بحاجة إلى بذل المزيد من الجهود إذا كانت تهدف إلى المضي قدمًا نحو تحقيق نظام طاقة قائم على مصادر متجددة بالكامل. ويتطلب التكامل الأكثر تماسكًا بين نظم مصادر الطاقة المتجددة التنسيق بين اللوائح التنظيمية لقطاعات الطاقة الكهربائية والتنقل والحرارة على سبيل المثال. وفي هذا الصدد، يوصى بشدة أن تضطلع مصر بوضع وتطبيق استراتيجية شاملة للتحول في مجال الطاقة لا تقتصر على توليد الطاقة الكهربائية فقط، بل تمتد لتشمل كل القطاعات كذلك.

إذا ما انصب تركيز مصر بصورة أقوى على الطاقة المتجددة، ونزع الكربون من القطاع الصناعي، فسيكون بإمكانها اغتنام الفرصة لتحقيق التطور الصناعي داخل اقتصاد عالمي خال من الكربون، وذلك لأنها ثاني أكبر دولة صناعية على مستوى أفريقيا. والهدف من نتائج التحليل طوال عملية تطبيق النموذج المرحلي للتحول نحو تحقيق طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪ هو تشجيع مناقشة نظام الطاقة المستقبلي في مصر ودعمه من خلال تقديم رؤية توجيهية شاملة للتحول في مجال الطاقة وتطوير السياسات الملائمة.

لمعرفة المزيد من المعلومات عن هذا الموضوع، يرجى زيارة الموقع التالي:

https://egypt.fes.de

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

FRIEDRICH EBERT STIFTUNG

المحتويات

١	**مقدمة**	٢
٢	**النموذج المفاهيمي**	٤
٢-١	النماذج المرحلية الأصلية	٤
٢-٢	المنظور متعدد المستويات ومراحل التحول الثلاث	٥
٢-٣	الإضافات في النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	٦
٣	**النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا**	٨
٣-١	السمات الخاصة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	٨
٣-٢	تعديل افتراضات النموذج وفقًا لسمات دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	٩
٣-٣	مراحل التحول في مجال الطاقة بدول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	٩
٣-٤	تحويل النموذج المرحلي إلى الحالة القطرية لمصر	١٠
٣-٥	تجميع البيانات	١١
٤	**تطبيق النموذج على مصر**	١٥
٤-١	تصنيف عملية تحويل نظام الطاقة في مصر وفقًا للنموذج المرحلي	١٥
٤-٢	توقعات المراحل القادمة من عملية التحوّل	٣١
٥	**الاستنتاجات والتوقعات**	٣٣
	المراجع	٣٤
	قائمة الاختصارات	٣٦
	قائمة الرموز ووحدات القياس	٣٦
	قائمة الجداول	٣٦
	قائمة الأشكال	٣٦

١

مقدمة

تواجه منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (MENA) مجموعة كبيرة من التحديات، بما فيها النمو السريع للسكان وتباطؤ النمو الاقتصادي وارتفاع معدلات البطالة والضغوط البيئية الكبيرة. ولقد تفاقمت هذه التحديات بسبب بعض القضايا العالمية والإقليمية، مثل تغير المناخ. فلا شك أن المنطقة، المعرضة للخطر الشديد بالفعل نظرًا لأحوالها الجغرافية والبيئية، ستصبح أكثر تأثرًا بالعواقب السلبية لتغير المناخ في المستقبل. ونذكر على الأخص، زيادة الجفاف وارتفاع درجات الحرارة في واحدة من المناطق التي تعاني بالفعل من شدة شح المياه على مستوى العالم. ونظرًا لتمركز قطاعات كبيرة من السكان في المناطق الحضرية بالمدن الساحلية، فمن المتوقع أن يكون السكان أكثر عرضة لمخاطر نقص المياه والعواصف والفيضانات وارتفاع درجات الحرارة. وعند التطرق إلى القطاع الزراعي، فمن المرتقب أن تؤدي تأثيرات تغير المناخ إلى انخفاض مستويات الإنتاج مع زيادة الطلب على الطعام بسبب النمو السكاني وتغير أنماط الاستهلاك. علاوة على ذلك، تتزايد احتمالية إلحاق الضرر بالبنية التحتية المهمة، كما تشكل نفقات الإصلاحات وعمليات الإنشاء الجديدة مزيدًا من الضغوط على الموارد المالية النادرة بالفعل. ويجب عدم غض الطرف عن التحديات متعددة المستويات الناجمة عن التأثير المتبادل بين النواحي الاقتصادية والاجتماعية والمناخية، لأنها تشكّل خطرًا كبيرًا على الازدهار والتنمية الاقتصادية والاجتماعية، ويؤثر في نهاية الأمر على استقرار المنطقة.

تشكل المشاكل المتعلقة بالطاقة جزءًا لا يتجزأ من العديد من هذه التحديات. فالمنطقة معروفة باعتمادها الكبير على النفط والغاز الطبيعي لتلبية احتياجاتها من الطاقة. وبالرغم من أن المنطقة ككل تعتبر من منتجي الطاقة الرئيسيين، فإن العديد من دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تكافح لتلبية الطلب المحلي على الطاقة. ويعد التحول إلى أنظمة طاقة تعتمد على الطاقة المتجددة من الأساليب الواعدة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة. كما سيساعد التحول إلى الحد من انبعاثات غاز الاحتباس الحراري (GHG) تمشيًا مع اتفاقية باريس المبرمة. هذا ومن المحتمل أن يسهم استخدام الطاقة المتجددة في زيادة النمو الاقتصادي والعمالة المحلية وخفض القيود المالية.

في ضوء الطلب المتزايد بسرعة على الطاقة بسبب الزيادة السكانية، وسلوك المستهلكين المتغير، والتوسع الحضري المتنامي، وعوامل أخرى – بما فيها التصنيع، وتحلية المياه، وزيادة استخدام الطاقة الكهربائية في التبريد – فإن الطاقة المتجددة تلقى مزيدًا من الاهتمام يومًا بعد يوم في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وسعيًا إلى ضمان أمن طاقة طويل الأجل وتحقيق الأهداف المتعلقة بتغير المناخ، لجأت العديد من دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى وضع خطط طموحة لزيادة إنتاجها من الطاقة المتجددة. ومن شأن الإمكانات الهائلة لإنتاج الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وخاصةً الرياح والطاقة الشمسية، أن تخلق فرصة لإنتاج الطاقة الكهربائية المحايدة لثاني أكسيد الكربون وتعزيز الازدهار الاقتصادي. ومع ذلك، لا تزال معظم الدول في المنطقة تستخدم أنواع الوقود الأحفوري كمصدر رئيسي للطاقة، ويمثّل الاعتماد على واردات الوقود الأحفوري في بعض الدول ذات الكثافة السكانية العالية خطرًا على أمن الطاقة والإنفاق العام.

إن التحول نحو نظام الطاقة القائم على مصادر الطاقة المتجددة يتضمن تطبيق واسع النطاق لتكنولوجيا الطاقة المتجددة وتطوير بنية تحتية تمكينية وتطبيق أطر تنظيمية ملائمة وفتح أسواق وصناعات جديدة. وعليه، فمن المهم تحقيق فهم واضح لأوجه الترابط بين النواحي الاقتصادية والتقنية في نظام الطاقة والديناميكيات الرئيسية لابتكار النظم، ومن ثم تعمل الرؤية الواضحة للهدف وتوجيه عملية التحويل على تيسير التغيير الجذري المستهدف (فيبر وروراكر، ٢٠١٢). فبذلك يمكن أن يعزز فهم عمليات التحول فهمًا أفضل من دعم الحوار البنّاء عن تطورات نظام الطاقة المستقبلي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. كما يمكنه أن يساعد الأطراف المعنية على وضع استراتيجيات للتحول إلى نظام طاقة قائم على مصادر متجددة.

ولدعم هذا الفهم، تم وضع نموذج مرحلي لعمليات التحول إلى طاقة قائمة على مصادر متجددة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ويتألف هذا النموذج من إجراءات التحول بمرور الوقت عبر مجموعة من مراحل التحول. ويستند هذا النموذج إلى النموذج المرحلي الألماني بالإضافة إلى رؤى متعمقة في إدارة التحول وسمات منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ويتم تحديد المراحل وفقًا للعناصر والعمليات الأساسية التي تشكّل كل مرحلة، مع التأكيد على الاختلافات النوعية بين المراحل. وينصب التركيز على التطور التكنولوجي لكل مرحلة، وفي نفس الوقت، يتم توفير رؤى متعمقة في التطورات المترابطة الحاصلة في الأسواق والبنية التحتية والمجتمع. كما توفر الرؤى التكميلية المقتبسة من مجال أبحاث الاستدامة دعمًا إضافيًا لإدارة التغيير طويل الأجل في نظم الطاقة على مدار المراحل. ومن ثمّ، يوفر النموذج المرحلي نظرة عامة على عملية التحول المعقدة مع تيسير التطور المبكر لاستراتيجيات السياسات وأدواتها وفقًا لمتطلبات المراحل المختلفة التي تتحد معًا لتشكّل الرؤية التوجيهية الشاملة.

يتم تطبيق النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في هذه الدراسة على حالة مصر. وتخضع حالة التطور الحالية في مصر للتقييم والتحليل مقارنةً بالنموذج المرحلي. هذا وقد أجريت مقابلات شخصية مع الخبراء لاكتساب فهم أعمق فيما يتعلق بتحديد المكونات المجردة المحددة مسبقًا للنموذج. ونتيجة لذلك، يتم اقتراح المزيد من الخطوات لعملية التحول في مجال الطاقة بناءً على خطوات النموذج المرحلي.

٢

النموذج المفاهيمي

٢-١ النماذج المرحلية الأصلية[١]

أعد فيشيديك وآخرون النموذج المرحلي لعمليات التحول في مجال الطاقة سعيًا إلى تطبيق نظم طاقة منخفضة الكربون قائمة على مصادر متجددة في دول الشرق الأوسط (٢٠٢٠). ويستند ذلك إلى النماذج المرحلية لتحويل نظام الطاقة في ألمانيا التي وضعها فيشيديك وآخرون (٢٠١٤) وهينينج وآخرون (٢٠١٥). إذ طوّر الأخيرون نموذجًا مكونًا من أربع مراحل لتحويل نظام الطاقة الألماني إلى نظام طاقة خالٍ من الكربون وقائم على مصادر الطاقة المتجددة. وترتبط المراحل الأربعة للنماذج بالافتراضات الرئيسية المستنتجة من السمات الأساسية لمصادر الطاقة المتجددة، وهي موصوفة كالتالي: "إطلاق الطاقة المتجددة (RE)"، و"تكامل النظم"، و"الطاقة إلى وقود/غاز (PtF/G)"، و"نحو مصادر متجددة ١٠٠٪".

تتوقع دراسات سيناريو الطاقة أن معظم الدول، بما فيهم دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، سيلجئون مستقبلاً إلى توليد الطاقة الكهربائية بشكل أساسي من مصادر طاقة الرياح والطاقة الشمسية. ومن المرتقب أيضًا أن يكون استخدام المصادر الأخرى، مثل الكتلة الأحيائية والطاقة الكهرومائية، محدودًا بسبب حماية البيئة وعدم التوفر والمنافسة مع استخدامات أخرى (شركة بي بي، ٢٠١٨؛ الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠١٧). وعليه، فإن الافتراض الأساسي للنموذج المرحلي هو الزيادة الكبيرة في طاقة الرياح والطاقة الشمسية في مزيج الطاقة. ويشمل ذلك الاستخدام المباشر للطاقة الكهربائية في قطاعات الاستخدام النهائي التي تعتمد أساسًا على أنواع الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي في الوقت الحالي. ومن المتوقع أن يكون للتنقل الإلكتروني في قطاع النقل والمضخات الحرارية في قطاع البناء دورًا حيويًا. ومن القطاعات التي يصعب التخلص من الكربون فيها من الناحية التكنولوجية هي الطيران والبحرية ومركبات النقل الثقيل والحرارة العالية في الصناعة. إذ يمكن استخدام الهيدروجين أو أنواع الوقود الاصطناعية القائمة على الهيدروجين والغازات (PtF/G) في هذه القطاعات لتحل محل أنواع الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي. ويمكن الحصول على الهيدروجين المطلوب من الطاقة الكهربائية المتجددة عبر التحليل الكهربائي.

يجب أن يكون هناك تركيز قوي على تعديل البنية التحتية للطاقة الكهربائية لضرورة الموازنة بين إمدادات الطاقة المتجددة واستخراج الطاقة الكهربائية (وخاصة من مصادر الطاقة المتجددة المتقلبة) للحفاظ على استقرار الشبكة. وبالتالي، يلزم التنسيق بين إنتاج الطاقة والطلب أو الاستعانة بخيارات التخزين. وتعد عملية تخزين الطاقة الكهربائية من الأمور التي تشكّل تحديًا أمام معظم الدول، وتظل الإمكانات محدودة بسبب الظروف الجغرافية. وبناءً على ذلك، يجب تنفيذ مزيج من الخيارات المرنة التي توازن بين الإمداد المتغير من محطات توليد طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطلب على الطاقة الكهربائية من خلال توسيع نطاق شبكات الطاقة أو زيادة مرونة إنتاج الطاقة المولدة من بقايا الوقود الأحفوري أو تخزينه أو إدارته بما يتوافق مع الطلب. كما أن تطوير تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) يمكن أن يساهم في دعم إدارة المرونة. وباستخدام تطبيقات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز، يمكن الربط بين القطاعات بشكل أكثر قوة. ويشمل ذلك تعديل اللوائح التنظيمية والبنية التحتية واستيعاب تصميم جديد للأسواق. ونظرًا لأن الطلب على الطاقة يزداد من أربع إلى خمس أضعاف في حالة نظام الطاقة منخفض الكربون القائم على مصادر الطاقة المتجددة، يعد رفع مستوى كفاءة استخدام الطاقة من المتطلبات الأساسية لنجاح التحول في مجال الطاقة. ويقصد بمبدأ اتباع "الكفاءة في استخدام الطاقة أولاً" التعامل مع كفاءة استخدام الطاقة كعنصر أساسي في البنية التحتية المستقبلية للطاقة، وكذلك وضعها في الاعتبار جنبًا إلى جنب مع الخيارات الأخرى، مثل مصادر الطاقة المتجددة وأمن الإمدادات والترابط (المفوضية الأوروبية، المديرية العامة للطاقة، ٢٠١٩).

يوضح النموذج المرحلي أوجه ترابط النواحي الاجتماعية والتقنية لعمليات التطور الموضحة، والتي تنبني على بعضها الآخر بترتيب زمني. وللمراحل الأربعة أهمية بالغة لتنفيذ نظام طاقة قائم على مصادر متجددة بالكامل. ففي المرحلة الأولى، يتم تطوير تكنولوجيا الطاقة المتجددة وطرحها في الأسواق. ثم يتم تطبيق تخفيضات التكاليف من خلال برامج البحث والتطوير (R&D) وسياسات الطرح الأول في الأسواق. وفي المرحلة الثانية، يتم تقديم تدابير مخصصة لدمج الطاقة الكهربائية المتجددة في نظام الطاقة. وتتضمن هذه المرحلة مرونة إنتاج الطاقة المولدة من بقايا الوقود الأحفوري وتطوير عملية التخزين وتكاملها وتفعيل المرونة من جانب الطلب. وفي المرحلة الثالثة، يأتي التخزين طويل الأجل للطاقة الكهربائية المتجددة لموازنة الفترات التي يتفوق فيها العرض على الطلب كأحد العناصر الأساسية. ويساعد ذلك أيضًا على زيادة حصة الطاقة المتجددة. وتصبح تطبيقات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز جزءًا لا يتجزأ من نظام الطاقة في هذه المرحلة، كما تحظى واردات ناقلات الطاقة القائمة على المصادر المتجددة بالأهمية. بينما في المرحلة الرابعة، تحل مصادر الطاقة المتجددة محل أنواع الوقود الأحفوري بالكامل في كل القطاعات. ويجب أن يحدث ترابط سلس بين كل المراحل لتحقيق الهدف بالحصول على نظام طاقة قائم على مصادر متجددة ١٠٠٪. ولوصف التغييرات طويلة الأجل في نظم الطاقة في هذه المراحل الأربع، يُستكمل النموذج المرحلي برؤى متعمقة في مجال أبحاث التحول إلى الاستدامة. وتهتم هذه الأبحاث بديناميكيات التغير الجذري طويل الأجل في النظم المجتمعية الفرعية، مثل نظام الطاقة.

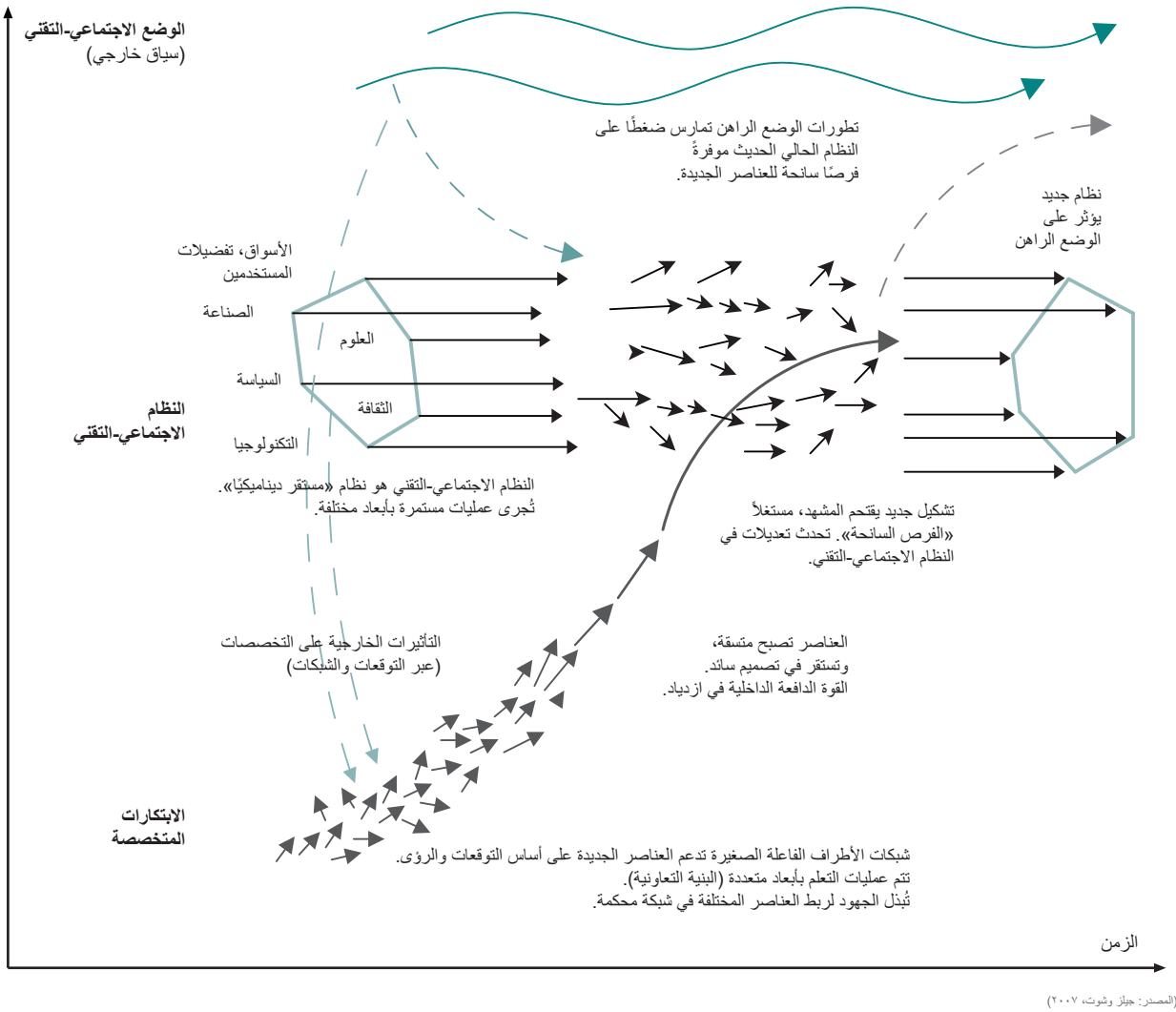
١ يستند النص إلى بحث هولتز وآخرين (٢٠١٨).

٢-٢ المنظور متعدد المستويات ومراحل التحول الثلاث

لا يمكن إدارة عمليات التحول في مجال الطاقة بالكامل ولا التوقع بنتائجها كليًا كذلك. فانخراط العديد من الأطراف الفاعلة والعمليات ساعد على إحداث مستوى عالٍ من الترابط وعدم اليقين فيما يتعلق بالتطورات التكنولوجية والاقتصادية والاجتماعية والثقافية. ونظرًا للترابط المتبادل بين العمليات والأبعاد، تطبق أبحاث عمليات التحول عادةً نُهجًا متعددة التخصصات. المنظور متعدد المستويات (MLP) هو إطار مهم يعمل على تيسير تحديد مفهوم ديناميكيات التحول وتوفير أساس لتطوير تدابير الإدارة والتحكم (الشكل ٢-١).

على مستوى «الوضع الراهن»، تؤثر بعض الاتجاهات المنتشرة، مثل التغييرات السكانية وتغير المناخ والأزمات الاقتصادية، على مستوى «النظام» و«التخصص». فمستوى «النظام» يرصد النظام الاجتماعي الفني الذي يسيطر على القطاع ذي الأهمية. ويمثل النظام في هذه الدراسة قطاع الطاقة. ويضم التكنولوجيات واللوائح التنظيمية وأنماط الاستخدام والبنية التحتية والخطابات الثقافية الحالية التي تجتمع معًا لتشكّل النظم الاجتماعية التقنية. ولتنفيذ التغييرات في نظام الطاقة على مستوى «النظام» وتجنب الاحتكار وتبعيات المسار، تكون الابتكارات على مستوى «التخصص» تدريجية لأنها توفر القاعدة الأساسية للتغيير المنهجي. وتتطور التخصصات في المساحات المحمية، مثل مختبرات البحث والتطوير، كما تكتسب القوة الدافعة عندما تحظى الرؤى والتوقعات بقبول على نطاق أوسع. وعليه، تعد هياكل الأطراف الفاعلة-الشبكات التي لديها القدرة على نشر المعرفة وتغيير القيم المجتمعية ذات أهمية بالغة بالنسبة لعملية التحول (جيلز، ٢٠١٢)، حيث يستعرض هذا البحث نهجًا اجتماعيًا-تقنيًا يتناول ما هو أبعد من الإصلاحات التقنية أو التغير السلوكي. وتنطوي التحولات المنهجية على عمليات تطور مشتركة وتفاعلات متعددة الأبعاد بين الصناعة والتكنولوجيا والأسواق والسياسة والثقافة والمجتمع المدني. المنظور متعدد المستويات (MLP). تتطلب إدارة عمليات التحول التجربة والتعلم والمراقبة المستمرة والانعكاسية والقدرة على التكيف والتنسيق بين السياسات عبر مختلف المستويات والقطاعات (هوجما وآخرون، ٢٠٠٥؛ لورباخ، ٢٠٠٧؛ فوس وآخرون، ٢٠٠٩؛ فيبر وروراكر، ٢٠١٢). ويعد تطوير التخصصات في إطار «إدارة التخصصات الاستراتيجية» شرطًا أساسيًا مسبقًا لإحداث أي تغيير جوهري. وفي أثناء مراحل التحول، يمكن تمييز ثلاث مراحل مع نُهج سياسات ذات صلة: «تشكيل التخصص»، و«الاختراق»، «النمو القائم على السوق». في مرحلة «تشكيل التخصص»، يتطور التخصص ويزداد نضجًا، وقد يقدم حلولاً يمكن أن يستوعبها النظام.

الشكل ٢-١
المنظور متعدد المستويات



(المصدر: جيلز وشوت، ٢٠٠٧)

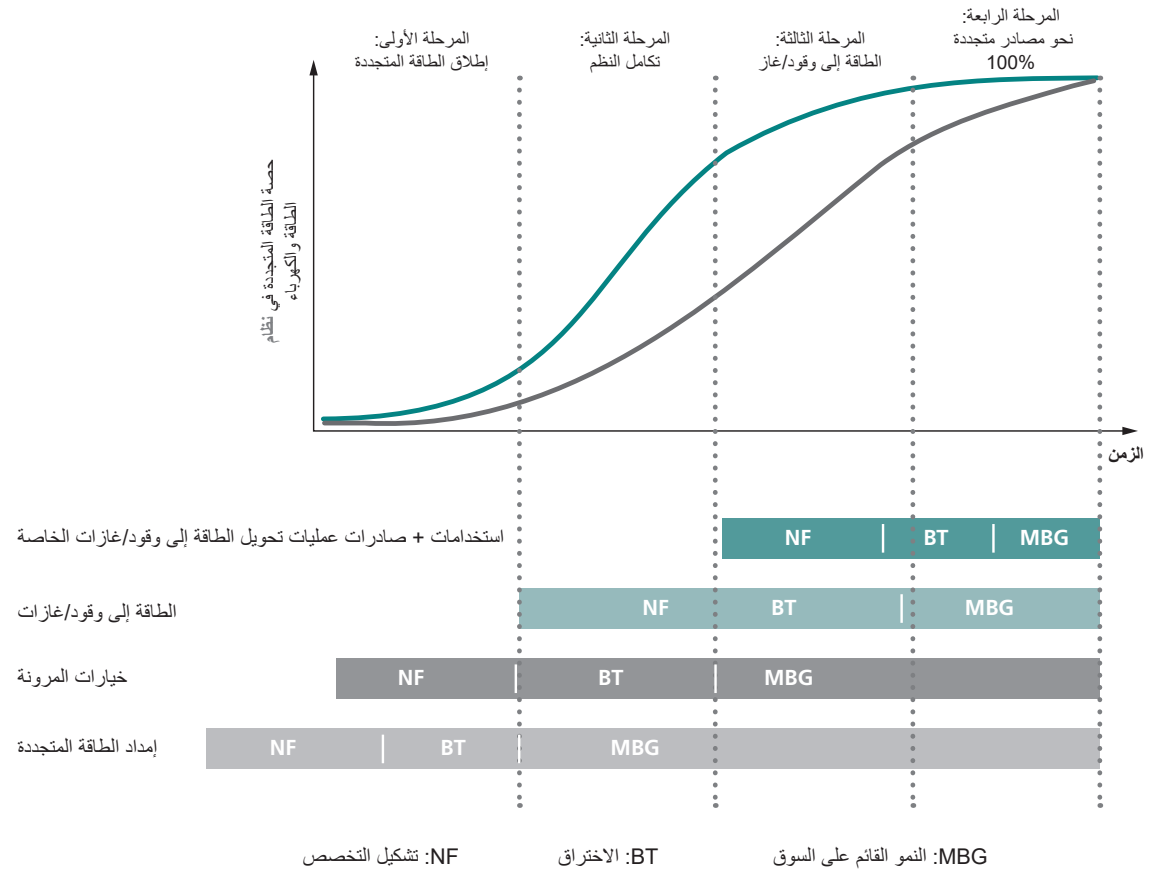
وتعد التوقعات والرؤى التي توفر التوجيه لعمليات التعلم من الأمور الضرورية في هذه المرحلة. إضافة إلى ذلك، يمكن أن تدعم مشاركة الأطراف الفاعلة وشبكات التواصل الاجتماعي إنشاء سلاسل القيم الضرورية، ويتسنى لعمليات التعلم في مختلف المستويات إحداث تقدم في مجال التكنولوجيا.

أما في مرحلة «الاقتحام»، تنتشر الابتكارات المتخصصة بواسطة الأطراف الفاعلة المشاركة وحصة السوق والتكرار في مواقع أخرى. ويكون الأداء السعري المحسّن وثيق الصلة بالأمر في هذه المرحلة، ويكون من اللازم إتاحة إمكانية الوصول إلى البنية التحتية والأسواق الضرورية. كما تخدم عمليات تعديل القواعد واللوائح التنظيمية ورفع الوعي والقبول المجتمعيين في الحد من العقبات التي تعوق الانتشار. وعندما تصبح الابتكارات المتخصصة قادرة على التنافس من حيث السعر بالكامل، مع عدم الحاجة إلى آليات سياسات داعمة خاصة، عندئذٍ يتم تحقيق خطوة «النمو القائم على السوق». وتكون تكنولوجيا الطاقة المتجددة مندمجة اندماجًا تامًا في النظام في هذه المرحلة.

٢-٣ الإضافات في النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

إذا افترضنا أن النموذج المرحلي لتحول الطاقة في ألمانيا الذي أعده فيشيديك وآخرون (٢٠١٤) وهينينج وآخرون (٢٠١٥) وثيق الصلة بدول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، تظل المراحل الأربع للتحول كما هي. وتوفر «طبقة النظام» التي تم اعتمادها من النماذج المرحلية الأصلية أهدافًا واضحة لتطوير النظام من خلال توجيه الإرشادات لصناع القرار. ونظرًا لضرورة إجراء عمليات تشكيل التخصص لتوسيع نطاق الابتكارات المتخصصة بنجاح، تمت إضافة طبقة «التخصص» للنموذج المرحلي الأصلي الذي أعده فيشيديك وآخرون (٢٠٢٠). كما تم تحديد مجموعة معينة من الابتكارات لكل مرحلة: تكنولوجيا الطاقة المتجددة (مرحلة ١)، وخيارات المرونة (مرحلة ٢)، وتكنولوجيا تحويل الطاقة إلى وقود/غاز (مرحلة ٣)، وبعض القطاعات، مثل الصناعات الثقيلة أو الطيران، التي يصعب التخلص فيها من الكربون (مرحلة ٤). وفي مرحلة الاختراق، تكون كل مجموعة ابتكارات معتمدة على عملية تشكيل التخصص للمرحلة السابقة. وعليه، تدعم تدابير الإدارة الخاصة عمليات الاختراق وتوسيع النطاق في المرحلة الحالية. وتستمر مجموعة الابتكارات في الانتشار في المراحل اللاحقة من خلال النمو القائم على السوق (فيشيديك وآخرون، ٢٠٢٠). ونتيجة لذلك، تؤدي إضافة «طبقة

الشكل ٢-٢
النموذج المرحلي للتحوّل في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا



(المصدر: جيلز وشوت، ٢٠٠٧)

التخصص» إلى التركيز بشكل أكبر على العمليات التي يجب إجراؤها لتحقيق أهداف النظام (الشكل ٢-٢).

يتم وصف تغيير نشر التكنولوجيات عبر الأسواق في «الطبقة التقنية-الاقتصادية»، في حين ترصد «طبقة الإدارة والتحكم» مراحل الإدارة والتحكم. والهدف من هذه الطبقة هو ربط عمليات التطوير في الطبقة التقنية-الاقتصادية بنُهج الإدارة والتحكم لدعم مراحل التحول. ويتم تضمين تدابير محددة مع التركيز بشدة على نظام الطاقة القائم على المصادر المتجددة في النموذج المرحلي. كما تمت إضافة بعض العوامل، مثل الإمكانات والبنية التحتية والأسواق وعدم استقرار النظام الحالي القائم على الوقود الأحفوري إلى النموذج. لكن هذه النواحي عبارة عن انعكاس للإدارة والتحكم وتحتاج إلى التقييم على نحو فردي وتطويعها حسب كل دولة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

تولي هذه الدراسة اهتمامًا خاصًا بمستوى «الوضع الراهن» ودوره في الضغط على الأنظمة وخلق فرص لتغيير النظام. تتم مناقشة الأسئلة المتعلقة بتأثير الأطر الدولية على تغير المناخ، والصراعات العالمية والإقليمية، والتأثيرات طويلة الأجل لوباء فيروس كورونا ٢٠١٩ (كوفيد-١٩) على عمليات التحول في دراسات الحالة الخاصة بكل دولة. وفضلاً عن التركيز على التحسين المستمر للكفاءة في استخدام الطاقة عبر كل المراحل، تم توسيع نطاق هذا النموذج ليشمل فعالية استخدام الموارد. وذلك بافتراض التخفيض المستمر لاستنزاف المواد من خلال تطبيق تدابير لتعزيز الكفاءة ومبادئ الاقتصاد الدائري.

٣

النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

٣-١ السمات الخاصة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

تم إعداد النموذج المرحلي الأصلي خصيصًا لدولة ألمانيا، بمعنى أنه تم تقديم افتراضات معينة في الحالة التي نحن بصددها. فنظرًا لاختلاف الوضع في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، تم تعديل الافتراضات الأساسية للنموذج المرحلي لتتوافق مع سمات دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. أوضح فيشيديك وآخرون (٢٠٢٠) الاختلافات مع شرح التعديلات التي تم إدخالها على النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، والتي تعد بمثابة نقطة انطلاق لتحويل النموذج الخاص بكل دولة في هذه الدراسة.

ومن هذه الاختلافات وضع الطاقة الحالي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، والذي يتفاوت من دولة لأخرى. إذ تعتبر بعض الدول، مثل العراق، غنية بموارد الوقود الأحفوري. بينما تعتمد دول أخرى، مثل المغرب وتونس والأردن، اعتمادًا كبيرًا على واردات الطاقة. علاوة على ذلك، تشكّل أسعار الطاقة المدعمة وأسواق الطاقة غير المحررة تحديات إضافية أمام التحول في مجال الطاقة في العديد من دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٤).

من الاختلافات الجوهرية الأخرى عن وضع دولة ألمانيا الاتجاه المتنامي للطلب على الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. فوفقًا لشركة بي بي (٢٠١٩)، سيواجه الشرق الأوسط زيادة سنوية في الطلب على الطاقة تبلغ حوالي ٢٪ حتى عام ٢٠٤٠. وتعتبر قطاعات الطاقة والنقل والصناعة والقطاعات غير القائمة على حرق الوقود مسؤولة بشكل رئيسي عن الزيادة الكبيرة في استهلاك الطاقة النهائي. كما أن هناك عامل مساهم آخر، وهو الزيادة السكانية، والتي من المتوقع أن تستمر في الارتفاع، ولا سيما في مصر والعراق (ميركن، ٢٠١٠). كما أن الصناعات كثيفة الاستخدام للطاقة، مثل الصلب والأسمنت والمواد الكيميائية، تمثل جزءًا كبيرًا من الطلب على الطاقة. يزداد الطلب على الطاقة يومًا بعد يوم بسبب تركيب وتوسيع نطاق قدرات تحلية مياه البحر في معظم دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا: حيث يتوقع أن يزداد الطلب على الطاقة الكهربائية لأغراض تحلية مياه البحر إلى ثلاثة أضعاف بحلول عام ٢٠٣٠ مقارنة بمستوى عام ٢٠٠٧ في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (الوكالة الدولية للطاقة - برنامج تحليل أنظمة تكنولوجيا الطاقة والوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٢). كما أن كثافة استهلاك الطاقة في العديد من دول الشرق الأوسط مرتفعة نظرًا لانخفاض جودة العزل في المباني وضعف الكفاءة الفنية لتقنيات التبريد والتسخين والبنية التحتية للتوزيع. يتراوح الفاقد الكهربائي في التوزيع بين ١١٪ و١٥٪ في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا المستقرة مقارنة بنسبة ٤٪ في ألمانيا (البنك الدولي، ٢٠١٩).

بالرغم من أن المنطقة لا تستفيد من موارد الطاقة المتجددة الرئيسية، تظل معظم إمكانات الطاقة المتجددة الاقتصادية غير مستغلة. ولكن مع استغلال هذه الإمكانات، قد تصبح معظم الدول مكتفية ذاتيًا في مجال الطاقة، وقد تتحول في النهاية إلى دول مصدرة صافية للطاقة القائمة على الموارد المتجددة. وبما أن صادرات الطاقة والهيدروجين أصبحت ركيزة مهمة لاستراتيجية الطاقة الأوروبية (المفوضية الأوروبية، ٢٠٢٠)، فقد تستفيد دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مستقبلاً من أسواق الوقود الاصطناعي الناشئة وتحقق أرباحًا من صادرات نقل الوقود إلى الدول المجاورة في أوروبا. وفي هذا الصدد، قد تلجأ بعض دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، التي تتميز ببنية تحتية للنفط والغاز، إلى الاعتماد على خبراتها في التعامل مع الغاز والوقود السائل. وبفضل مساعدة تكنولوجيا تحويل فائض الكهرباء إلى أشكال أخرى من الطاقة (PtX)، قد تتحول دول المنطقة هذه بسلاسة من مرحلة الوقود الأحفوري إلى نظام طاقة قائم على الموارد المتجددة. ولكن لتحقيق هذا الهدف، يجب أن تخضع البنية التحتية للتعديل على نطاق واسع لتناسب عمليات التحويل والتخزين. أما بالنسبة لدول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا الأخرى، فإن تسخير إمكاناتها الخاصة بمجال الطاقة المتجددة في مرحلة تحول متأخرة لتصدير منتجات PtX من شأنه أن يوفر فرصًا اقتصادية جديدة.

هذا وتمثل شبكة الكهرباء المتطورة بالكامل في ألمانيا اختلافًا آخر، في حين أن معظم دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا يمتلكون أنظمة شبكات تحتاج إلى التوسيع والتطوير على المستوى المحلي وربطها عبر الحدود. فالروابط المادية موجودة، ولكنها عبارة عن تجمعات إقليمية بشكل أساسي (البنك الدولي، ٢٠١٣). وبذلك فإن المنطقة يعوزها الإطار الضروري لتجارة الكهرباء. كما أن رموز الشبكات الفنية بحاجة إلى التطوير للتكامل مع الطاقة المتجددة وموازنة التفاوتات الحاصلة بها. ونظرًا لقلة المعايير الخاصة بالطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح، يلزم وضع لوائح واضحة لتمكين الوصول إلى الشبكات.

قد تعود عمليات التقدم على الصعيد العالمي بالنفع الكبير على دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في مجال تكنولوجيا الطاقة المتجددة. كما تضيف الخبرة العالمية في نشر تكنولوجيا الطاقة المتجددة إلى منحنى التعلم، والذي أسفر عن التخفيضات في التكاليف. ومن هذا المنطلق، تراجعت تكاليف الوحدات الكهروضوئية بنسبة ٨٠٪ منذ عام ٢٠١٠ كما انخفضت أسعار توربينات الرياح بنسبة تتراوح بين ٣٠٪ و٤٠٪ منذ عام ٢٠٠٩ (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٩). بينما يفترض النموذج المرحلي لدولة ألمانيا أن تكنولوجيا الطاقة المتجددة بحاجة إلى مزيد من الوقت حتى تؤتي ثمارها، يمكن أن يتضمن النموذج المرحلي

لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تخفيضات في التكاليف. هذا وهناك شبكة واسعة من الأطراف الفاعلة بالفعل متمثلة في شركات تقدم خبراتها في مجال تكنولوجيا الطاقة المتجددة.

تمر نظم الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حاليًا بمرحلة التطور، فأنواع الطاقة المتجددة تجذب الانتباه لتوفيرها الاستدامة وأمن الطاقة. بالإضافة إلى احتمالية تحفيزها للازدهار الاقتصادي. وبالرغم من ذلك، فإن الأحوال المهيأة لتطوير الصناعات القائمة على الطاقة المتجددة تتسم بالضعف بسبب الافتقار إلى القوة الداعمة لتنظيم المشروعات والابتكار التكنولوجي. وبينما تلعب الأطراف الفاعلة من القطاع الخاص في ألمانيا دورًا رئيسيًا في محطات الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح صغيرة الحجم، تعد الشركات الحكومية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا عنصرًا أساسيًا في المشروعات واسعة النطاق. كما أن تعبئة رأس المال يمثل عاملاً مهمًا آخر يتطلب استراتيجيات مخصصة.

٣-٢ تعديل افتراضات النموذج وفقًا لسمات دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

يجب تعديل مراحل النموذج المرحلي الأصلي تمشيًا مع سمات منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. بناءً على دراسة فيشيديك وآخرين (٢٠٢٠)، يتم إدخال التغييرات إلى النموذج الأصلي خلال المراحل الأربع ووصفها الزمني. كما تُستكمل «طبقة النظام» بتركيز شديد على عدم استقرار النظام، ويتم التركيز على «طبقة التخصص» في كل مرحلة استعدادًا للمرحلة التالية.

للوفاء بالزيادة المتوقعة في الطلب العام على الطاقة، يزداد حجم مصادر الطاقة المتجددة في المرحلتين الأولى والثانية زيادة كبيرة دون تقويض الأعمال الحالية للصناعات التي توفر الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي. وتعتبر الشبكة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا محدودة في قدرتها على استيعاب الحصص المتزايدة لمصادر الطاقة المتجددة، الأمر الذي ينتج عنه تركيز أكبر على التجهيز التحسيني للشبكة وتوسيع نطاقها خلال المرحلة الأولى. كما يتعين أن تبدأ المرحلة الثانية في وقت مبكر عن موعد البدء في الحالة الألمانية، على أن يتضمن التطوير في بعض الدول تركيزًا أقوى على حلول للتطبيقات خارج نطاق الشبكة والشبكات الصغيرة المعزولة. ومن الممكن تلبية الطلب المحلي المتزايد على الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من أنواع الطاقة القائمة على المصادر المتجددة وناقلات الطاقة، كأنواع الوقود والغازات الاصطناعية. وبينما تلعب واردات ألمانيا دورًا محوريًا في المراحل الأخيرة (في المرحلة الثالثة بوجه خاص)، يمكن أن يُصدّر فائض الطاقة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ويوفر فرصًا اقتصاديًا في المرحلة الرابعة. كما توفر القدرة التنافسية العالمية المتزايدة لأنواع الطاقة المتجددة فرصة تسارع مراحل تشكيل التخصص في كل مراحل التحول. ولكن يجب دمج عمليات تشكيل التخصص في الاستراتيجيات المحلية. ويلزم تطوير المؤسسات التي تدعم تطورات التخصص وتكييفها مع حالة الدولة.

٣-٣ مراحل التحول في مجال الطاقة بدول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

وضع معهد فوبرتال النموذج المرحلي لدول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا استنادًا إلى النموذج المرحلي الألماني والخبرات المكتسبة خلال مشروع *وضع نموذج مرحلي لتصنيف ودعم التحول المستدام لنظم الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا*، بدعم من مؤسسة فريدريش إيبرت – (هولتز وآخرون، ٢٠١٨، فيشيديك وآخرون، ٢٠٢٠). يتم توضيح المراحل الخاصة بمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بالتفصيل بأبعادها بناءً على العرض والطلب والبنية التحتية والأسواق والمجتمع. كما يتم شرح المنظور متعدد الأبعاد لأبحاث التحول في هذه الطبقات، مع تسليط الضوء على الترابط بين هذه الأبعاد خلال مراحل التحول. يلخص الجدول رقم ٣-١ عمليات التطور الرئيسية في الطبقة «التقنية-الاقتصادية» وطبقة «الإدارة والتحكم»، بالإضافة إلى مستويات «الوضع الراهن»، و«النظام»، و«التخصص» خلال المراحل الأربع.

يتم توسيع نطاق إمكانات الإمداد بالطاقة الكهربائية المتجددة طوال المراحل للوفاء بالطلب المتزايد على الطاقة من كل القطاعات. ومن الافتراضات المهمة ضرورة زيادة الكفاءة في استخدام الطاقة زيادةً كبيرةً في كل المراحل. وتعتمد عمليات التطوير في المرحلتين الثالثة والرابعة على العديد من التطورات التكنولوجية والسياسية والمجتمعية، ومن ثمّ تتميز بمستوى عالٍ من عدم التيقن من منظور يومنا الحالي.

هذا وقد تم إجراء تحليل أكثر تفصيلاً لتأثير مستوى «الوضع الراهن». ويقضي الافتراض بأن العوامل التالية ستؤثر على كل المراحل: ١) الأطر الدولية لتغير المناخ، ٢) جهود الدول الصناعية لنزع الكربون، بما في ذلك برامج الانتعاش الأخضر بعد انتشار وباء فيروس كورورنا كوفيد-١٩، ٣) الصراعات العالمية والإقليمية (المؤثرة على التجارة)، ٤) التأثيرات طويلة الأجل لوباء كوفيد-١٩ على الاقتصاد العالمي، ٥) الأحوال الجغرافية وتوزيع الموارد الطبيعية، ٦) التطور السكاني.

المرحلة الأولى – «إطلاق الطاقة المتجددة (RE)»

تم إدخال الطاقة الكهربائية المتجددة بالفعل في نظام الكهرباء قبل الوصول إلى المرحلة الأولى، «إطلاق الطاقة المتجددة (RE)». وتمثل التطورات الحاصلة على مستوى «التخصص»، مثل تقييم الإمكانات الإقليمية، والمشروعات التجريبية المحلية، وتكوين شبكات من الأطراف الفاعلة، وتبادل المهارات والمعرفة فيما يتعلق بنظام الطاقة المحلي، مؤشرات أولية ببدء عملية الانتشار. وأثناء هذه المرحلة التمهيدية، يتم تطوير رؤى وتوقعات لتوسيع نطاق توليد الطاقة استنادًا إلى أنواع الطاقة المتجددة.

في المرحلة الأولى، يعد التطوير الخاص حسب الوضع على مستوى النظام بمثابة طرح للطاقة المتجددة وزيادة مبدئية لها، وخاصة الطاقة الكهربائية التي تولدها محطات توليد الطاقة الكهروضوئية (PV) وطاقة الرياح. وقد تستفيد دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا كثيرًا من التكنولوجيات المتاحة عالميًا وانخفاضات الأسعار العالمية لأنواع الطاقة المتجددة، الأمر الذي من شأنه تيسير دخول الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح إلى الأسواق. ونظرًا لتزايد الطلب على الطاقة في المنطقة بصورة كبيرة، فلن تكون حصة الطاقة المتجددة مع دخولها إلى النظام قادرةً على استبدال أنواع الوقود الأحفوري في هذه المرحلة. ولاستيعاب المستويات المختلفة للطاقة المتجددة، يجب توسيع نطاق الشبكة وتحديثها وتعديلها. وجدير بالذكر أنه تم تطبيق القوانين واللوائح التنظيمية بهدف دمج أنواع الطاقة المتجددة في نظام الطاقة وتمكين تغذية الطاقة الكهربائية القائمة على المصادر المتجددة للشبكة. كما أن لاعتماد مخططات الأسعار كحوافز للمستثمرين دوره في تيسير النشر واسع النطاق للطاقة المتجددة والطاقة الكهروضوئية اللامركزية للأغراض المنزلية.

وتسهم التطورات الحاصلة على مستوى «التخصص» في تمهيد الطريق للمرحلة الثانية. ثم يتم تقييم الإمكانات الإقليمية لخيارات المرونة المختلفة (مثل: إمكانيات تخزين المضخات وإدارة جانب الطلب (DSM) في الصناعة)، وتطوير الرؤى التي تطرح موضوع خيارات المرونة. وفي هذه المرحلة، تتم مناقشة الربط بين القطاعات (مثل: التنقل الكهربائي، وتحويل الطاقة إلى حرارة)، مع دراسة نماذج الأعمال. وتُرسي احتياجات المرونة المتوقعة والربط بين القطاعات الأساس للمشروعات الناشئة في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) ونماذج الأعمال الرقمية الجديدة.

المرحلة الثانية – «تكامل النظم»

في المرحلة الثانية، تستمر عملية توسيع نطاق الطاقة المتجددة على مستوى «النظام»، بينما تواصل الأسواق المتنامية في إتاحة المجال أمام الوجود المشترك للطاقة القائمة على الوقود الأحفوري. كما تستمر عمليات توسيع نطاق الشبكة وبذل الجهود لتأسيس خطوط الكهرباء العابرة للحدود للموازنة بين الاختلافات بين المناطق من حيث إمدادات طاقة الرياح والطاقة الشمسية. وفي هذه المرحلة، يتم تحديد إمكانات المرونة (الإدارة من جانب الطلب، التخزين)، مع تكييف تصميم سوق الطاقة الكهربائية لاستيعاب هذه الخيارات. كما يتم تكامل البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات بالكامل مع نظام الطاقة (الرقمنة). وعلى المستوى الاقتصادي، يتم تنسيق اللوائح التنظيمية في قطاعات الطاقة الكهربائية والتنقل والتدفئة لتوفير فرص متكافئة لشركات نقل الطاقة المختلفة. هذا وتضيف الكهربة المباشرة للاستخدامات في قطاعات التنقل والصناعة والتدفئة مزيدًا من المرونة إلى النظام.

يتم تطوير تطبيقات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز على مستوى «التخصص» لإعداد النظام لعملية الاختراق في المرحلة الثالثة. وتختبر المشروعات التجريبية استخدام أنواع الوقود والغازات الاصطناعية في الظروف المحلية. ومن المتوقع أن يحل الهيدروجين الأخضر محل أنواع الوقود الأحفوري في بعض القطاعات، مثل إنتاج المواد الكيميائية. وعلى الأجل القصير إلى المتوسط، يعد إنتاج ثاني أكسيد الكربون من احتجاز الكربون في الصناعات كثيفة الاستخدام للطاقة مقبولاً. ولكن على الأجل الطويل، يجب تحويل التركيز إلى احتجاز الكربون المباشر من الهواء أو الطاقة الأحيائية لضمان تحييد الكربون. وتعمل شبكات الأطراف الفاعلة على خلق المعرفة والمهارات ومشاركتها في مجال تحويل الطاقة إلى وقود/غاز. واستنادًا إلى تقييم إمكانات مسارات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز المختلفة، يتم توضيح استراتيجيات وخطط لتطوير البنية التحتية ودراسة نماذج الأعمال.

هذا ويلقى الرابط بين المياه والطاقة اهتمامًا مناسبًا في إطار النُهج المتكاملة نظرًا لتزايد ندرة المياه يومًا بعد يوم نتيجة لتغير المناخ. وقد ينتج عن ذلك حالات عجز تؤثر على قطاع الطاقة المنافسة من استخدامات أخرى، مثل الإنتاج الغذائي.

المرحلة الثالثة – «الطاقة إلى وقود/غاز (PtF/G)»

على مستوى «النظام»، تزداد حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الكهربائية، مما يؤدي إلى احتدام المنافسة بين مصادر الطاقة المتجددة وأنواع الوقود الأحفوري وإنتاج مخلفات سلبية مرتفعة مؤقتًا. ولقد أصبح إنتاج الهيدروجين الأخضر والوقود الاصطناعي أكثر تنافسية نظرًا لتوفر الطاقة الكهربائية منخفضة التكلفة. ويتم طرح عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز، مدعومة من اللوائح التنظيمية، بما فيها مخططات التسعير، في الأسواق لتستوعب حصص «فائض» الطاقة المتجددة ذات الإمدادات المرتفعة. كما تساهم قطاعات التنقل والنقل لمسافات بعيدة، بوجه خاص، في زيادة استخدام عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز. وهذا يساعد بدوره على تمكين استبدال أنواع الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي. ومع تطوير البنية التحتية للهيدروجين وتحديث البنية التحتية الحالية للنفط والغاز لتكون مؤهلة لاستخدام أنواع الوقود والغازات الاصطناعية، تتم تهيئة أماكن مخصصة لإمداد مصادر الطاقة المتجددة وتصديرها على المستوى الدولي. وليس لتخفيضات الأسعار وإدخال رسوم وضرائب على أنواع الوقود الأحفوري أثرًا سلبيًا على ظروف السوق المطروحة به فقط، بل إنها تعمل أيضًا على بدء التخلص التدريجي من أنواع الوقود الأحفوري. وتحفز هذه التطورات إدخال تغييرات على نماذج الأعمال. ولأن حلول تحويل الطاقة إلى وقود/غاز توفر إمكانيات تخزين طويل الأجل، فيمكن إنشاء هياكل أسواق تصدير ضخمة.

أما على مستوى «التخصص»، فتلعب التجارب على عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز دورًا أساسيًا في القطاعات التي يصعب نزع الكربون منها، مثل الصناعات الثقيلة (الخرسانة، والمواد الكيميائية، والصلب)، والنقل الثقيل، والشحن. علاوة على ذلك، تمت دراسة إمكانية تصدير الهيدروجين وأنواع الوقود والغازات الاصطناعية وتقييمها. يتم إنشاء شبكات للأطراف الفاعلة، مع اكتساب تعلم أولي، ودراسة نماذج الأعمال.

المرحلة الرابعة – «نحو مصادر متجددة ١٠٠٪»

تحل ناقلات الطاقة القائمة على المصادر المتجددة محل بقايا أنواع الوقود الأحفوري تدريجيًا. ثم يتم التخلص من أنواع الوقود الأحفوري تدريجيًا، مع تطوير عمليات الطاقة إلى وقود/غاز بالكامل من حيث البنية التحتية ونماذج الأعمال. ونظرًا لعدم الحاجة إلى دعم أنواع الطاقة المتجددة بعد الآن، يتم إلغاء مخططات الأسعار المدعمة شيئًا فشيء. كما يتم توسيع نطاق هياكل أسواق التصدير وتشكيلها لقطاع بالغ الأهمية للاقتصاد.

٣-٤ تحويل النموذج المرحلي إلى الحالة القطرية لمصر

تم تطبيق النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تجريبيًا على الحالة الأردنية في دراسة هولتز وآخرين (٢٠١٨). وتمت مناقشة النموذج مع مقرري سياسات وممثلين رفيعي المستوى من مجالات العلوم والصناعة والمجتمع المدني بالأردن. وثبت أنه أداة ناجحة لدعم المناقشات الدائرة حول الاستراتيجيات ووضع السياسات فيما يتعلق بالتحول في مجال الطاقة، فهو أداة قد تكون ملائمة لدول أخرى في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وعليه، تم تطبيق النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا على الحالة القطرية لمصر بعد إدخال التعديلات الضرورية. وتوضح النتائج نظرة عامة منظّمة على التطورات المستمرة في نظام الطاقة في مصر. علاوة على ذلك، فهي تقدم رؤى متعمقة في الخطوات التالية المطلوبة لتحويل نظام الطاقة في مصر إلى نظام قائم على المصادر المتجددة.

تواجه مصر مجموعة متنوعة من التحديات في قطاع الطاقة باعتبارها الدولة الأكثر سكانًا في شمال أفريقيا. وتشمل هذه التحديات الاتجاه المتزايد للطلب العام على الطاقة، وأنماط ذروة الحمولة المعقدة، وزيادة الطلب على تكييفات الهواء، وعمليات تحلية مياه البحر كثيفة الاستخدام للطاقة. كما يفرض تغير المناخ مزيدًا من القيود على نظام الطاقة. فعلى سبيل المثال، تقلص قلة توافر المياه لتوليد الطاقة

الكهرومائية من قدرة توليد الطاقة المتوفرة. وبالرغم من أن مصر لديها فائض في الطاقة الكهربائية حاليًا، فلن تكون كافية لتلبية الطلب المتزايد على المدى الطويل. بينما التحول إلى الطاقة المتجددة يوفر لمصر فوائد بيئية وفرصة زيادة أمن الطاقة في الدولة. كما سيساعد على تهيئة آفاق إنمائية اقتصادية وصناعية لتصدير الطاقة المتجددة بأشكالها المتنوعة في المستقبل.

لاستعراض التحديات والفرص الخاصة بالتحول في مجال الطاقة بمصر، تم إدخال بعض التعديلات على مجموعة معايير النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا على مستوى الوضع الراهن كذلك. وتشمل هذه التعديلات بعض العوامل، مثل وباء فيروس كورونا كوفيد -١٩ وجهود نزع الكربون على المستوى العالمي في ضوء اتفاقية باريس. ولقد أثرت هذه النواحي بالفعل على أسعار النفط والغاز الدولية وتطوير القطاع أو ستؤثر عليها مستقبلاً. كما تم تقييم تفاصيل الدور المهيمن لأنواع الوقود الأحفوري في نظام الطاقة والتحديات ذات الصلة فيما يتعلق بتطوير قطاع الطاقة المتجددة. يوضح الجدول ٣-١ التطورات الحاصلة خلال مراحل التحول.

٣-٥ تجميع البيانات

تم جمع معلومات تفصيلية حول حالة الأبعاد المختلفة والتطورات الحالية بها (العرض، والطلب، والبنية التحتية، وشبكة الأطراف الفاعلة، وتطور الأسواق) لتطبيقها على النموذج المرحلي حسب وضع كل دولة. ولقد أجريت مراجعة شاملة للوثائق ذات الصلة والبيانات المتوفرة كخطوة أولى. وبناءً على تقييم البيانات المتوفرة وتحليلها، تم تحديد الثغرات في المعلومات. وتم استكمال المعلومات المفقودة بمساعدة مقابلات شخصية مع الخبراء أجراها معهد فوبرتال. وكان الهدف من المقابلات بحث التحديات والعقبات الخاصة بكل دولة والتي قد تحول دون فتح المجال أمام إمكانات الطاقة المتجددة في الدولة. وكان من بين الأشخاص الذين أجريت معهم المقابلات أصحاب المصالح المعنيين ذوي الخبرات في قطاع الطاقة أو القطاعات ذات الصلة من المؤسسات السياسية والأوساط الأكاديمية والقطاع الخاص. ولقد أجريت المقابلات مع الخبراء وفقًا للمبادئ التوجيهية للمقابلات المنظمة. واستندت البيانات النوعية إلى مصادر ثانوية، مثل قواعد البيانات من الوكالة الدولية للطاقة (IEA)، والوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، أو تم حسابها باستخدام البيانات المتوفرة لتحديد الحالة الحالية والاتجاهات المستقبلية.

الجدول ٣-١
التطورات التي حدثت خلال مراحل التحوّل

			الطاقة المتجددة قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «إطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظم الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة إلى وقود/غاز (PtF/G)»	المرحلة الرابعة: "نحو مصادر متجددة ١٠٠٪"
			التهيئة المتخصصة	* الاختراق - الطاقة المتجددة * خيار المرونة - تشكيل التخصص	* النمو القائم على السوق - الطاقة المتجددة * خيار المرونة - الاختراق * تشكيل التخصص - الطاقة إلى وقود/غاز	* خيار المرونة - النمو القائم على السوق * الاختراق - الطاقة إلى وقود/غاز * تشكيل التخصص - استخدامات وصادرات عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز الخاصة	* النمو القائم على السوق - الطاقة إلى وقود/غاز * الاختراق - استخدامات وصادرات عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز الخاصة
قطاع الطاقة	مستوى الوضع الراهن		* الأطر الدولية المعنية بتغير المناخ * جهود الدول الصناعية لنزع الكربون (بما فيها برامج الانتعاش الأخضر بعد وباء فيروس كورونا كوفيد-١٩) * الصراعات العالمية والإقليمية (المؤثرة على التجارة) * التأثيرات طويلة الأجل لوباء فيروس كورونا كوفيد-١٩ على الاقتصاد العالمي * الأحوال الجغرافية وتوزيع الموارد الطبيعية * التطور السكاني				
	مستوى النظام	الطبقة التقنية-الاقتصادية		* حصة الطاقة المتجددة في نظام الطاقة حوالي ٠٪ - ٢٠٪	* حصة الطاقة المتجددة في نظام الطاقة حوالي ٢٠٪ - ٥٠٪	* حصة الطاقة المتجددة في نظام الطاقة حوالي ٥٠٪ - ٨٠٪	* حصة الطاقة المتجددة في نظام الطاقة حوالي ٨٠٪ - ١٠٠٪
				* دخول الطاقة المتجددة الأسواق استنادًا إلى التكنولوجيا المتاحة عالميًا ومدفوعةً بانخفاض السعر العالمي	* توسعات إضافية في نطاق الشبكة (محليًا ودوليًا)	* توسيع نطاق التخزين طويل الأجل (مثل تخزين الغاز الاصطناعي)	* الإنشاءات واسعة النطاق للبنية التحتية الخاصة بصادرات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز
				* توسيع نطاق شبكة الكهرباء وتحديثها	* تكامل هياكل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات مع أنظمة الطاقة (مثل طرح العدادات الذكية)	* إنشاء أول بنية تحتية لتحويل الطاقة إلى وقود/غاز (لتلبية الطلب المحلي/الأجنبي المستقبلي)	* التخلص التدريجي من البنية التحتية للوقود الأحفوري ونماذج الأعمال الخاصة به
				* اللوائح التنظيمية ومخططات تسعير الطاقة المتجددة	* اختراق النظام لخيارات المرونة (مثل تخزين البطاريات)	* المخلفات السلبية المرتفعة مؤقتًا بسبب ارتفاع حصص الطاقة المتجددة	* توحيد نماذج التصدير القائمة على الطاقة المتجددة
				* تطوير وتعزيز سلاسل الإمداد المحلية للطاقة المتجددة	* الكهربة المباشرة للاستخدامات في قطاعات المباني والتنقل والصناعة؛ وتغيير نماذج الأعمال في هذه القطاعات (مثل المضخات الحرارية، والسيارات الإلكترونية، والأنظمة المنزلية الذكية، وتسويق طرح الأحمال الصناعية)	* بدء تراجع أحجام مبيعات أنواع الوقود الأحفوري	* الاستبدال الكامل لأنواع الوقود الأحفوري لتحل محلها الطاقة المتجددة وأنواع الوقود القائمة على المصادر المتجددة
				* عدم استبدال أنواع الوقود الأحفوري بسبب الأسواق المتنامية	* عدم الاستبدال (أو استبدال محدود فقط) لأنواع الوقود الأحفوري بسبب الأسواق المتنامية	* بدء تغيير نماذج الأعمال القائمة على الوقود الأحفوري	* تثبيت نماذج أعمال تحويل الطاقة إلى وقود/غاز والقدرات الإنتاجية لها (مثل الاستثمارات واسعة النطاق)
					* تطوير شبكات صغيرة وتوسيع نطاقها كحل للاستخدامات خارج نطاق الشبكة والمواقع البعيدة	* زيادة أحجام عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز في النقل، لاستبدال أنواع الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي	
					* المضي قدمًا في إجراءات التحول في مجال الطاقة بقطاعات الاستخدام النهائي (النقل والصناعة والمباني)		
					* المضي قدمًا في عمليات التحول في مجال الطاقة بقطاع الصناعة، للحد من المحتوى الكربوني العالي لبعض المنتجات والانبعاثات المرتفعة لعمليات معينة		

			الطاقة المتجددة قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «إطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظم الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة إلى وقود/غاز (PtF/G)»	المرحلة الرابعة: "نحو مصادر متجددة ١٠٠٪"
			التهيئة المتخصصة	* الاختراق - الطاقة المتجددة * خيار المرونة - تشكيل التخصص	* النمو القائم على السوق - الطاقة المتجددة * خيار المرونة - الاختراق * تشكيل التخصص - الطاقة إلى وقود/غاز	* خيار المرونة - النمو القائم على السوق * الاختراق - الطاقة إلى وقود/غاز * تشكيل التخصص - استخدامات وصادرات عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز الخاصة	* النمو القائم على السوق - الطاقة إلى وقود/غاز * الاختراق - استخدامات وصادرات عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز الخاصة
قطاع الطاقة	مستوى النظم	طبقة التحكم والإدارة	* الاعتراف الأساسي بأن الكفاءة في استخدام الطاقة هي الركيزة الاستراتيجية الثانية لتحويل نظام الطاقة	* دعم اعتماد الطاقة المتجددة (مثل التعريفات التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة)، ووضع اللوائح التنظيمية ومخططات تسعير الطاقة المتجددة	* الضغط على نظام الطاقة الكهربائية القائمة على الوقود الأحفوري (مثل خفض الإعانات، تسعير الكربون)	* الضغط على مكونات النظام التي تقاوم المرونة (مثل التخلص التدريجي من محطات توليد الطاقة ذات الحمل الأساسي)	* الضغط على أنواع الوقود الأحفوري (مثل التخلص التدريجي من الإنتاج)
				• زيادة مشاركة مؤسسات الاستثمار (صناديق المعاشات التقاعدية، وشركات التأمين وصناديق الأوقاف والثروات السيادية) في مساعي التحويل	* سحب الدعم للطاقة المتجددة (مثل التخلص التدريجي من التعريفات التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة)	* سحب الدعم لخيارات المرونة	* سحب الدعم لعمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز
				* رفع مستوى الوعي بالمشكلات البيئية	* اتخاذ تدابير للحد من الآثار الجانبية غير المرغوب فيها للطاقة المتجددة (إن وجدت)	* اتخاذ تدابير للحد من الآثار الجانبية غير المرغوب فيها لخيارات المرونة (إن وجدت)	* اتخاذ تدابير للحد من الآثار الجانبية غير المرغوب فيها لعمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز (إن وجدت)
				* منح صلاحية الوصول إلى البنية التحتية للطاقة المتجددة وأسواقها (مثل وضع لوائح تنظيمية للوصول إلى الشبكات)	* تطويع تصميمات الأسواق للتوافق مع خيارات المرونة	* وضع لوائح تنظيمية ومخططات تسعير لعمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز (مثل النقل واستبدال أنواع الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي)	* إمكانية الوصول إلى البنية التحتية والأسواق (مثل ربط مواقع الإنتاج بخطوط الأنابيب)
				* بذل جهود معتدلة للتسريع من عمليات تحسين الكفاءة	* توفير صلاحية الوصول إلى الأسواق للاستفادة من خيارات المرونة (مثل تعديل تصميمات الأسواق، والتنسيق بين لوائح الكهرباء والتنقل واللوائح المرتبطة بالحرارة)	* خفض الأسعار المدفوعة مقابل الطاقة الكهربائية القائمة على الوقود الأحفوري	* دعم الاعتماد (مثل الإعانات)
					* دعم وضع خيارات المرونة وتفعيلها (مثل تعريفات التحميل ثنائي الاتجاه للسيارات الكهربائية)	* توفير صلاحية الوصول إلى البنية التحتية والأسواق فيما يتعلق بعمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز (مثل تحديث خطوط الأنابيب لنقل أنواع الغاز/الوقود الاصطناعية)	
					* تيسير الربط بين قطاعات الطاقة والاستخدام النهائي لدعم تكامل الطاقة المتجددة المتغيرة في قطاع الطاقة	* دعم اعتماد عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز (مثل الإعفاءات الضريبية)	
					* تطويع تصميمات الأسواق للتوافق مع خيارات المرونة		
					* إعادة تخصيص الاستثمارات وتوجيهها إلى الحلول منخفضة الكربون: ارتفاع حصة استثمارات الطاقة المتجددة والحد من مخاطر الأصول القياسية		
					* التنسيق بين الهياكل الاجتماعية-الاقتصادية والنظام المالي، والاستدامة الأوسع نطاقًا ومتطلبات التحويل		
					* تيسير الربط بين قطاعات الطاقة والاستخدام النهائي لتيسير تكامل الطاقة المتجددة المتغيرة في قطاع الطاقة		
					* التنسيق بين اللوائح التنظيمية للكهرباء والتنقل واللوائح المرتبطة بالحرارة		

			الطاقة المتجددة قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «إطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظم الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة إلى وقود/غاز (PtF/G)»	المرحلة الرابعة: "نحو مصادر متجددة ١٠٠٪"
			التهيئة المتخصصة	* الاختراق - الطاقة المتجددة * خيار المرونة - تشكيل التخصص	* النمو القائم على السوق - الطاقة المتجددة * خيار المرونة - الاختراق * تشكيل التخصص - الطاقة إلى وقود/غاز	* خيار المرونة - النمو القائم على السوق * الاختراق - الطاقة إلى وقود/غاز * تشكيل التخصص - استخدامات وصادرات عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز الخاصة	* النمو القائم على السوق - الطاقة إلى وقود/غاز * الاختراق - استخدامات وصادرات عمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز الخاصة
قطاع الطاقة	مستوى التخصص	الطبقة التقنية-الاقتصادية	* تقييم إمكانات الطاقة المتجددة	* تقييم الإمكانات الإقليمية لخيارات المرونة المختلفة	* تقييم إمكانات المسارات المختلفة لتحويل الطاقة إلى وقود/غاز	* تجربة تطبيقات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز في بعض القطاعات، مثل قطاعات الصلب والأسمنت والمواد الكيميائية) والنقل الخاص (مثل الطيران والشحن)	
			* المشروعات التجريبية المحلية مع الطاقة المتجددة	* تجربة خيارات المرونة	* المشروعات التجريبية المحلية مع توليد الوقود/الغاز من الطاقة اعتمادًا على الهيدروجين واحتجاز الكربون كطاقة متجددة (مثل احتجاز الكربون واستخدامه "CCU"/احتجاز الكربون وتخزينه "CCS")	* الاستثمار في نماذج الأعمال لصادرات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز	
				* استكشاف نماذج أعمال عن خيارات المرونة، بما في ذلك مشروعات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الناشئة ونماذج الأعمال الرقمية الجديدة للربط بين القطاعات	* استكشاف نماذج أعمال قائمة على تحويل الطاقة إلى وقود/غاز	* صادرات أنواع الوقود الاصطناعي التجريبية	
					• استكشاف إمكانات الإدارة من جانب الطلب الجديدة (مثل الشحن الذكي وتقنية المركبة إلى الشبكة لشحن المركبات الكهربائية، وتسخين وتبريد المضخات الحرارية المرنة، والتخزين الحراري من خلال التغذية بالطاقة الكهربائية)		
					* الاستفادة من الخبرات العالمية في مجال تحويل الطاقة إلى وقود/غاز		
		طبقة التحكم والإدارة	* وضع رؤى وتوقعات مشتركة لتطوير الطاقة المتجددة	* وضع رؤى وتوقعات السوق المرنة وتكامل نظام الطاقة (أسواق الطاقة المحلية والدولية)	* وضع رؤى وتوقعات مشتركة لعمليات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز (مثل استراتيجية وخطط تطوير/تعديل البنية التحتية)	* وضع رؤى وتوقعات مشتركة لصادرات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز (مثل خطوات التحويل للأسواق والمواقع المستهدفة)	
			* دعم عمليات التعلم فيما يتعلق بالطاقة المتجددة (مثل المشروعات المحلية)	* دعم عمليات التعلم فيما يتعلق بالمرونة (مثل المشروعات المحلية)	* دعم عمليات التعلم فيما يتعلق بتحويل الطاقة إلى وقود/غاز (مثل المشروعات المحلية الخاصة بتوليد الوقود/الغاز من الطاقة، الاستفادة من الخبرات العالمية في مجال تحويل الطاقة إلى وقود/غاز، استكشاف نماذج أعمال قائمة على تحويل الطاقة إلى وقود/غاز)	* دعم عمليات التعلم فيما يتعلق بتحويل الطاقة إلى وقود/غاز في بعض القطاعات، مثل الصناعة والنقل الخاص (مثل تجارب استخدام منتجات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز في صهر الزجاج)	
			* تشكيل شبكات من أطراف فاعلة ذات صلة بالطاقة المتجددة (مثل المشروعات المشتركة)	* تشكيل شبكات من أطراف فاعلة ذات صلة بالمرونة عبر قطاعات الكهرباء والتنقل والتدفئة (مثل استكشاف نماذج أعمال خاصة بخيارات المرونة، بما فيها مشروعات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الناشئة ونماذج الأعمال الرقمية الجديدة للربط بين القطاعات)	* تشكيل شبكات من أطراف فاعلة ذات صلة بتحويل الطاقة إلى وقود/غاز (محلية ودولية)	* دعم عمليات التعلم فيما يتعلق بصادرات تحويل الطاقة إلى وقود/غاز (مثل فيما يتعلق بقبول السوق واللوائح التجارية)	
			• المشاركة المجتمعية (مثل مبادرات المواطنين)	* تطوير قاعدة معرفية مشتركة لمسارات نزع الكربون المتكاملة بهدف تمكين التنسيق والكتلة الحرجة التي قد تساعد على تحويل القطاع بالكامل		* تشكيل شبكة من أطراف فاعلة لإنشاء هياكل واسعة النطاق لتصدير الوقود الاصطناعي (مثل المنتجون والمؤسسات التجارية والأسواق)	
			* استمرار التحسينات في مجال الكفاءة في استخدام الطاقة				
			* استمرار خفض استنزاف المواد من خلال تطبيق تدابير لتعزيز الكفاءة ومبادئ الاقتصاد الدائري				

(المصدر: بيانات من الكاتب)

٤

تطبيق النموذج على مصر

صحيفة الوقائع	
التصديق على اتفاقية باريس	✔
وضع استراتيجية النمو الأخضر	✔
وضع أهداف الطاقة المتجددة	✔
وضع السياسات التنظيمية لتنفيذ الطاقة المتجددة	✔
إعداد استراتيجية الكفاءة في استخدام الطاقة	✔
استراتيجية تحويل فائض الكهرباء إلى أشكال أخرى من الطاقة	✗

٤-١ تصنيف عملية تحويل نظام الطاقة في مصر وفقًا للنموذج المرحلي

تتم تلبية معظم احتياجات مصر من الطاقة حاليًا من موارد النفط والغاز. وبالرغم من أن مصر من الدول المنتجة للنفط والغاز، إلا أن مواردها محدودة. وبناءً على أهداف استغلال الموارد الحالية، من المستبعد أن تفي الموارد الحالية بالطلب المحلي المتزايد على المدى الطويل. وعليه، أبدت الحكومة اهتمامًا متزايدًا بمصادر الطاقة المتجددة وخطط زيادة جهودها نحو تحقيق الاستدامة. ولقد صدقت مصر في عام ٢٠١٦ على اتفاقية باريس وأطلقت استراتيجية للانتقال إلى اقتصاد أخضر. ولكن بالرغم من تقديم مصر لمساهمات محددة وطنيًا (NDC)، إلا أنها لم تضع أهدافًا محسوبة بالأرقام ولا خططًا للحد من الانبعاثات (عبد الله، ٢٠٢٠). كما أن تخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة قد يشكل تحديًا أمام مصر بسبب خطط إنشاء محطات جديدة لتوليد الطاقة من الفحم والغاز (خاطر، ٢٠١٦؛ إحدى صفحات الأمم المتحدة، ٢٠٢٠). ومع ذلك، وضعت مصر لنفسها هدفًا طوحًا في مجال الطاقة المتجددة بتحقيق حصة بنسبة ٤٢٪ في مزيج الطاقة بحلول عام ٢٠٣٥ وفقًا لإطار استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام ٢٠٣٥ (ISES حتى ٢٠٣٥). ويتمثل الهدف من هذه الاستراتيجية في تحقيق أقصى استفادة من موارد الطاقة المتجددة، وهي متوفرة بكثرة في مصر. وجدير بالذكر أنه تم تنفيذ العديد من المشروعات الضخمة في مجال الطاقة المتجددة، كما جذبت المناقصات قدرًا كبيرًا من الاهتمام الدولي. وبالرغم من هذه التطورات الواعدة وأحوال مصر المواتية استراتيجيًا لتصبح مركزًا للطاقة في منطقة شرق البحر المتوسط، لم تبدأ الدولة في الاستفادة من إمكانات مواردها في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح إلا منذ زمن قريب.

وبالإضافة إلى التطورات الداخلية، من المتوقع أن تتأثر عملية التحول في مجال الطاقة بمصر بالأحداث الخارجية، على سبيل المثال، التحركات في نظام الطاقة العالمي بعيدًا عن مصادر الوقود الأحفوري ونحو الموارد المتجددة. وهناك بالفعل تأثير للجهود العالمية الرامية لمكافحة تغير المناخ بموجب اتفاقية باريس على استراتيجيات الطاقة لمصر. كما أن عواقب وباء فيروس كورونا كوفيد-١٩ على اقتصاد الدولة قد شكلت ضغطًا على خطط الإصلاح المستدام في مصر، والتي من شأنها إعاقة المزيد من عمليات النشر واسعة النطاق لمشروعات الطاقة المتجددة. كما تلعب الجوانب المجتمعية والسكانية دورًا في عملية التحول في مجال الطاقة: إذ يتعين على مصر توفير خدمات وفرص عمل لفئة السكان الديناميكية سريعة النمو من الشباب في مجال الطاقة.

وفي ضوء هذه الخلفية، ستقدم الأقسام التالية تقييمًا مفصلاً للحالة الراهنة لعملية التحول في مجال الطاقة وتطورها في مصر، وذلك وفقًا للنموذج المرحلي المقترح.

٤-١-١ تقييم الحالة والاتجاهات الحالية على مستويي الوضع الراهن والنظام

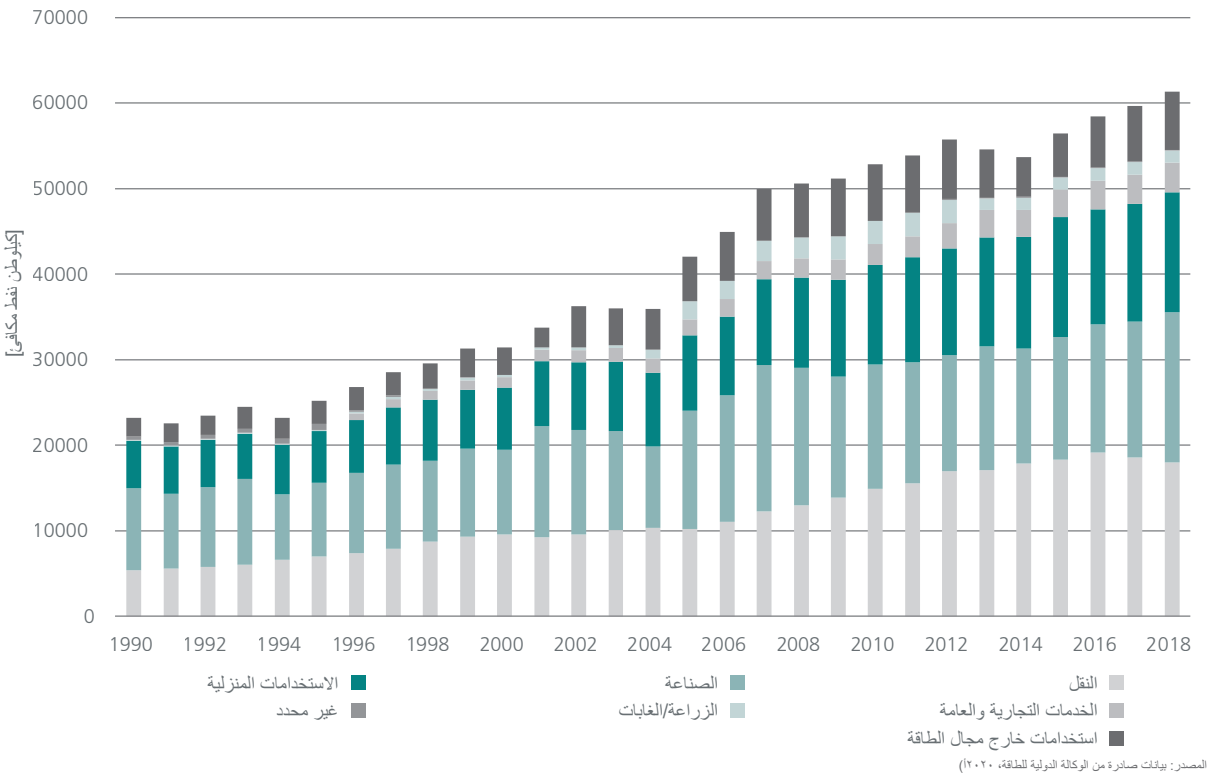
يناقش هذا القسم الوضع الراهن والاتجاهات الحالية لنظام الطاقة في مصر من حيث العرض والطلب والبنية التحتية والسوق والاقتصاد والتطورات الاجتماعية.

العرض والطلب على الطاقة

في النموذج المرحلي الذي يصف المسار نحو تحقيق نظام طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪، تمثل تركيبة العرض والطلب على الطاقة أحد الجوانب المهمة لتقييم حالة التحول في مجال الطاقة بالدولة.

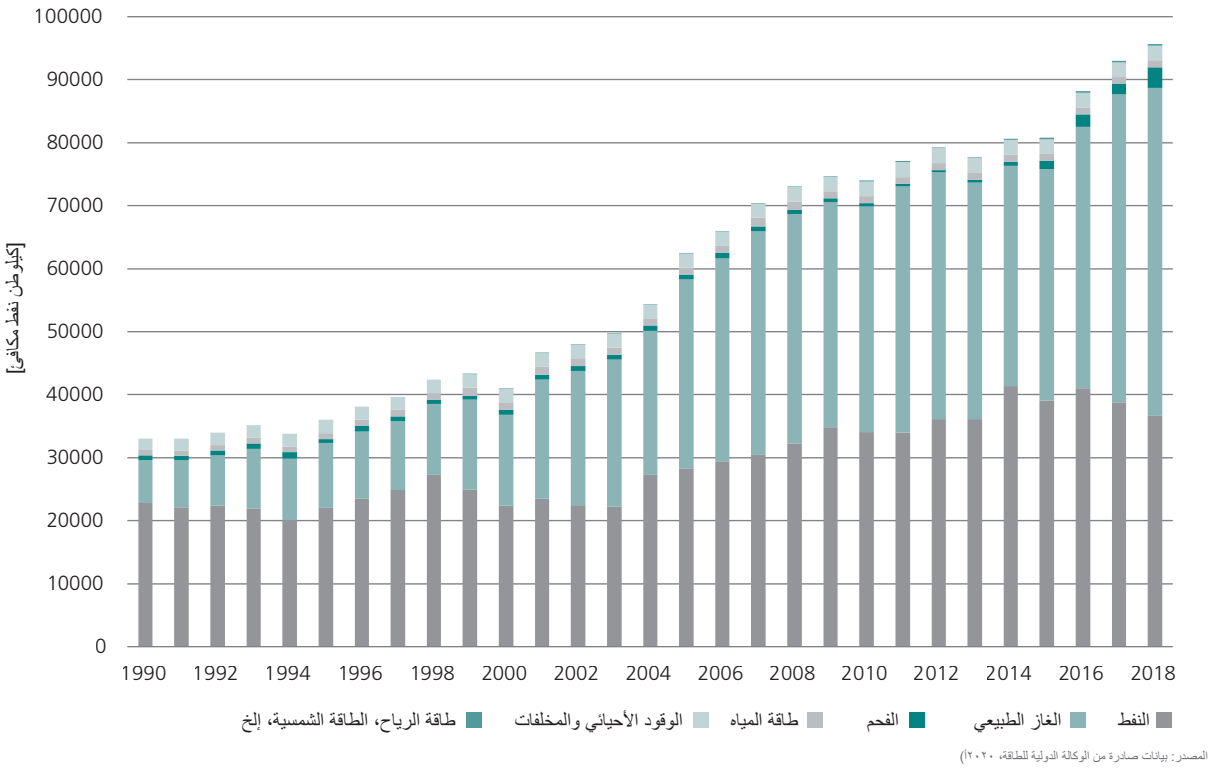
في عام ٢٠١٨، بلغ إجمالي استهلاك الطاقة النهائي في مصر ٦١٣٥٨ كيلوطن نفط مكافئ (الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ). ولقد تصدر قطاعا النقل والصناعة بحصة تبلغ ٢٩٪ لكل منهما، يأتي بعدهما الاستخدام المنزلي (٢٣٪)، ثم الاستخدامات الأخرى (١٩٪) (الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ) (الشكل ٤-١). كما سيطرت أنواع الوقود الأحفوري في مزيج الطاقة (الشكل ٤-٢). وفي عام ٢٠١٨، بلغت حصص الغاز الطبيعي ٥٤٪، والنفط ٢١٪، والفحم ٣٪، بينما وصل إجمالي حصة أنواع الطاقة المتجددة ٣٪ فقط (الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ). ووفقًا للعديد من الدراسات، يبين مزيج الطاقة الحالي في مصر انخفاضًا في حصة الطاقة المتجددة من حيث توليد الطاقة. وبالرغم من زيادة الاستثمارات في الطاقة المتجددة وانتشارها، تم الوفاء جزئيًا بالنمو المرتفع في إجمالي الطلب على الطاقة بالزيادة في استخدام أنواع الوقود الأحفوري (موندال وآخرون، ٢٠١٩).

الشكل ٤-١
إجمالي استهلاك الطاقة النهائي (كيلوطن نفط مكافئ)، مصر ١٩٩٠–٢٠١٨



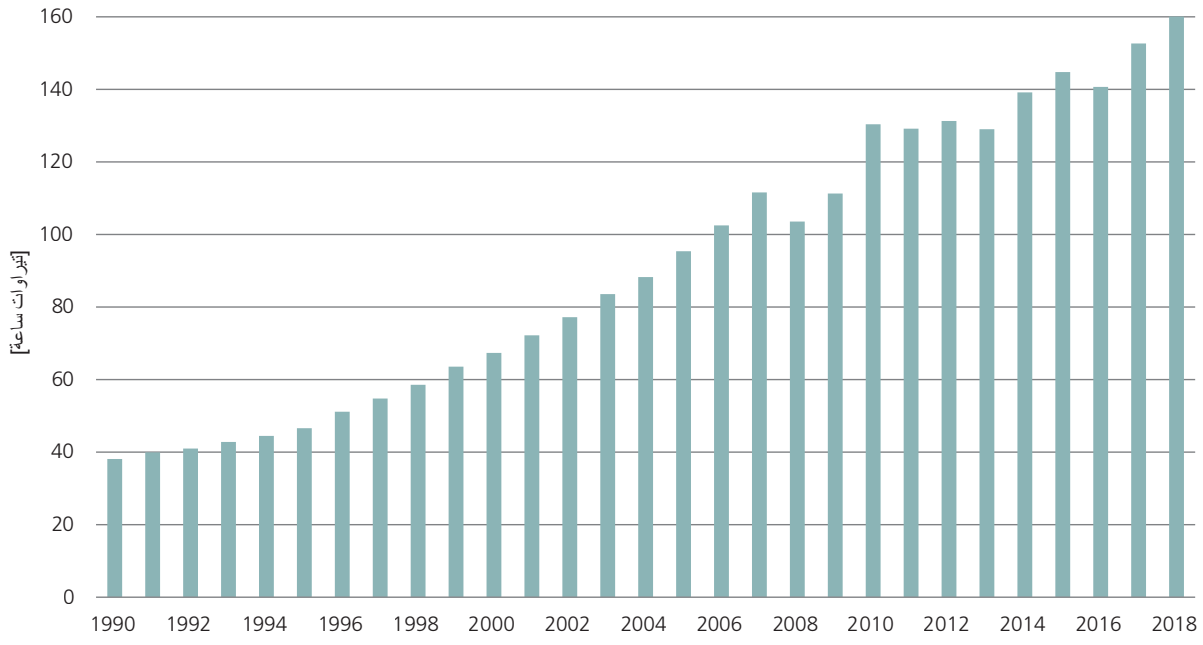
(المصدر: بيانات صادرة من الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ)

الشكل ٤-٢
إجمالي إمدادات الطاقة (كيلوطن نفط مكافئ)، مصر ١٩٩٠–٢٠١٨



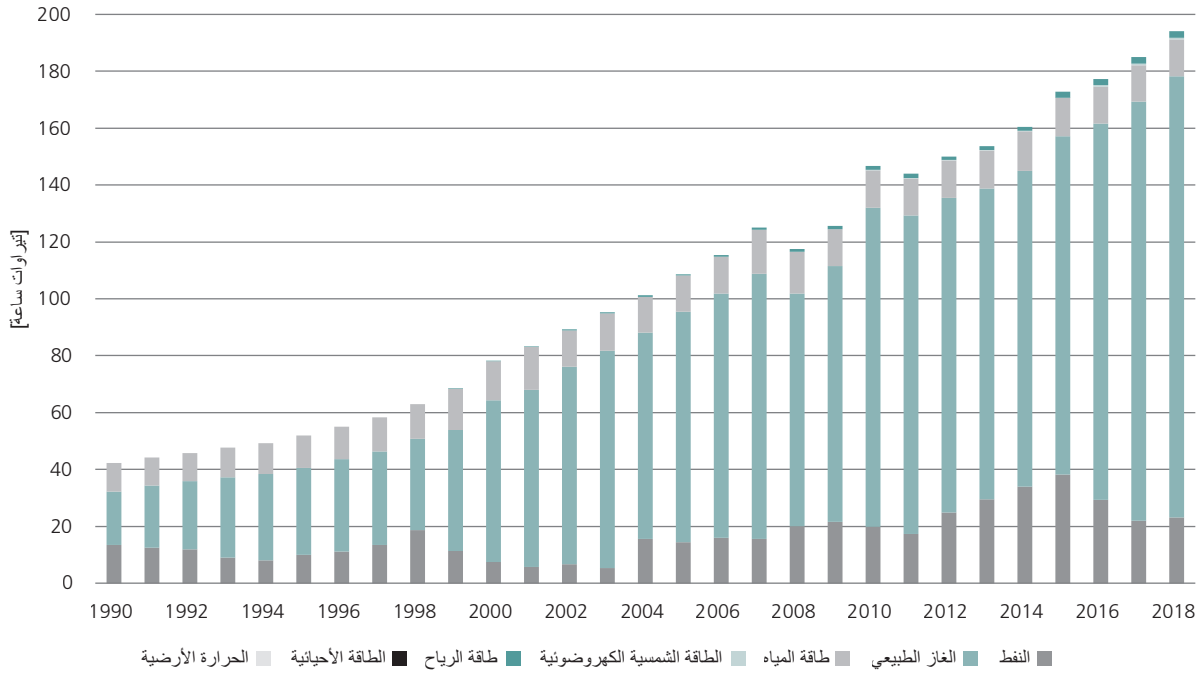
(المصدر: بيانات صادرة من الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ)

الشكل ٤-٣
استهلاك الطاقة الكهربائية (تيراوات/ساعة)، مصر ١٩٩٠–٢٠١٨



(المصدر: بيانات صادرة من الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ)

الشكل ٤-٤
توليد الكهرباء حسب المصدر (تيراوات/ساعة)، في مصر من ١٩٩٠–٢٠١٨



(المصدر: بيانات صادرة من الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ)

لقد شهد استهلاك الطاقة الكهربائية في مصر ارتفاعًا بمقدار أربعة أضعاف مقارنة بمستويات عام ١٩٩٠، ليرتفع إلى حوالي ١٦٠ تيراوات ساعة في عام ٢٠١٨ (الشكل ٤-٣). وجاء هذا الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية نتيجة للنمو السكاني والطلب الصناعي المرتفع، مما أدى إلى منحنى حمل سنوي بذروة ليلية بين الساعة ٧م و١١م (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، ٢٠١٨). كما اتسم مزيج إمدادات الطاقة في مصر مؤخرًا بزيادة في استخدام موارد الغاز الطبيعي، وذلك كاستجابة للنقص في الإمدادات. ولفهم التحديات التي تواجهها مصر فهمًا أفضل، من المهم التمييز بين المرحلتين: من ٢٠٠٢ إلى ٢٠١٥ ومن ٢٠١٥ حتى الآن. فمن عام ٢٠٠٢ حتى الآن، زادت ذروة الطلب في مصر من ١٣,٣ جيجاوات في عام ٢٠٠٢ إلى ما يقرب من ٢٥,٧ جيجاوات في عام ٢٠١٢ (بمتوسط معدل نمو ٦,٨٪). وفي الوقت ذاته، ارتفعت قدرة التوليد المركبة من ١٦,٦ جيجاوات إلى ٢٩ جيجاوات (بمتوسط معدل نمو ٥,٧٪). ونتج عن هذا هوامش احتياطي منخفضة (١١٪ في ٢٠١٣ (البنك الدولي، ٢٠١٣)) وطرح أحمال ثقيلة (لا سيما خلال أشهر الصيف) تزيد عن ٣ جيجاوات (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٨ب). ولإدارة هذا العجز في الإمداد، قامت الشركة القابضة لكهرباء مصر (EEHC) في عام ٢٠١٥ بتركيب محطات طاقة بتوربينات غازية تقليدية بقدرة ٣,٦٣٦ جيجاوات ضمن برنامج سريع المسار. كما تعاقد مجلس الوزراء المصري مع شركة سيمنز لإضافة قدرة تبلغ ١٤,٤ جيجاوات إلى الشبكة الوطنية، مما عزز من قدرة توليد الطاقة في مصر بنسبة تفوق ٤٥٪ (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٨ب). وهذا يوضح زيادة حصة الغاز الطبيعي في إمدادات الطاقة المبينة في الشكل ٤-٤.

جاء الازدهار في مجال توليد الطاقة نتيجة لقرار الحكومة بإنهاء حالات العجز في الطاقة (باتر، ٢٠١٩). كما ساهم ذلك في تجاوز تطورات البنية التحتية لطلبات التحميل على مدار الخمس سنوات الماضية. تتراوح قدرة توليد الطاقة في مصر حاليًا بين ٥٧ و٥٨ جيجاوات، بينما تصل ذروة الطلب في الصيف من ٣١ إلى ٣٣ جيجاوات، مما أدى إلى الفائض الحالي في توليد الطاقة. ومع ذلك، من المتوقع أن يرتفع الطلب على الطاقة بمعدل سنوي أكبر ليتراوح بين ٥٪ و٦٪ (جمعية حلول الطاقة المتجددة للمتوسط "RES4MED"، ٢٠١٥)، ومن المقرر أن يقوم المسؤولون الحكوميون بتصدير الطاقة كجزء من استراتيجية مصر بأن تصبح مركزًا للطاقة في منطقة شرق البحر المتوسط. وتجري الشركة القابضة لكهرباء مصر حاليًا مفاوضات بشأن عقود لبناء ثلاث محطات طاقة حرارية إضافية كبيرة مع مستثمرين من القطاع الخاص، على أن تكون إحداها محطة دورة مركبة، والآخرتان من نوع محطات توليد الطاقة من الفحم. كما وقعت مصر عقدًا مع روسيا لإنشاء محطة طاقة نووية بقدرة ٤,٨ جيجاوات في الضبعة.

بعد تقييم وضع العرض والطلب على الطاقة ومقارنتها بالمعايير المختلفة الخاصة بالنموذج المرحلي للتحول في مجال الطاقة، يتضح أن أنواع الوقود الأحفوري هي مصدر الطاقة المهيمن. ولقد توسع نطاق قدرات توليد الطاقة بالوقود الأحفوري مؤخرًا، مع التخطيط لمزيد من التوسعات. ومن ناحية تنويع إمداد الطاقة الكلي في مصر، لم تحرز مصر تقدمًا يذكر حتى الآن، ولا يبدو على نظام الطاقة أي تغيير. فمصر تستوفي حاليًا معايير بداية المرحلة الأولى فقط من عملية التحول في مجال الطاقة عند النظر إلى إمدادات الطاقة.

قطاع النفط والغاز

تتميز مصر بصناعة ضخمة في مجال النفط والغاز. ويعد إنتاج الهيدروكربون من كبرى الأنشطة الصناعية، إذ تسهم بنسبة ١٣,٦٪ من إجمالي الناتج المحلي (GDP) في عام ٢٠١٨ (إدارة التجارة الدولية، ٢٠٢٠). ومع نهاية عام ٢٠١٨، بلغت احتياطيات الهيدروكربون المعتمدة ٣,٣ مليار برميل من النفط و٧٧,٢ تريليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي (المصدر ذاته). ومن المرتقب أن ترفع حقول الغاز الطبيعي المكتشفة حديثًا في شرق البحر المتوسط من الاحتياطات، والتي تعتبر كافية للحفاظ على الطلب في مصر لمدة ١٥ عامًا قادمة (مؤسسة فريدريش إيبرت، ٢٠١٦). ولقد تحولت مصر بفضل حقول الغاز المكتشفة حديثًا من كونها دولة مستوردة صافية للطاقة في عام ٢٠١٠ إلى مصدرة محتملة للغاز. ولقد ساعدت استكشافات الغاز أيضًا على تخفيف صراعات تلبية الطلب المحلي (الشكل ٤-٥).

لا يزال النفط والغاز يمثلان ما يزيد عن ٩٠٪ من استهلاك الطاقة الرئيسي في مصر. ومن المفترض أن يواصل قطاع النفط والغاز في الاضطلاع بدور مهم في المستقبل، بالرغم من احتمالية انخفاض الطلب العالمي على النفط والغاز (ديلويت، ٢٠٢١). ويمثل اعتماد مصر على هذا القطاع عقبة كبرى أمام التحول إلى نظام طاقة متجددة ١٠٠٪، وخاصةً في المراحل الأخيرة من عملية التحول مع ضرورة التخلص التدريجي من مصادر الطاقة المتولدة من الوقود الأحفوري.

الطاقة المتجددة

يعد إحراز تقدم في قطاع الطاقة المتجددة من الأمور الحيوية لعملية التحول في مجال الطاقة. وعليه، فقد أعربت الحكومة المصرية عن عزمها على دمج مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة باتخاذها إجراءين رئيسيين تاليين:

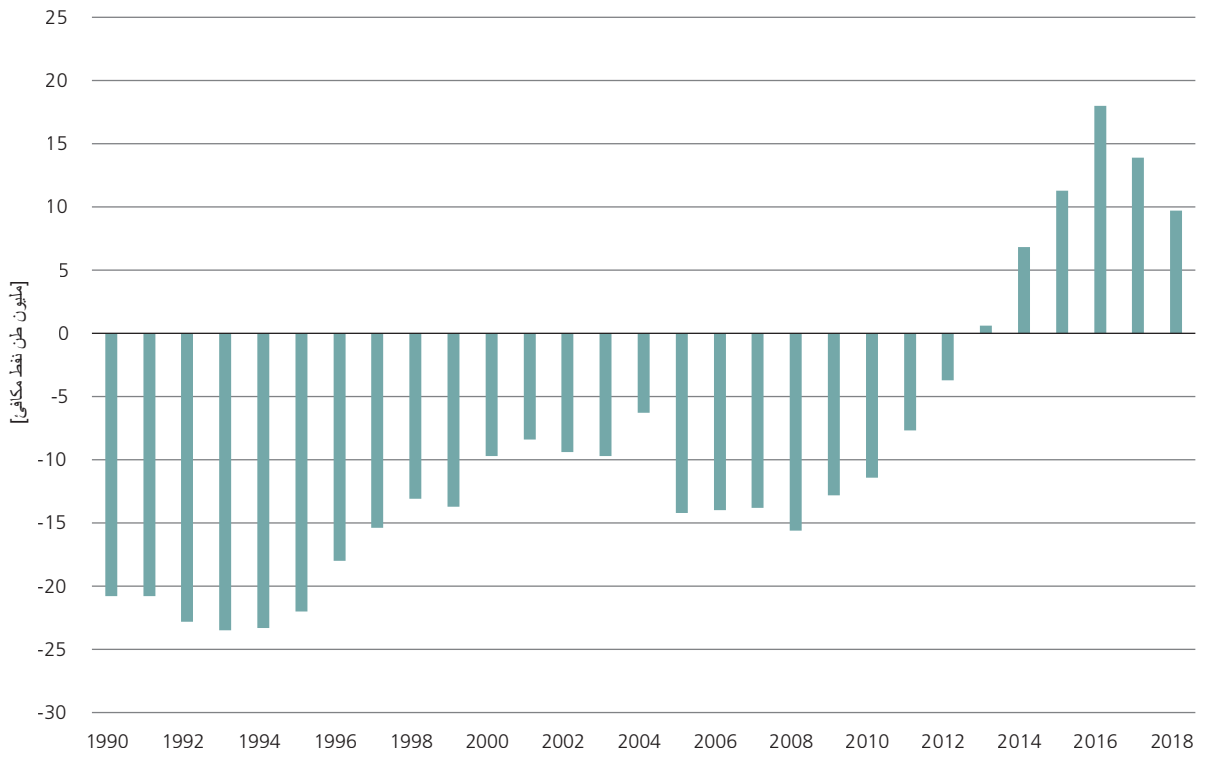
١- تم تغيير اسم وزارة الكهرباء والطاقة في عام ٢٠١٤ إلى وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة؛

٢- وضعت مصر أهدافًا طموحة لزيادة أنواع الطاقة المتجددة بموجب استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام ٢٠٣٥.

في عام ٢٠١٦، أعلن المجلس الأعلى للطاقة في مصر (ESCE) أن نسبة ٣٥٪ من قدرة توليد الطاقة للدولة ستكون من مصادر متجددة بحلول عام ٢٠٣٥. وفي يوليو من نفس العام، تم تعديل هذه النسبة لتكون ٤٢٪، بينما في أكتوبر ٢٠٢٠، أعلنت وزارة الكهرباء عن هدف جديد وهو ٦٠٪ (سفارة جمهورية ألمانيا الاتحادية، ٢٠٢٠). واعتبارًا من ٢٠١٨، امتلكت مصادر الطاقة المتجددة حصة بلغت ٨٪ من مزيج توليد الطاقة الكهربائية، بالرغم من سيطرة الغاز الطبيعي والنفط على قطاع توليد الطاقة الكهربائية بشكل أساسي (الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ). ولقد قدمت الطاقة الكهرومائية مساهمة رئيسية في مزيج الطاقة المتجددة (١٢٨٩٩ جيجاوات ساعة)، بينما قُدّر توليد الطاقة الشمسية بحجم ٥٤٣ جيجاوات ساعة، وطاقة الرياح ٢٣٦٠ جيجاوات ساعة (الشكل ٤-٦). كما بلغت القدرة المركبة للطاقة المتجددة ٥٨٧٢ ميجاوات؛ وتشمل الطاقة الكهروضوئية في المناطق البعيدة غير المتصلة بالشبكة ونظام القياس الصافي (نظام الطاقة الكهروضوئية على الأسطح).

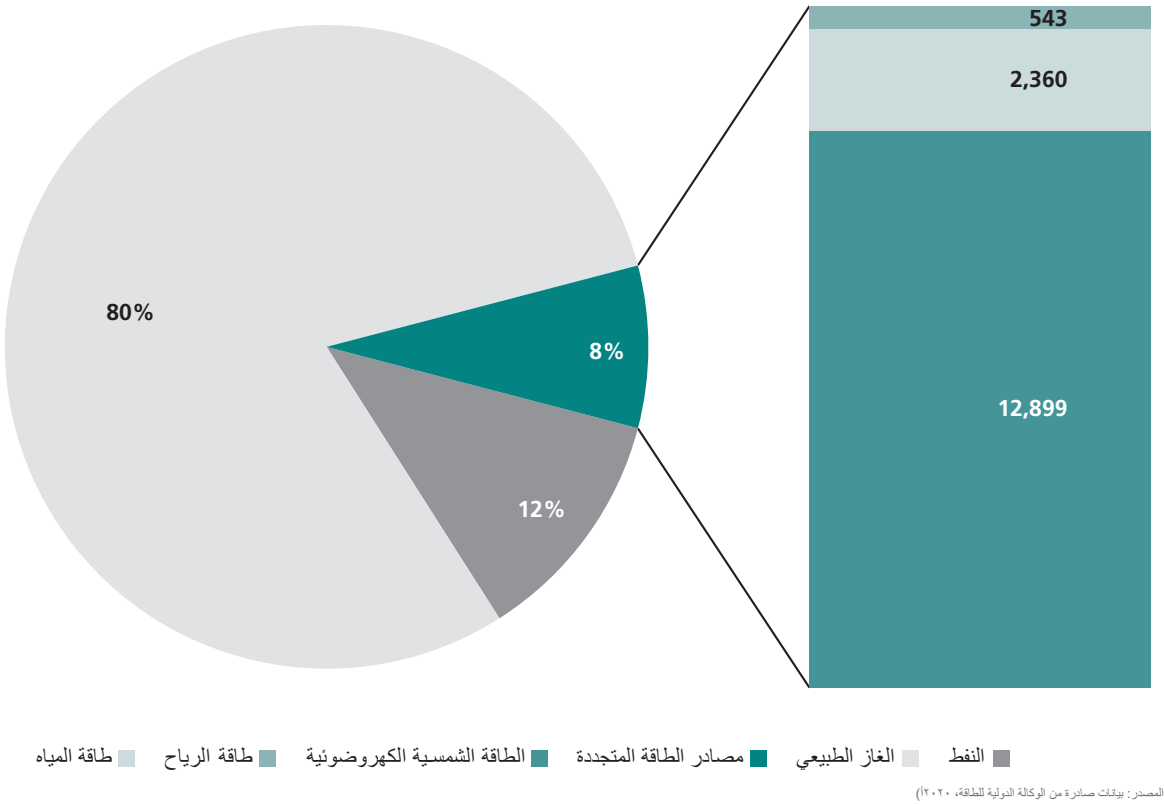
تحتل مصر مركزًا رياديًا في مجال طاقة الرياح على مستوى أفريقيا ومنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. بدأ تنفيذ المشروعات التجريبية لطاقة الرياح في مصر في فترة الثمانينيات من القرن الماضي بدعم مالي وفني دوليين (جورج، ٢٠١٨). ووفقًا لأطلس الرياح المصري، تزخر مصر بموارد رياح وفيرة، ولا سيما في خليج السويس (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٨ب). وسرعات الرياح في هذا الموقع ثابتة وتتراوح في المتوسط بين ٨ و١٠ م/ث على ارتفاع محور يبلغ ١٠٠ متر (المصدر ذاته). كما أن هناك مناطق جديدة واعدة شرق

الشكل ٤-٥
صافي واردات الطاقة (مليون طن نفط مكافئ)، مصر ١٩٩٠–٢٠١٨



(المصدر: بيانات صادرة من الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ)

الشكل ٤-٦
مزيج توليد الطاقة الكهربائية (جيجاوات/ساعة)، مصر ٢٠١٨



(المصدر: بيانات صادرة من الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ)

نهر النيل وغربه في محافظات بني سويف والمنيا وواحة الخارجة. وفي إطار التعاون مع ألمانيا وإسبانيا واليابان والدانمارك، أنشأت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة (NREA) العديد من مزارع الرياح واسعة النطاق. ولقد تأسست مزارع الرياح الموجودة في الزعفرانة وخليج الزيت وفقًا لمخطط هندسة ومشتريات وبناء (EPC)، ومن المزمع إنشاء المزيد من محطات توليد طاقة الرياح وتشغيلها بحلول عام ٢٠٢٣ (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٨ب) بموجب مخطط بناء وملكية وتشغيل (BOO). وتتم عمليات تطوير هذه المشروعات برعاية هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة والشركة المصرية لنقل الكهرباء (EETC)، على أن تتولى شركات دولية أو مصرية من القطاع الخاص عمليات الإنشاء. هذا وتعهدت شركة سيمنز بالمشاركة في مخططات الهندسة والمشتريات والبناء وتمويلها لبناء منشأة صناعية لتصنيع أرياش توربينات محطات توليد طاقة الرياح.

وفقًا لتقارير الطاقة الدولية للطاقة المتجددة (٢٠١٨ب)، تعد مصر واحدة من أكثر المناطق الواعدة من حيث إنتاج الطاقة الشمسية، المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية. ويتراوح الإشعاع الشمسي الطبيعي المباشر (DNI) بين ٥,٢ و٧,٦ كيلو وات ساعة/م^{٢}، والإشعاع الأرضي الأفقي (GHI) بين ٥,٦ و٦,٨ كيلو وات ساعة/م^{٢} (أطلس الطاقة الشمسية العالمي، ٢٠٢٠). وفي المناطق البعيدة، يتم تطبيق الحلول خارج الشبكة في القطاع الزراعي في صورة أنظمة ضخ طاقة شمسية كهروضوئية وإضاءة وإعلانات وتخزين بارد وتحلية مياه (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٨ب). ومع نهاية عام ٢٠١٦، بلغ إجمالي القدرة المركبة لمحطات الطاقة خارج الشبكة في مصر ٣٠ ميجاوات (المصدر ذاته). ومع انخفاض سعر الطاقة الكهروضوئية وهبوط تكاليف تكنولوجيا الطاقة الشمسية، تزايدت الجهود التي تركز على استخدامات الطاقة الكهروضوئية وتنظر الجهات المعنية المؤسسية إلى ذلك كفرص سانحة يجب اقتناصها. ومن ثمّ، أجرت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة دراسات جدوى عديدة حول مشروعات استخدام الطاقة الكهروضوئية. والمشروع الرئيسي الأول لمصر هو محطة بنبان للطاقة الشمسية بقدرة ١٤٦٥ ميجاوات في أوقات الذروة. وتلقت هذه المحطة دعمًا من الحكومة، وتهدف إلى جذب الأطراف الفاعلة الرئيسية على مستوى العالم للاستثمار في محطات المرافق الخدمية في مصر. وتعد محطة الطاقة الشمسية الكهروضوئية بمحافظة أسوان في صعيد مصر واحدة من كبرى المحطات العالمية بتكلفة استثمارية قدرها ٣,٦ مليار يورو (رافين، ٢٠١٧)، كما قدمت الشركة المصرية لنقل الكهرباء اتفاقية شراء طاقة (PPA) لمدة تزيد عن ٢٥ عامًا وفقًا لمخطط تعريفات تفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة (إكوكونسرف للخدمات البيئية، ٢٠١٦). ومن المشروعات التجريبية أيضًا المحطة الشمسية الحرارية بالكريمات، وهي بمثابة مشروع طاقة دورات مركبة لتوليد الطاقة الشمسية في محافظة بني سويف والتي تبعد مسافة ١٠٠ كم جنوب القاهرة. وتتميز بقدرة ١٤٠ ميجاوات وتجمع بين مزايا الطاقة الشمسية ودورة البخار المركبة (غاز طبيعي). ويحتوي حقل الطاقة الشمسية على مجمعات حوضية متكافئة القطع مع مساحة سطحية إجمالية تبلغ ١٣٠٠٠٠ م^{٢}. ولقد طرحت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة عطاءات لمحطة الطاقة لتنفيذها تحت إشرافها. وبلغ إجمالي التكلفة الاستثمارية ما يزيد عن ٢٥٠ مليون يورو (زيب، ٢٠١١). ويوضح الجدول ٤-١ المزيد من مشروعات الطاقة الشمسية.

تقدّر مصادر الطاقة الكهرومائية القابلة للنشر بنسبة ٨٠٪ من مزيج الطاقة المتجددة. ويساهم السد العالي بأسوان على طول نهر النيل بطاقة قدرها ٢٦٥٠ ميجاوات من إجمالي قدرة توليد الطاقة الكهرومائية، بينما تأتي نسبة القدرة المتبقية من محطات توليد الطاقة الكهرومائية الأصغر حجمًا. ويعد السد العالي في أسوان واحدًا من أهم المنشآت في مصر، فهو يعزز من استقرار شبكة الطاقة ويلعب دورًا حيويًا في الري الزراعي (بنك الائتمان لإعادة الإعمار، ٢٠١٤). فالسد يولد أكثر من ٨٠٠٠ جيجاوات ساعة سنويًا بإدارة من شركة المحطات المائية لإنتاج الكهرباء (HPGC)، والتي تبيع الطاقة الكهربائية المتولدة للشركة القابضة لكهرباء مصر. ويضم السد مركز تدريب ميداني يقدم دورات تدريبية متخصصة في الهندسة الميكانيكية والكهربائية. ويشوب

الجدول ٤-١
مشروعات الطاقة المتجددة واسعة النطاق التنفيذية والمقررة في مصر

محطات طاقة الرياح التنفيذية					
الموقع	الزعفرانة	جبل الزيت	جبل الزيت		
القدرة المركبة (ميجاوات في أوقات الذروة)	٥٤٧	٢٠٠	٢٠٠		
محطات طاقة الرياح المقررة					
الموقع	خليج السويس	خليج السويس			
القدرة المركبة (ميجاوات)	٢٥٠	٥٠٠			
الحالة	تم التوقيع على اتفاقية لشراء الطاقة	-			
محطات الطاقة الشمسية التنفيذية (الطاقة الشمسية المركزة والطاقة الكهروضوئية)					
الموقع	الكريمات	محطة بنبان للطاقة الشمسية			
النوع	توليد الحرارة والبخار بالطاقة الشمسية (الغاز الطبيعي)	الطاقة الكهروضوئية			
القدرة المركبة (ميجاوات)	١٤٠	١,٤٦٥			
محطات الطاقة الشمسية المقررة (الطاقة الشمسية المركزة والطاقة الكهروضوئية)					
الموقع	كوم أمبو (الطاقة الكهروضوئية)	غرب النيل (الطاقة الكهروضوئية)	غرب النيل (الطاقة الكهروضوئية)	غرب النيل (الطاقة الشمسية المركزة)	
القدرة المركبة (ميجاوات)	٢٠٠	٢٠٠	٦٠٠	١٠٠	
الحالة	غير متوفر	غير متوفر	غير متوفر	غير متوفر	
محطات الطاقة الكهرومائية التنفيذية					
الموقع	السد العالي	سد أسوان ١	سد أسوان ٢	إسنا	نجع حمادي	أسيوط
القدرة المركبة (ميجاوات)	٢,١٠٠	٢٨٠	٢٧٠	٨٦	٦٤	٣٢

(المصدر: البيانات الصادرة من وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، ٢٠١٨؛ مولينا، ٢٠٢٠)

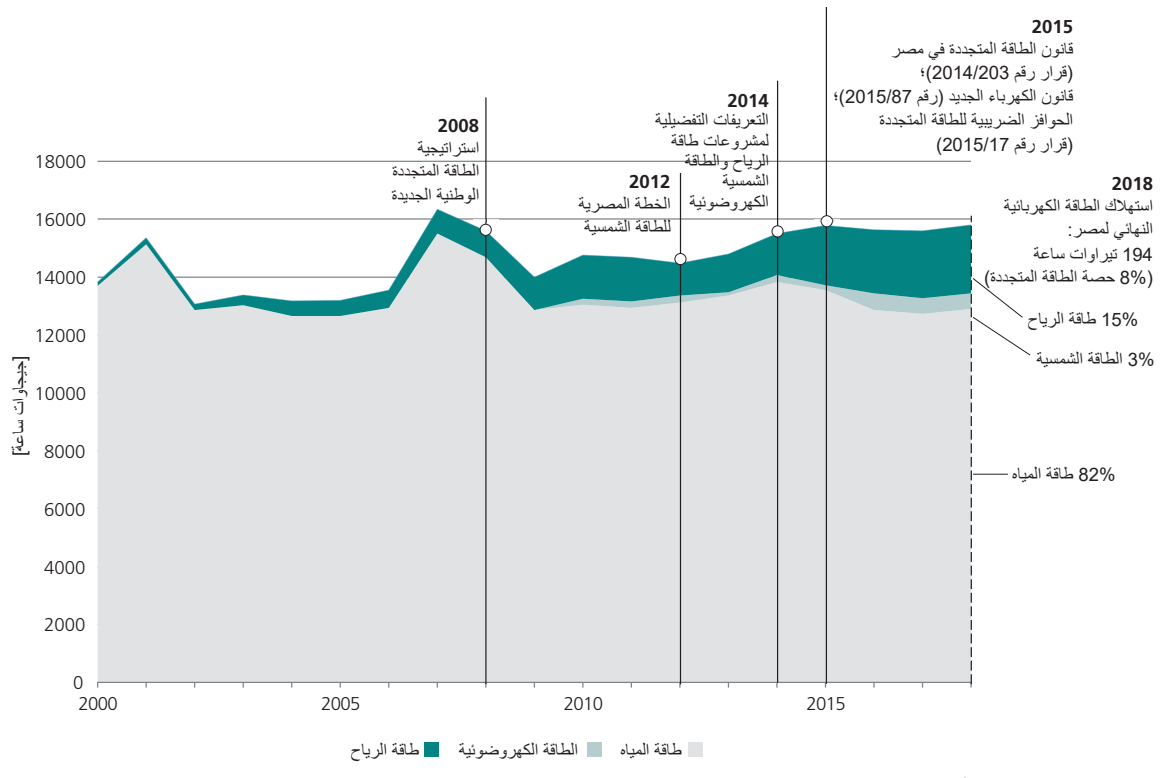
مستقبل توليد الطاقة المائية، وخاصةً على طول ضفاف نهر النيل، بعض الغموض بسبب بناء سد النهضة الإثيوبي الكبير (GERD) على ضفاف النيل (عبد الهادي، ٢٠٢٠). ونظرًا لأهمية نهر النيل في دولة معظم مساحتها من الصحراء (تبلغ مساحة الأراضي الصالحة للزراعة حوالي ٨٪ من إجمالي مساحة مصر)، فمن المرجح أن يزيد بناء سد النهضة الإثيوبي من مخاطر حدوث جفاف على طول ضفاف نهر النيل إن لم يتم الاتفاق على تسوية عن طريق المفاوضات الدولية.

شرع العمل في وضع خطط لبناء محطة توليد طاقة كهرومائية للتخزين الضخي بقدرة ٢٤٠٠ ميجاوات في عتاقة بخليج السويس في عام ٢٠١٥ (تاكوليو، ٢٠١٩). والمحطة مصممة للعمل في ساعات الذروة من خلال توجيه المياه من الخزان العلوي إلى السفلي بفارق ٢٨ م في الارتفاع. وفي غير أوقات الذروة، يتم عكس اتجاه تدفق المياه باستخدام توربينات كمضخات ومولدات كمحركات (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٨ب). ومن المتوقع أن يدخل المشروع حيز التنفيذ وفقًا لمخطط هندسة ومشتريات وبناء.

توضح الموضوعات المحيطة بتوليد الطاقة الكهرومائية في مصر الأهمية الكبيرة للمياه في أنظمة الطاقة المستقبلية، وعليه، يجب دمجها في عمليات تخطيط الطاقة. ولا تكفي إمدادات المياه حجم الطلب عليها في مصر حاليًا. إذ هناك عجز في إمدادات المياه بمقدار ٣٠ مليار م^3 مع بلوغ الحد الأدنى للطلب على المياه ١١٠ مليار م^3 (عزيز، ٢٠٢٠). وفي استجابة للمخاوف التي تحيط بندرة المياه، تخطط مصر لتوسيع نطاق قدرات تحلية المياه. فاعتبارًا من ٢٠١٧ - ٢٠١٨، وصل عدد محطات التحلية إلى ٤٤ محطة بقدرة إنتاجية فعلية قدرها ١٢٢ مليون م^3 من المياه (إنتربرايز، ٢٠٢٠). كما تعتزم الحكومة التوسع في نطاق قدرات تحلية المياه حتى ٢٫٩ مليون م^3 يوميًا بحلول عام ٢٠٥٠ وفقًا لخطة خمسية تبدأ في ٢٠٢٠ (مولينا، ٢٠٢٠). والهدف أن يتم إمداد هذه المحطات بالطاقة المتجددة. هذا ومن المحتمل أيضًا أن يتم استخدام تحلية مياه البحار كمصدر مياه لإنتاج الهيدروجين، ولكن تكاليف تحلية المياه مرتفعة نسبيًا في مصر. واعترافًا بالدور الجوهري الذي ستلعبه المياه في توليد الطاقة مستقبلاً، يتعين على مصر دمج جوانب الترابط بين المياه والطاقة في الاستراتيجيات المخطط وضعها.

قدمت الحكومة دعمها لتطوير الطاقة المتجددة في مصر بسن العديد من القوانين. وفي عام ٢٠٠٨، أعلنت استراتيجية الطاقة المتجددة الوطنية الجديدة عن خطة طموحة لتوليد ٢٠٪ من الطاقة الكهربائية اللازمة للدولة من مصادر الطاقة المتجددة بحلول عام ٢٠٢٠. كما وضعت الخطة المصرية للطاقة الشمسية، التي بدأت في عام ٢٠١٢، هدف الوصول إلى قدرة مركبة تبلغ حوالي ٣٥٠٠ ميجاوات من محطات طاقة شمسية بحلول عام ٢٠٢٧، بحيث يحتوي ٢٨٠٠ ميجاوات منها على طاقة شمسية مركزة (CSP) و٧٠٠ ميجاوات على طاقة كهروضوئية (الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠ب). ولقد طرأ على المخطط الاستثماري لهذه الخطة المزيد من التطورات بإضافة مناقصات وتعريفات تفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة وخطط وصول لأطراف ثالثة. وأعلنت وزارة الكهرباء والطاقة وجهاز التنظيم عن نظام التعريفات التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة لدعم مشروعات الطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة تقل عن ٥٠ ميجاوات. وساعد ذلك على تعزيز إنشاء مشروعات للطاقة الشمسية وطاقة الرياح في مصر (الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠١٦). وكذلك تم إقرار عملية التحول بإصدار قانون الكهرباء الجديد رقم ٨٧ لسنة ٢٠١٥، والذي يقضي بفتح الأسواق لزيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة لأقصى درجة (الشركة القابضة لكهرباء مصر، ٢٠١٥؛ مكتبة الشرق الأوسط للخدمات الاقتصادية، ٢٠١٥). هذا ولقد جاء المرسوم بقانون الطاقة المتجددة في مصر رقم ٢٠١٤/٢٠٣ في العام نفسه تنقيحًا لقانون الطاقة المتجددة في مصر لسنة ٢٠١٤. فهو يشجع التقدم بعطاءات في صورة عقود بناء وملكية وتشغيل، بينما تكون

الشكل ٤-٧
تطوير توليد الطاقة الكهربائية المتجددة حسب المصدر (بالجيجاوات ساعة) واستحداث تدابير بشأن سياسات الطاقة، الجزائر ١٩٩٠–٢٠١٨



(المصدر: بيانات صادرة من الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ)

الشركة القابضة لكهرباء مصر مسؤولة عن إدارة المزادات وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة مسؤولة عن تخصيص الأراضي (مكتبة الشرق الأوسط للخدمات الاقتصادية، ٢٠١٥). ولقد تلقت الاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة مزيدًا من الدعم بإصدار القانون رقم ٢٠١٥/١٧، والذي ينظم الحوافز الضريبية للطاقة المتجددة. فبموجب هذا القانون، تم تخفيض ضرائب المبيعات إلى ٥٪ (بعد أن كانت ١٠٪) مع تحديد الرسوم الجمركية على المعدات المستخدمة في الإنتاج بنسبة ٢٪ (الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠١٩). يوضح الشكل ٤-٧ التطور المحرز في توليد الطاقة الكهربائية المتجددة وإدخال تدابير سياسات الطاقة في مصر.

من ناحية تمويل تطوير مجال الطاقة المتجددة، كان لبعض البنوك، مثل البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية (EBRD)، ومؤسسة التمويل الدولية (IFC)، وبنك الائتمان لإعادة الإعمار (KfW)، والبنك الدولي، نشاطهم الملحوظ في مصر بتقديمهم لخيارات تمويل متعددة لمشروعات الطاقة المتجددة (البنك الدولي، ٢٠١٨). فعلى سبيل المثال، قدم البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية ومؤسسة التمويل الدولية دعمًا ماليًا واسعًا لمحطة بنبان للطاقة الشمسية (زغيب، ٢٠١٩؛ مؤسسة التمويل الدولية، ٢٠٢٠)، في حين أن بنك الائتمان لإعادة الإعمار ساهم في المعونات المالية المقدمة لمزارع الرياح الموجود في خليج السويس. كما شرع كل من البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية والوكالة الفرنسية للتنمية (AFD) وبنك الاستثمار الأوروبي (EIB) والاتحاد الأوروبي في وضع برنامج تمويل الاقتصاد الأخضر بقيمة ١٤٠ مليون يورو لتقديم قروض لمشروعات الطاقة المتجددة صغيرة الحجم بواسطة شركات قطاع خاص من خلال البنوك التجارية (البنك الدولي، ٢٠١٨). فضلاً عن ذلك، أدى إصدار السندات الخضراء المصرية إلى دعم بناء مشروع المونوريل بالقاهرة ومحطة تحلية المياه بالضبعة واستثمارات لإدارة النفايات الصلبة ومشروع مزرعة الرياح بقدرة ٢٥٠ ميجاوات في خليج السويس (وزارة المالية، ٢٠٢٠). وتتألف الآليات المالية لدعم تنفيذ مشروعات الطاقة المتجددة في مصر من التعريفات التفضيلية لإمدادات الطاقة المتجددة ومخطط الهندسة والمشتريات والبناء ومخطط البناء والملكية والتشغيل والمزادات (مولينا، ٢٠٢٠؛ شبكة سياسة الطاقة المتجددة للقرن الواحد والعشرين REN21، ٢٠١٩). وبالرغم من ذلك، علّقت الحكومة حاليًا العطاءات وعمليات التكليف الخاصة بالمرافق الكبيرة بسبب تفشي وباء فيروس كورونا كوفيد-١٩.

تحتاج مشروعات الطاقة المتجددة إلى الحصول على تصاريح وتراخيص لمزاولة نشاطها في مصر. ويشمل ذلك تصاريح بناء محطات الطاقة المختلفة، وترخيصًا من جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (EgyptERA) لتوليد الطاقة، وتقييمًا للأثر البيئي والاجتماعي (ESIA). ويحتاج ترخيص توليد الطاقة إلى اعتماده سنويًا وتجديده كل ٥ سنوات (شركة أندرسن تاكس ٢٠٢٠). ولقد اتخذت السلطات المصرية خطوات خاصة للتخفيف من إجراءات الاستثمار في قطاع الطاقة المتجددة في حالة العديد من مواقع المشروعات واسعة النطاق، مثل بنبان. فلقد حرصت على الحصول على كل التصاريح الخاصة بالموقع بالكامل (مثل تصاريح الأراضي) وأعدت تقييمات الآثار البيئية الكلية ولم يتبقَ سوى استكمالها دون مشاورات عامة لحل مشكلات الأراضي المعينة (إكوكونسرف للخدمات البيئية، ٢٠١٦). خصصت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة مساحة ٧٦٥٠ كم^2 لتنفيذ مشروعات الطاقة المتجددة، ولكن ما زال القطاع الخاص يعتبر إجراءات تخطيط المشروعات بيروقراطية وتحتاج إلى وقت طويل.

يوضح التحليل أنه بالرغم من صغر حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الكلي في مصر، شهدت حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الكهربائية ارتفاعًا ملحوظًا (٨٪) في عام ٢٠١٨. فالقطاع يتطور بسرعة كبيرة بتلقيه الدعم من الحكومة المصرية. فالأهداف المراد تحقيقها في مجال الطاقة المتجددة طموحة، ونجحت خطط التنفيذ في جذب المستثمرين، وهو ما أدى إلى زيادة مستمرة في عدد المشروعات واسعة النطاق على مدار السنوات الأخيرة. وعليه، تركت الطاقة المتجددة مستوى التخصص وارتفعت إلى مستوى النظام، بالرغم من حقيقة أن أنواع الوقود الأحفوري لا تزال مصدر الطاقة المهيمن في مصر. وبذلك بلغت عملية توسعة نطاق الطاقة المتجددة في مصر المرحلة الأولى في نموذج التحول في مجال الطاقة.

البنية التحتية

هناك عامل آخر يؤدي دورًا مهمًا في تقدم التحول في قطاع الطاقة وهو تطوير البنية التحتية لقطاع الطاقة. وقد تحسنت البنية التحتية في مصر تحسنًا ملحوظًا على مدى العقد الماضي للتغلب على مشكلة قطع التيار الكهربائي لتخفيف الأحمال في مطلع العقد ٢٠١٠. عقب الاتفاق على مشروع سيمنز العملاق، الذي أضاف ما يزيد على ١٤ جيجاوات إلى الشبكة من ثلاث محطات لتوليد الطاقة والتي تعمل بنظام الدورة المركبة، تضاعفت تقريبًا قدرة التوليد بختام عام ٢٠١٧. وكما ذكرنا سابقًا، زادت قدرة التوليد الإجمالية على مدى الخمس أعوام الماضية، وهو الأمر الذي نشأ عنه فائض في توليد الطاقة. بالإضافة إلى أن النظام الحالي يتضمن قدرات توليد إضافية بحوالي ١٥-٢٠ جيجاوات استنادًا إلى طبيعة الفصل السنوي.

وعلى مستوى النقل الكهربائي، بُذلت الجهود في سبيل إعادة تأهيل الشبكة الحالية مع التركيز على تحسين نظام الفولطية. فعلى مدى الخمس أعوام الماضية، ضخت الشركة المصرية لنقل الكهرباء استثمارات ضخمة في مجال توسيع نطاق الشبكات لتحسين نظام الفولطية وتعزيز قدرة الطاقة التفاعلية عبر الشبكات. ولذلك، هناك مشروعات عدة قيد التطوير تهدف إلى توسيع نطاق شبكة النقل الكهربائي إلى ٥٠٠ كيلوفولط، والتي من شأنها ربط محطات التوليد الهوائية والشمسية بالشبكة الوطنية (جورج، ٢٠١٨). كما سترتفع حصة الطاقات المتجددة في القدرة المركَّبة -ومنها الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح المتغيرة - على الأجلين المتوسط والطويل. ومن المتوقع أن تشكل هذه الأهداف مجموعة متنوعة من التحديات التقنية أمام الشبكة. واستجابة لذلك، أجرت شركة سيمنز لتقنيات الطاقة الدولية (PTI) دراسة لوضع خريطة الشبكة الذكية للشركة المصرية لنقل الكهرباء، حيث ستقدم الدراسة توصيات عن البنية التحتية الذكية المطلوبة لاستيعاب ٤٢٪ من حصة الطاقات المتجددة المتوقعة بحلول عام ٢٠٣٥.

ووفقًا للخبراء الذين أُجريت معهم مقابلات، يمثل توسّع الشبكة وإدخال تحسينات عليها أولوية عاجلة (وبالتحديد فيما يتعلق بالنقل الكهربائي) لأنه بالفعل يصعب على الشبكة التربيعية الحالية استيعاب فائض التوليد. كما أن العقبات المحيطة بخطوط النقل وقدرات المحطات الثانوية تؤدي إلى إهدار معظم الفائض من توليد الطاقة الحالي. وللمساعدة في التغلب على هذه المشكلة، تم وضع خطة لإنشاء مراكز مراقبة جديدة ومتطورة داخل شبكات النقل.

ومن ناحية التوزيع، يشكل دمج أنظمة الطاقة الكهروضوئية على أسطح الأبنية ومحطات شحن المركبات الكهربائية بمستويات منخفضة الفولطية قلقًا متزايدًا. وعليه، وضع جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك مؤخرًا شرطًا أساسيًا يُلزم بتقديم دراسة أثر الشبكة من أجل التركيبات الجديدة مقدمًا. وبعد ذلك، يمكنهم الحصول على ترخيص لتركيب النظام (جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، ٢٠٢٠ب). ولكن، القليل مع الشركات في مصر تحظي بالمعرفة التقنية اللازمة لإجراء دراسات الأثر تلك.

الشكل ٤-٨
شبكة نقل الكهرباء في مصر تُبيّن مراكز الأحمال الرئيسية

(المصدر: بيانات الإنشاء الخاصة استنادًا إلى الشركة القابضة لكهرباء مصر، ٢٠١٨؛ Energydata، ٢٠١٧)

ولقد أعلنت مصر في استراتيجية التنمية المستدامة ٢٠٣٥ عن نيتها في أن تصبح المحور المركزي للطاقة (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة العربية، ٢٠١٨). ومراعاة لهذا الهدف، شرعت الشركة القابضة لكهرباء مصر في وضع سياسات جديدة ذات أهداف طموحة بغرض توسيع نُظم النقل الكهربائي (وبالأساس لضمان استخدام فائض التوليد) وتعزيز التجارة في الطاقة على الصعيدين الإقليمي والدولي. ويوجد حاليًا اثنان من شبكات الربط البينية التشغيلية، تقع إحداهما في الأردن بسعة نقل ٤٠٠ كيلوفولط وقدرة ٤٥٠ ميجاوات، والأخرى في ليبيا بسعة نقل ٢٢٠ كيلوفولط وسعة ٢٠٠ ميجاوات. وكلاهما يأتيان ضمن مشروع الربط الثماني (EIJLLPST) (البنك الدولي، ٢٠١٣). فضلًا عن وجود خطة تنطوي على بناء شبكة ربط بينية كهربائية مع المملكة العربية السعودية لتبادل طاقة بسعة ٣٠٠٠ ميجاوات. وتتحقق هذه المخططات باستخدام تقنية النقل ثنائية القطبين ذات التيار المستمر مرتفع الجهد بسعة ٥٠٠ كيلوفولط من خلال محطة فرعية في مصر ومحطتان في المملكة العربية السعودية. ومن المخطط بناء شبكة ربط بينية أخرى بين مصر والسودان بسعة نقل ٢٢٠ كيلوفولط وقدرة ٣٠٠ ميجاوات متوقعة (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة العربية، ٢٠١٨). ومع ذلك، ما زالت خطة التجارة في الكهرباء قيد البحث، ويتضمن التقدم المحرز حتى الآن القليل من مذكرات التفاهم واتفاقيات عدم الإفصاح موقعة في المدة بين ٢٠١٧ و٢٠٢٠، ولم يتم إبرام أي عقود حتى الآن (المصدر ذاته). وكي تبني مصر كيانها كمحور مركزي للتجارة في الطاقة والكهرباء، تفتح مصر أيضًا سوقًا للتجارة في الكهرباء مع دول تجمع الطاقة في شرق أفريقيا (EAPP). فضلًا عن انضمام مصر إلى عدّة منظمات ورابطات إقليمية ودولية، مثل رابطة ميسّري شبكات نقل الكهرباء للمتوسّط ومنظمة الاتحاد من أجل المتوسط (المصدر ذاته). كما تُجرى دراسات بشأن الربط البيني المتعلق بالربط مع الاتحاد الأوروبي عبر جمهورية قبرص.

وفيما يتعلق بتطوير شبكة توزيع الكهرباء، تتجه شركات توزيع الكهرباء إلى رقمنة الشبكة باستخدام نظام قياس صافي الطاقة. على سبيل المثال، وقعت شركة شمال القاهرة لتوزيع الكهرباء عقد هندسة ومشتريات وبناء مع اتحاد يتألف من شركة السويدي إلكتريك وشركة تويوتا تسوشو لتركيب حوالي ٥٠٠ ألف عداد ذكي (الزاوية، ٢٠٢٠). وذلك من شأنه تقديم حل ذكي لرقمنة الشبكة. ولن تتجاوز الرسوم الجمركية على جميع المواد والمعدات المستوردة ذات الصلة بتقنيات الطاقة المتجددة نسبة ٢٪ (مولينا، ٢٠٢٠).

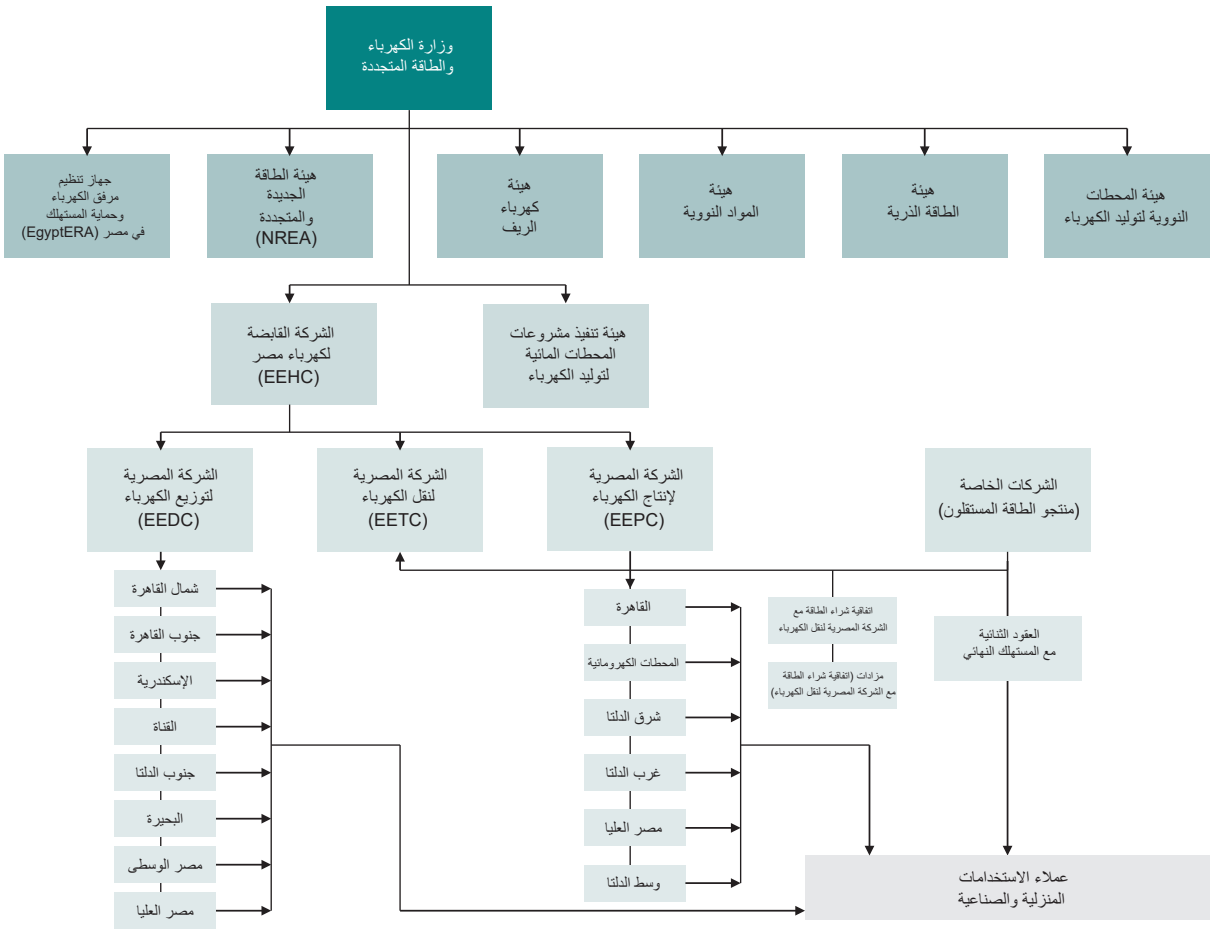
يوضح الشكل رقم ٤٨ شبكة نقل الكهرباء في مصر. تستند البيانات إلى عام ٢٠١٧، ولذا فإن التوسعات الحديثة قد لا تكون مشمولة. ومع هذا، تبين الخريطة خط شبكة النقل الحالية (الخط الأحمر) ذي مراكز الأحمال الضخمة في جميع أنحاء مصر (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة العربية، ٢٠١٨).

ويتبين من تقييم التطورات الأخيرة للتقدم المحرز في مسألة التحول في قطاع الطاقة أن هناك جهودًا واضحة قد بُذلت لتوسيع الشبكة لتلبية ذروة الطلب الفائقة. ومع ذلك، لم يتم إدراج جميع أجزاء الشبكة ضمن عمليات الإصلاح، أي أن خسائر الشبكة على مستوى النقل والتوزيع ما زالت تشكل تحديًا. وبالتالي، يمكن تصنيف مصر على أنها قد دخلت المرحلة الأولى من نموذج التحول في قطاع الطاقة - ولكنها لم تُكمل المرحلة حتى الآن - وهذا فيما يتعلق بتطوير البنية التحتية.

المؤسسات والحوكمة

تشكل العوامل المؤسسية والمالية والسياسية، بالإضافة إلى الجوانب المتعلقة بالسوق والاقتصاد، طبقة إضافية في النموذج المرحلي الخاص بالتحول في قطاع الطاقة. وفي سياق التزام مصر السياسي، تسعى

الشكل ٤-٩
هيكل سوق الكهرباء يوضّح الشركات والهيئات المعنيّة



(المصدر: بيانات الإنشاء الخاصة استنادًا إلى مؤسسة RES4MED، ٢٠١٥)

استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام ٢٠٣٥ إلى زيادة إمداد الكهرباء المولدة من مصادر الطاقة المتجددة بمعدل ٤٢٪ بحلول عام ٢٠٣٥ باستخدام الطاقة الشمسية المركزة موفرة بذلك ٤٪، و٢٢٪ من الطاقة الكهروضوئية، وطاقة الرياح بمعدل ١٤٪، و٢٪ من الطاقة الكهرومائية (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، ٢٠٢٠). وبموجب إطار الاستراتيجية، تتمثل الأهداف الأساسية في ضمان أمن الطاقة واستقرارها واستدامتها. علاوة على ذلك، تستند استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام ٢٠٣٥ إلى أقل النُهج تكلفة، بمعنى أنه بحلول عام ٢٠٢٢ سيتم خفض الإعانات المالية المتعلقة بالطاقة وبالتالي يتم تحرير بنية السوق. وتهدف الاستراتيجية إلى استخدام ١٦٪ من حصة طاقة الفحم و٣,٣٪ من الطاقة النووية (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠١٨ب). وبالرغم من هذا، مازالت الشكوك قائمة حول هذا النهج بسبب التغير السريع في قطاع الطاقة. واستجابة لاكتشافات الغاز الجديدة والانخفاض الحاد في أسعار الطاقات المتجددة، يجب تحديث الاستراتيجية بانتظام بحيث تعكس التطورات الجديدة (المصدر ذاته). ويُقال أن الإصدار المُحدث للإطار الزمني حتى عام ٢٠٤٠ يضم خطة استراتيجية للاقتصاد الهيدروجيني والأخضر لمصر[٢]. كما طورت مصر »استراتيجية التنمية المستدامة - رؤية مصر ٢٠٣٠ وفقًا لأهداف التنمية المستدامة الدولية (SDGs)، إذ تمثل هذه الاستراتيجية خارطة طريق لمصر لتحقيق أهدافها بحلول ٢٠٣٠. فهي تشتمل على مراجع لأمن الطاقة، والاستخدام الأمثل للموارد، وفرص تعزيز القدرة التنافسية لمصر، وخفض الانبعاثات في قطاع الطاقة، ومكانتها كمحور مركزي للطاقة (وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية، ٢٠٢٠). وعلى الرغم من تركيز هاتين الاستراتيجيتين على مصادر الطاقة المتجددة و مبدأ الاستدامة، أطلقت مصر برنامج تحديث للنفط والغاز بهدف أن تصبح محورًا رائدًا وإقليميًا في النفط والغاز.(مبارز، ٢٠٢٠).

إن وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة هي الجهة المعنيّة الرئيسية في قطاع الكهرباء في مصر، والمنوطة بوضع الاستراتيجية الوطنية للطاقة وتنفيذها، فضلاً عن أنها تتولى مسؤولية الإشراف على الشركة القابضة لكهرباء مصر وجهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة. ذلك، حيث يعمل جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك على تنظيم ومراقبة جميع أنشطة توليد الكهرباء ونقلها وتوزيعها، ويُعدّ مسؤولاً عن تحديد التعريفات وإصدار التراخيص للقطاع الخاص. والشركة القابضة لكهرباء مصر هي شركة مملوكة للدولة، تمتلك وتدير قطاع توليد الكهرباء بالكامل تقريبًا - وكذلك شبكات النقل والتوزيع - من خلال الشركات التابعة لها. أما الشركة المصرية لنقل الكهرباء، فهي شركة تابعة للشركة القابضة لكهرباء مصر ومسؤولة عن إدارة شبكة نقل الكهرباء وتشغيلها وصيانتها في مصر (RES4MED، ٢٠١٥). وبعد إعادة هيكلة قطاع الكهرباء في عام ٢٠٠٠، أقدَمت الحكومة

٢ المعلومات المقدمة أثناء فعالية بعنوان *خارطة طريق لتحقيق أهداف الطاقة المستدامة لمصر ٢٠٣٥: التحوّل في قطاع الطاقة وتحديث قطاع الطاقة المصري* في ٢٣ نوفمبر ٢٠٢٠ (https://sustainableenergyegypt.com).

المصرية على تحرير سوق الكهرباء بصورة قانونية من خلال إنشاء الشركة القابضة لكهرباء مصر. وقد تم حاليًا الفصل بين أنشطة التوليد والنقل والتوزيع والتجزئة في قطاع الكهرباء، حيث توجد ست شركات إقليمية لتوليد الكهرباء وتسع شركات للتوزيع (المصدر ذاته). وتمتلك الشركة القابضة لكهرباء مصر حوالي ٩٠٪ من القدرة المركّبة لتوليد الطاقة، في حين أنه يُسمَح بمشاركة القطاع الخاص بموجب عقود البناء والامتلاك والتشغيل (المصدر ذاته). ويتم توقيع العقود في إطار اتفاقية لشراء الطاقة بين الشركات الخاصة والشركة المصرية لنقل الكهرباء لمدة تتراوح من ٢٠ إلى ٢٥ عامًا. حيث تستحوذ هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة عادةً على منتجي الطاقة المستقلين. وفي الوقت الحالي، لا يُمثِّل منتجو الطاقة المستقلون إلا حصة ضئيلة للغاية في سوق الكهرباء في مصر بوجه عام. وتعتبر الشركة المصرية لنقل الكهرباء المشتري الوحيد الذي ينفرد بشراء جميع الكهرباء من شركات التوليد. كما يمكن أيضًا للمستهلكين المتصلين بشبكات ذات الجهد الفائق والجهد العالي التفاوض بشأن العقود المباشرة مع الشركة المصرية لنقل الكهرباء. ولم يتم فصل أنشطة التجزئة. حيث ينصّ القانون رقم ٨٧ لعام ٢٠١٥ على تحرير سوق الكهرباء؛ ومع ذلك، فقد تأخّر فتح السوق نظرًا لإعادة هيكلة القطاع والإصلاح الدائم لنظام الدعم. ويوضّح الشكل ٤-٩ الهيكل المؤسسي لقطاع الطاقة في مصر.

على الرغم من أن مصر قد بدأت رسميًا في تحرير سوق الكهرباء، فإن الشركة القابضة لكهرباء مصر تضم العديد من الشركات التابعة لها. ونظرًا لأن الشركة القابضة لكهرباء مصر تمتلك معظم قدرات توليد الطاقة، فلا تزال السوق تحتفظ بخصائص الاحتكار. لذا، يجب تعزيز تحرير سوق الطاقة من أجل تلبية متطلبات المرحلة التالية من النموذج المرحلي. ومن ثمّ، تُصنَّف مصر بأنها في المرحلة الأولى وفقًا لنموذج التحوّل في قطاع الطاقة.

سوق الطاقة والاقتصاد

يتبع هيكل تعريفات الكهرباء في مصر هيكل الأسعار المحددة حسب شرائح، حيث توجد ثلاث شرائح ترتفع فيها أسعار الكهرباء مع زيادة استهلاك الكهرباء (جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، ٢٠٢٠أ). تختلف التعريفة حسب مستوى الجهد الذي يتصل به العميل: الجهد الفائق (EHV) أو الجهد العالي (HV) أو الجهد المتوسط (MV) أو الجهد المنخفض (LV). وتعد أعلى تعريفة [٣] ١,٤٥ جنيه مصري لكل كيلو وات في الساعة بالنسبة للاستهلاك الذي يتجاوز ١٠٠٠ كيلو وات في الساعة شهريًا. حيث تبلغ أسعار الشرائح للقطاع التجاري [٤] ١,٣٥ جنيه مصري لكل كيلو وات في الساعة، بغض النظر عن إجمالي الاستهلاك الشهري. ويدفع العملاء من ذوي الجهد الفائق والعالي والمتوسط تعريفة أوقات الذروة وخارج أوقات الذروة مقابل استهلاك الطاقة والكهرباء. وكذلك تدعم مصر الوقود الأحفوري إلى حد كبير، إلى جانب الكهرباء. في عام ٢٠١٩، تم دعم النفط بما يُقدّر بقيمة ٩,١ مليار دولار أمريكي، والكهرباء بمبلغ ٦,٤ مليار دولار أمريكي، والغاز بمبلغ ٠,٤ مليار دولار. ومع هذا، تعتزم الحكومة إلغاء هيكل الدعم تدريجيًا، حيث شكّلت توسعات الشبكات وزيادة قدرتها في الأعوام الأخيرة عبئًا ماليًا كبيرًا، إلا أن الحكومة تلتزم بضمان إمداد الكهرباء. ووفقًا لوزارة المالية، فإن ميزانية مشروعات الكهرباء في العام المالي ٢٠/٢٠١٩ بلغت نسبتها ٢٤٪ من إجمالي القروض والائتمانات التي تضمنها الخزانة (باتر، ٢٠١٩). بيد أنه تم إرجاء تنفيذ خطط إصلاح هيكل الدعم في مصر حاليًا بسبب التداعيات الاقتصادية السلبية لجائحة كوفيد ١٩. وفي وقت لاحق في يونيو ٢٠٢٠، قرّر وزير المالية مدّ فترة خطة رفع الدعم عن الكهرباء لمدة ثلاثة أعوام أخرى (حتى نهاية العام المالي ٢٥/٢٠٢٤ بدلاً من العام المالي ٢٢/٢٠٢١). إلى جانب زيادة التعريفات المعلنة في يونيو ٢٠٢٠، فقد أدى انتشار الوباء إلى إلحاق أضرار بالغة بقطاع الطاقة وكذلك حدوث انخفاض كبير في الطلب على الطاقة.

الكفاءة

يهدف إصلاح نظام الدعم المتوقع أيضًا إلى تحسين الأداء فيما يتعلق بكفاءة استخدام الطاقة في مصر. حيث سعت مصر إلى خفض استهلاكها للطاقة بنسبة ٥٪ خلال الفترة ٢٠١٢-٢٠١٥ مقارنةً بمتوسط الاستهلاك على مدى الأعوام الخمس السابقة، وذلك وفقًا لخطة العمل الوطنية الأولى لرفع كفاءة الطاقة (NEEAP I) لديها، والتي كانت تنطوي على عدد من أوجه القصور (الرفاعي وخليفة، ٢٠١٤)، ما أدى إلى تعديل الخطة ووضع خطة العمل الوطنية الثانية لرفع كفاءة الطاقة (NEEAP II) للفترة ٢٠١٨-٢٠٢٠ (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة، ٢٠١٨). تتوافق خطة العمل الوطنية الثانية لرفع كفاءة الطاقة مع استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة في مصر حتى عام ٢٠٣٥، كما تساهم في تحقيق رؤيتها وأهدافها. وتهدف إلى تطبيق الأحكام التي ينص عليها قانون الكهرباء رقم ٨٧ لعام ٢٠١٥ ولائحته التنفيذية من أجل تحسين كفاءة الطاقة. حيث تتضمن خطة العمل الوطنية الثانية لرفع كفاءة الطاقة استخدام نظم الإضاءة عالية الكفاءة في قطاع الإسكان وآليات التمويل لنشر استخدام السخانات الشمسية في القطاعين السكني والفندقي واستخدام نظم الإنارة العامة الموفّرة للطاقة وترشيد استهلاك الطاقة في محطات المياه والصرف الصحي وبرامج التوعية.

انبعاثات الغازات الدفيئة

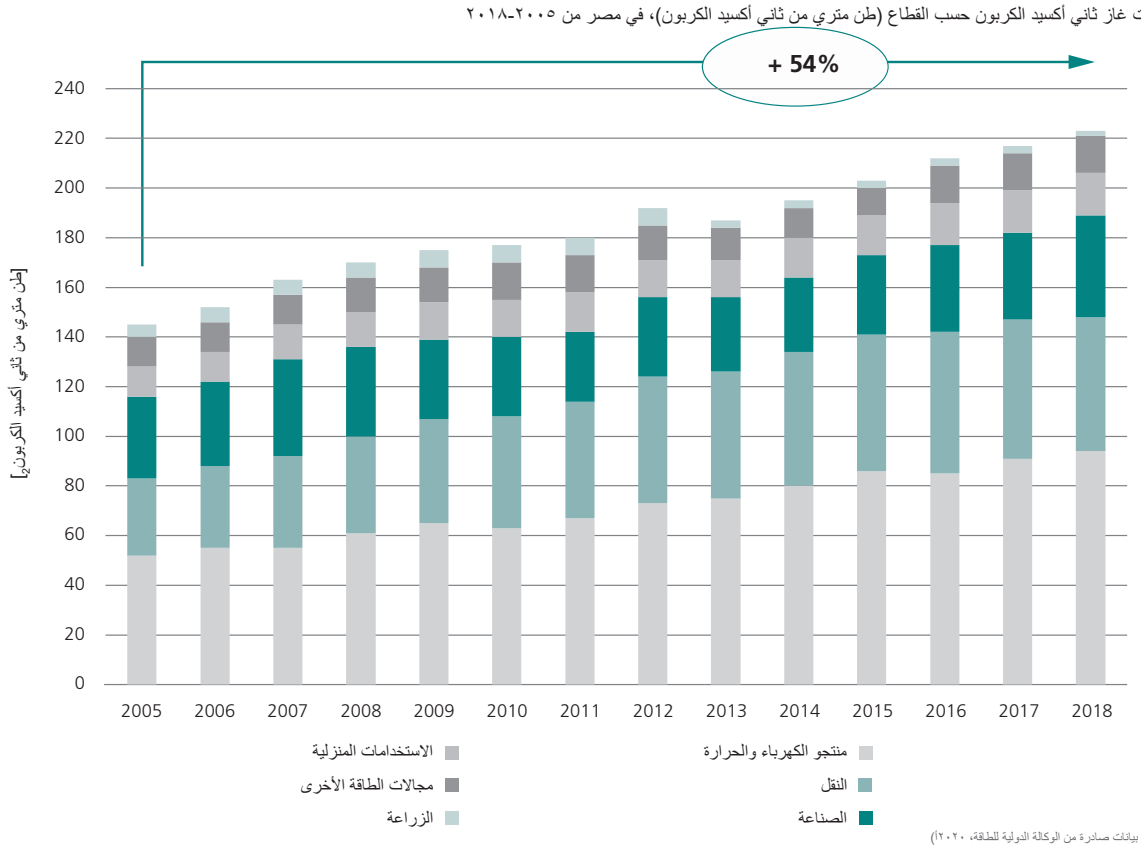
على الرغم من الجهود التي تبذلها مصر للامتثال لاتفاقية باريس والتدابير المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة، فإنها تسعى جاهدةً إلى الحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون لديها. ومع هذا، فقد زادت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في مصر بنسبة ٥٤٪ في عام ٢٠١٨، وذلك مقارنةً بعام ٢٠٠٥. ويرجع ذلك بدرجة كبيرة إلى إنتاج الكهرباء وتوليد الحرارة، إلا أن هذه الزيادة تنجم أيضًا عن تطوّر قطاع الصناعة. كما ارتفعت الانبعاثات الناتجة عن قطاع النقل بنسب أقل. ويُقدّم الشكل ٤-١٠ صورة كاملة عن حجم انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع. كما يُبيّن الشكل ٤-١١ انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الكهرباء وتوليد الحرارة حسب المصدر، حيث يتضح جليًا أن الغاز يُمثّل نحو ٨٠٪ من الانبعاثات.

ثمة جزء من الاتفاقية الخضراء الأوروبية يتضمن آلية تعديل حدود الكربون (CBAM) الأوروبية الجديدة، والتي تفرض سعر الكربون على المنتجات المستوردة المُسبّبة للتلوّث الشديد. ويُعدّ ذلك من الأمور المثيرة للقلق بشكل متزايد لدى قطاعات التصدير في مصر. ذلك، حيث يخشى الخبراء الذين أُجريت معهم مقابلات أن تكون لجهود الاتحاد الأوروبي الرامية إلى إزالة الكربون تداعيات سلبية على القدرة التنافسية للمنتجات المصرية. وبالرغم من ذلك، فقد تُعدّ ضريبة حدود الكربون هذه فرصةً وقوةً دافعةً لمصر للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة بها.

٣ ما يُعادل ٠,٠٨ يورو/كيلو وات في الساعة باستخدام محول العملات www.euro-currency.eu

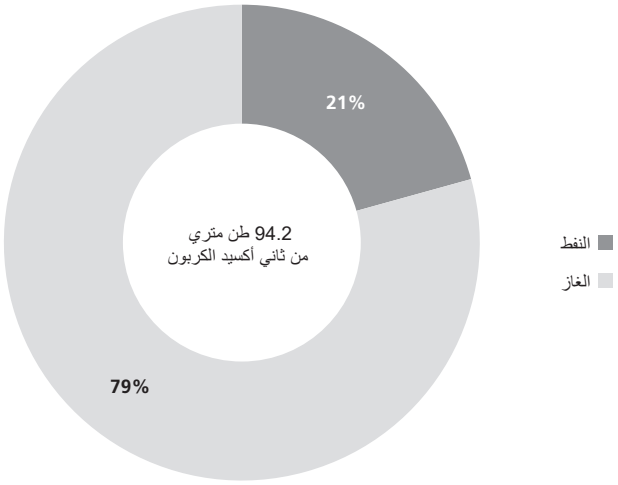
٤ ما يُعادل ٠,٠٧ يورو/كيلو وات في الساعة باستخدام محول العملات www.euro-currency.eu

الشكل ٤-١٠
انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع (طن متري من ثاني أكسيد الكربون)، في مصر من ٢٠٠٥-٢٠١٨



(المصدر: بيانات صادرة من الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠)

الشكل ٤-١١
انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن توليد الكهرباء والحرارة حسب مصدر الطاقة (طن متري من ثاني أكسيد الكربون)، مصر ٢٠١٨



(المصدر: بيانات صادرة من الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠)

المجتمع

هناك عوامل أخرى تدعم التحول في قطاع الطاقة منها الوعي والقبول والدعم المستمر من جانب المجتمع، فضلًا عن العوامل التقنية والمؤسسية والسوقية. وعمومًا، تلقى تقنيات الطاقة المتجددة قبولًا حسنًا لدى المصريين، حيث إن مصادر الطاقة المتجددة من الموضوعات المتداولة على مواقع التواصل الاجتماعي. فقد أثار الإعلان عن أسعار الكهرباء الجديدة (الأكثر ارتفاعًا) في يونيو عام ٢٠٢٠ جدلًا وكان موضعًا للمناقشة العامة بين المواطنين. حيث تمت زيادة الأسعار استجابة للرغبة في تطبيق سياسية عادلة وشفافة للكهرباء (المبادرة المصرية للحقوق الشخصية، ٢٠١٧) ومع ذلك، أوضح الخبراء خلال المقابلات الشخصية أن مصر بحاجة إلى رفع الوعي بشأن كفاءة الطاقة والحفاظ عليها ومعايير المحافظة على البيئة. فنادرًا ما يعي مندوبي المبيعات مغزى ملصقات استهلاك الطاقة على الأجهزة المنزلية التي توضح كفاءة الطاقة، ناهيك عن العامة. ولقد ساهمت بعض المبادرات والحملات الوطنية في رفع الوعي، إلا أن هذه التدابير ما زالت محدودة. فمثلًا، بين عامي ٢٠١٨ و٢٠١٩، اضطلع مشروع الوكالة الألمانية للتعاون الدولي

(GIZ) واللجنة المصرية الألمانية المشتركة للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وحماية البيئة (JCEE) بالتعاون مع وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة بإطلاق حملة "الذكاء الكهربائي"[٥]، حيث تنشر هذه الحملة عبر مواقع التواصل الاجتماعي موضوعات حول تدابير الحفاظ على الطاقة وتعرض مقاطع فيديو تعليمية قصيرة وتشارك مواد دعائية وتعلن عن فعاليات. وقد أشار الخبراء خلال المقابلات الشخصية إلى إمكانية مساهمة هذه الحملات على مواقع التواصل الاجتماعي في تقليل استهلاك الكهرباء في المنازل بنسبة ١٠٪.

ومع ذلك، ما زالت المخاوف والانطباعات الخاطئة عن مصادر الطاقة المتجددة تراود السكان. ففي أواخر عام ١٩٩٠، تم تقديم سخانات مياه تعمل بالطاقة الشمسية بديلًا عن السخانات التي تعمل بالكهرباء والغاز، ولكن تم إغراق السوق بمنتجات من موردين مجهولين، معظمهم من الصين. حيث تم تصنيع الكثير من هذه المنتجات من مكونات منخفضة الجودة، ومن ثم فقد كانت تتعطل باستمرار، مما أثر بالسلب على سمعة مصادر الطاقة المتجددة ونظرة العامة لها، وقد استغرق تغيير هذه الصورة العديد من السنوات. بالإضافة إلى ذلك، فإن الألواح الشمسية الكهروضوئية التي تُصنع معظمها في الصين لا تُلبي دائمًا معايير الجودة، كما أن هناك نقصًا في الوعي بشأن الأطر التنظيمية المختلفة المتعلقة بتركيب أنظمة الطاقة الكهروضوئية. نتيجة لذلك، لا يعلم الناس بوجود تعريفة الطاقة المتجددة وأنظمة القياس الصافي بالرغم من طرحها منذ عام ٢٠١٤ و٢٠١٦ على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، فإن ارتفاع تكاليف الاستثمار وغياب القروض المُيسرة من البنوك تُثني الناس عن الاستثمار في أنظمة الطاقة المتجددة. وتعد معدلات الفوائد المرتفعة التي تفرضها الكثير من البنوك على ائتمانات مصادر الطاقة المتجددة هي نتيجة لعجز البنوك عن توقع المخاطر المرتبطة بها، نظرًا لمعرفتهم المحدودة بتقنيات الطاقة المتجددة. ولتخطي هذا الوضع، طرحت مصر العديد من المبادرات لتعزيز قدرات القطاع البنكي لفهم التقنيات الخضراء فهمًا أفضل. وكان أحدث هذه البرامج هو "الصيرفة الخضراء"[٦]، الذي تدعمه الوكالة الألمانية للتعاون الدولي.

تتولى مراكز التدريب المتخصصة في التدريب المهني على موضوعات الطاقة المتجددة العمل على بناء القدرات وتوفير الفرص التعليمية. وتكون معظم هذه البرامج برعاية منظمات مانحة بالتعاون مع هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة. ولقد تولى برنامج الوكالة الألمانية للتعاون الدولي/اللجنة المصرية الألمانية المشتركة للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وحماية البيئة تدريب ٣٠٠ مهندس وفني تركيبات من شركات مصرية تعمل في توريد وتركيب وتشغيل وصيانة أنظمة الطاقة الكهروضوئية على الأسطح (أقل من ٥٠٠ كيلو وات ذروة)، كما تقدم الجامعات التي تركز على الطاقات المتجددة برامج البكالوريوس والماجستير في الهندسة. ومع ذلك، فإن الدراسة والتدريب المهني ما زالا متخصصين للغاية وبرامج تكنولوجيا تحويل فائض الكهرباء إلى أشكال أخرى من الطاقة (PtX) ما زالت غير شائعة.

وبصفة عامة، مشاركة المواطنين في التحول في قطاع الطاقة ما زالت محدودة. وهناك بعض منصات النقاش مثل "منتدى القاهرة للتغير المناخي"[٧]، والذي يجمع بين الأوساط العلمية والحكومة والقطاع الخاص والمواطنين. وتقدم الشبكات الفاعلة مثل مشروع نظم الخلايا الشمسية الصغيرة[٨] أو مركز تحديث الصناعة[٩] منصات لرابطات الأعمال التجارية المختلفة لمناقشة تقنيات الطاقة المتجددة.

أما فيما يتعلق بتصنيف مصر في النموذج المرحلي، فيتبين بوضوح من بند "المجتمع" أن مصر تطبق برامج لرفع الوعي بمصادر الطاقة المتجددة. وعمومًا، تترك هذه الحملات آثارًا إيجابية على التصور الذي يكونه الناس. ومع ذلك، لا يبدو أن المصريين على علم بتدابير المحافظة على البيئة ومعايير الحفاظ على الطاقة ولا يساهمون في تطبيقها؛ لذلك فقد دخلت مصر في المرحلة الأولى من النموذج بسبب هذا المعيار، إلا أنها لم تحقق جميع الأهداف الضرورية للانتقال إلى المرحلة الثانية. ومن المعلوم بأن القيم السلوكية والثقافية تتغير ببطء شديد؛ ولذا سيتطلب تعزيز القيم البيئية وغرسها في الثقافة المصرية الكثير من الوقت والجهد. ومن ثم، ستستغرق مصر مدة طويلة لإحراز التقدم في المرحلة الثانية من التحول في قطاع الطاقة في بند "المجتمع".

موجز حول الوضع الراهن وتطورات مستوى النظام

فيما يتعلق بالوضع الراهن، من المتوقع أن تؤثر جائحة كوفيد-١٩ على التحول في قطاع الطاقة على الأقل على المدى القصير، ومن المحتمل أن يمتد هذا التأثير أيضًا على المدى البعيد. ففي مصر، أدت الجائحة إلى تباطؤ سير هذا التحول، حيث إنها أثرت بالسلب على سلسة التوريد الخاصة بجميع مشروعات الهندسة والمشتريات والتعمير قيد التنفيذ تقريبًا؛ لذا من المتوقع أن يؤدي هذا التأجيل إلى زيادة التكاليف. ودفعت هذه الأزمة أيضًا الحكومة إلى اتخاذ خطوات للحد من التوسع في توليد الطاقة المتجددة خلال عام ٢٠٢٠، فقد وضع جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك حدًا أقصى لمخطط القياس الصافي في مايو ٢٠٢٠، حيث تضمن ذلك تحديد تركيب أنظمة القياس الصافي للطاقة الكهروضوئية حتى ٣٠٠ ميجاوات ذروة (جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك، ٢٠٢٠ب). وقد رأى الكثير من العاملين في مجال تركيبة أنظمة الطاقة الكهروضوئية أن هذا التغيير سيقيد التطورات المستقبلية في سوق الطاقة الكهروضوئية.

بالإضافة إلى الجائحة، توجد حواجز تقنية ومالية وتنظيمية أخرى تؤثر على تطور التحول في قطاع الطاقة على مستوى النظام. وبالرغم من استثمار الشركة المصرية لنقل الكهرباء المستمر في شبكة نقل الكهرباء، فالتحديث نادرًا ما يتضمن طرق نقل اقتصادية متطورة وقدرات احتياطي الطاقة الدوار (أي قدرات توليد الطاقة الإضافية) والذي ما زال محدودًا. ولضمان الاستدامة المالية لقطاع الطاقة، من الضروري فتح السوق ودمج القطاع الخاص. ومع ذلك، يتسم قطاع الطاقة في مصر كالكثير من الدول في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بأنه سوق يهيمن عليه مشتري واحد، حيث إن الشركة القابضة لكهرباء مصر هذه هي الجهة المحتكرة. وبالرغم من إعلان مصر عن نيتها بإعادة تنظيم السوق في عام ٢٠١٥ من خلال إصدار القانون رقم ٨٧ لسنة ٢٠١٥، فما زال التقدم المُحرز طفيفًا أو يكاد يكون منعدمًا. حيث تحظى مصر بحصة من قياس صافي الطاقة وقد وضعت مؤخرًا حدًا للطاقة الكهروضوئية، ومن المتوقع إزالة هذه الحواجز التنظيمية بمجرد تحرير سوق الكهرباء المصري.

وبإيجاز، فإن العديد من العوامل على مستوى النظام تُعيق قدرة مصر في الوقت الراهن على التقدم في مسألة التحول في قطاع الطاقة، وهي فائض توليد الطاقة، ومتطلبات الاستدامة المالية للقطاع، وغياب الاستعداد على مستوى المجتمع للدفع مقابل الطاقات المتجددة.

٥ للمزيد من المعلومات عن منصات التواصل الاجتماعي، يرجى زيارة: https://www.facebook.com/Alzaka2alkahraba2y/

٦ معلومات إضافية: https://www.renac.de/projects/current-projects/green-banking/green-banking-mena

٧ معلومات إضافية: https://kairo.diplo.de/eg-de/themen/kultur/-/2415226

٨ معلومات إضافية: https://egypt-pv.org/

٩ معلومات إضافية: http://www.imc-egypt.org

الجدول ٤-٢
الاتجاهات والأهداف الحالية للتحوّل في مجال الطاقة

الفئة	المؤشر	٢٠٠٥	٢٠١٠	٢٠١٥	٢٠١٨	٢٠٢٠	٢٠٣٠	٢٠٤٠
الانبعاثات الكربونية (مقارنة بعام ١٩٩٠)	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي)	+١٩٪	+٧٪	+٤٪	غير متوفر	غير متوفر	-	-
	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفرد	+٣٦٪	+٥٠٪	+٥٧٪	+٦٤٪	غير متوفر	-	-
الطاقة المتجددة	نمو الطاقة (ميجاوات)	غير متوفر	٣,٤٨٣	٣,٧١٣	٤,٨١ طاقة شمسية كهروضوئية بقدرة ٤٢٢٠ ميجاوات، طاقة شمسية مركزة بقدرة ١,١ جيجاوات، طاقة الرياح بقدرة ٧,٢ جيجاوات (٢٠٢٠)		طاقة كهرومائية بقدرة ٢,٨ جيجاوات، طاقة شمسية كهروضوئية بقدرة ٧٠٠ ميجاوات (٢٠٢٧)، طاقة شمسية مركز بقدرة ٢,٨ جيجاوات (٢٠٣٠)	
	الحصة في استخدام الطاقة الأخير	٦,٥٪	٥,٧٪	٥,٧٪	٥,٥٪ (٢٠١٧)	غير متوفر	-	-
	الحصة في مجموع الطاقة الكهربائية	١٢,١٪	١٠,٤٪	٩,١٪	٨,١٪	٢٠٪ (٢٠٢٢)	٤٢٪ (٢٠٣٥)	-
كفاءة الطاقة (مقارنة بعام ١٩٩٠)	إجمالي إمدادات الطاقة الأولية	+٨٨,٧٪	+١٢٣,٥٪	+١٤٤٪	+١٨٩,١٪	غير متوفر	-	-
	كثافة الطاقة من الطاقة الأولية	+٥,٣٪	-٨٪	-١٢,١٪	غير متوفر	غير متوفر	-	-
	إجمالي إمدادات الطاقة للفرد	+٣٣,٣٪	+٥٠٪	+٥٠٪	+٦٦,٧٪	غير متوفر	-	-
	استهلاك الكهرباء للفرد	+٨٥,٧٪	+١٢٨,٦٪	+١٢٨,٦٪	+١٢٨,٦٪	غير متوفر	-	-
	دعم الوقود الأحفوري (٪ من الناتج المحلي الإجمالي لعام ٢٠١٩)	غير متوفر	غير متوفر	غير متوفر	٥,٢٪ من الناتج المحلي الإجمالي: ٩,١ مليار دولار (نفط)، ٦,٤ مليار دولار (كهرباء)		-	-
الأبنية	استهلاك الأبنية السكنية النهائي للكهرباء (مقارنة بعام ٢٠٠٥)	+١٥٤,١٪	+٢٨٥,١٪	+٤٥٠٪	+٤١١,٢٪	غير متوفر	-	-
النقل (مقارنة بعام ١٩٩٠)	إجمالي استهلاك الطاقة النهائي	+٨٩,٩٪	+١٧٦,٥٪	+٢٤١,٨٪	+٢٣٥,٦٪	غير متوفر	-	-
	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل	+١٨,٢٪	+٢٧,٣٪	+١٣,٦٪	+٥٤,٥٪	غير متوفر	-	-
	عدد المركبات الكهربائية	غير متوفر	غير متوفر	غير متوفر	غير متوفر	أقل من ٥٠٠	إنتاج ٢٥ ألف مركبة كهربائية سنويًا	
الصناعة	الكثافة الكربونية للاستهلاك الصناعي (مقارنة بعام ١٩٩٠)	-١٣,٧٪	-٢١,١٪	-١٨,٤٪	-١٥,٤٪	غير متوفر	-	-
	القيمة المضافة (٪ من الناتج المحلي الإجمالي)	٣٤,١٥٪	٣٥,٧٨٪	٣٦,٦٪	٣٤,٩٪ (٢٠١٩)	-	-	-
أمن الإمدادات	واردات الغاز الطبيعي	غير متوفر	+٣٧,١٪ (٢٠١٦)	+١٥,٣٪ (٢٠١٧)	-٥٦,١٪	غير متوفر	-	-
	صادرات الغاز الطبيعي (مقارنة بعام ٢٠٠٥)	غير متوفر	-١٦,٢٪	-٩٨,٣٪	-٨٦,٤٪	غير متوفر	-	-
	واردات المنتجات النفطية (مقارنة بعام ١٩٩٠)	+٢٤٧,٢٪	+٨٣٠,٢٪	+١,٧٨١,٨٪	+١,٢٦١٪	غير متوفر	-	-
	صادرات المنتجات النفطية (مقارنة بعام ١٩٩٠)	+١٣٦,٢٪	+٤٤,٩٪	+١,١٪	-١٩,٨٪	غير متوفر	-	-
	واردات الكهرباء (مقارنة بعام ٢٠٠٠)	-١٢,٥٪	-١٨,٧٥٪	-٦٨,٧٥٪	-٥٦,٢٥٪	غير متوفر	-	-
	صادرات الكهرباء (مقارنة بعام ٢٠٠٠)	+١٨٩,٣٪	+٣٨٩,٣٪	+١٢٨,٦٪	+٣٥,٧٪	غير متوفر	-	-
	الحصول على الكهرباء حسب نسبة السكان	٩٧,٩٨٪	٩٩,١٥٪	٩٩,٣٪	١٠٠٪	غير متوفر	-	-
	احتياطي النفط (مقارنة بعام ١٩٩٩)		غير متوفر	+١٦,٧١٪	غير متوفر	-١٨,٣٪	-١٧,٨٪	-
	احتياطي الغاز (مقارنة بعام ١٩٩٩)	غير متوفر	+٧٨٪	غير متوفر	+٨١٪	٧٨٪	-	-

الفئة	المؤشر	٢٠٠٥	٢٠١٠	٢٠١٥	٢٠١٨	٢٠٢٠	٢٠٣٠	٢٠٤٠
الوضع الاجتماعي والاقتصادي	السكان (٢٠١٩)	١٠٠,٣٨٨,٠٧٣						
	نمو السكان	٪١,٨	٪١,٩٨	٪٢,٢	٪٢	غير متوفر	-	-
	معدل التحضر	٪٤٣,٠٣	٪٤٣,٠٢	٪٤٢,٧٨	٪٤٢,٧ (٢٠١٧)	غير متوفر	-	-
	نمو الناتج المحلي الإجمالي	٪٤,٤٢	٪٥,١٤	٪٤,٣٧	٪٥,٣١	غير متوفر	-	-
	ريع النفط (٪ من الناتج المحلي الإجمالي)	٪١٢,١٩	٪٧,٤١	٪٢,٩٦	٪٥,٢٨	غير متوفر	-	-
	ريع الغاز الطبيعي (٪ من الناتج المحلي الإجمالي)	٪٢,٦٥	٪١,٥١	٪٠,٧٣	٪١,١٩	غير متوفر	-	-
	الوظائف في الصناعات ذات الانبعاثات الكربونية المنخفضة	غير متوفر	غير متوفر	غير متوفر	٢٤,١٦٠ (٢٠١٩)	-	-	
المياه	مستوى الإجهاد المائي	٪١١٢,٣	٪١٢٠,٧	٪١٢٠	٪١١٧,٣ (٢٠١٧)	غير متوفر	-	-

(المصدر: استنادًا إلى البيانات المستخلصة من بريتش بتروليوم، ٢٠٢٠؛ منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة، ٢٠٢٠؛ الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ؛ الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، ٢٠٢٠؛ شركة ستاتيستا، ٢٠٢٠؛ البنك الدولي، ٢٠٢٠)

ومن خلال تقديم وتطبيق استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى عام ٢٠٣٥ وقانون ٨٧ لسنة ٢٠١٥، دخلت مصر المرحلة الأولى من النموذج المرحلي للتحول في قطاع الطاقة. ومع ذلك، فالتحديات القائمة، مثل الجائحة، يمكن أن تؤثر سلبًا على تطوير هذه الاستراتيجية. بالإضافة إلى ذلك، لا تحل الطاقات المتجددة محل النفط والغاز في الوقت الراهن نتيجة للأسواق المتنامية، حيث يتوسع قطاع الوقود الأحفوري (مثل مشروع سيمنز العملاق)، والذي سيؤدي إلى التقيد بمعايير تكنولوجية معينة في المستقبل. ويُلخص الجدول ٤-٢ التوجهات والأهداف الحديثة في مسألة التحول في قطاع الطاقة وفقًا لمجموعة من المؤشرات ذات الصلة.

٤-١-٢ تقييم التوجهات والتطورات على مستوى التخصص

تُعد التطورات على مستوى التخصص خلال كل مرحلة عاملًا حاسمًا لبلوغ المراحل التالية من التحول في قطاع الطاقة (انظر الجدول ٣-١). ولقد أحرزت مصر تقدمًا معقولًا في بعض الجوانب المذكورة، مثل الجمع بين الطاقات المتجددة وتقنيات تحليه المياه، والتحقق من الخيارات المرنة واختبارها، ودعم التنقل الكهربائي، وبدأ المناقشات الاستراتيجية حول الهيدروجين وتكنولوجيا تحويل فائض الكهرباء إلى أشكال أخرى من الطاقة (PtX). ويوضح القسم التالي هذه التطورات على مستوى التخصص بالمزيد من التفصيل.

■ تحليه المياه

تعد تحلية مياه البحر من الاستراتيجيات الواعدة للتغلب على نقص المياه وتعتبرها الحكومة المصرية منهجًا مهمًا لتلبية احتياجات المياه المتنامية. ومع ذلك، تستهلك عملية تحلية المياه قدر هائل من الطاقة؛ لذا سيؤدي تنفيذها على نطاق واسع إلى ازدياد الحاجة إلى الطاقة بدرجة كبيرة. كما يمكن أن تتولى الطاقة المتجددة دورًا مهمًا في توفير الطاقة اللازمة والحد من البصمة الكربونية للمياه المحلاة.

في عام ٢٠١٨، افتتحت مصر محطة ماتس للطاقة الشمسية الحرارية بقدرة ١ ميجاوات، وهي متصلة بوحدة تحليه مياه تحتوي على ٢٥٠ ألف لتر من المياه يوميًّا تقريبًا (فلوري، ٢٠١٨؛ المحسن، ٢٠١٨). ولقد تم بناء هذه المحطة التجريبية لتدريب العلماء من أفريقيا والشرق الأوسط في أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا بمصر.

وفي عام ٢٠٢٠، أعلنت الحكومة المصرية عن خطط لبناء ٤٧ محطة إضافية لتحليه مياه البحار، ولكن لم يتحدد بعد ما إذا كانت هذه المحطات ستعمل بالطاقة المتجددة أم بالوقود التقليدي.

■ التنقل الكهربائي

اتخذت مصر الخطوات الأولى، من خلال دعم التنقل الكهربائي، لدمج الأنظمة عبر التحول إلى الكهرباء كمصدر للطاقة، فمنذ عام ٢٠١٣، تم إعفاء المركبات الكهربائية من الجمارك (الضرغامي، ٢٠٢٠). وفي أواخر عام ٢٠١٧، لفتت مسألة تحول قطاع النقل إلى الكهرباء الانتباه كحل محتمل لإدارة فائض الكهرباء. وقد أعلنت وزارة الإنتاج الحربي عن استراتيجية لتعزيز تصنيع المركبات الكهربائية في مصر، حيث تتكون هذه الاستراتيجية من ثلاث مراحل، ففي المرحلة الأولى سيتم التشجيع على تصنيع المركبات الكهربائية والترويج لها محليًّا، وفي المرحلة الثانية سيتم التركيز على المساهمة المحلية لإنتاج المركبات الكهربائية وتسليط الضوء على مصر كجهة فاعلة في مجال البحث والتطوير المتعلق بالمركبات الكهربائية، وفي المرحلة الثالثة سيتم التخطيط لتصدير المركبات الكهربائية بحلول عام ٢٠٤٠.

ومع ذلك، ما زال السوق في المراحل الأولى من التطوير، حيث تم طرح أقل من ٥٠٠ مركبة مُرخصَّة في البلاد. يوجد حاليًّا ١٠٠ نقطة شحن تقريبًا، يمدها بالطاقة مشغلان لنقاط الشحن وهما إنفنيتي-إي وريفولتا. وتنتشر محطات الشحن في جميع أرجاء مصر عند مراكز التسوق والطرق السريعة وفي المناطق السكنية المزدحمة بالقاهرة. ويتيح مشغلو نقاط الشحن إمكانية الشحن المجاني للمستخدمين، حيث إن جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك لم يحدد رسميًّا أي رسوم. بالإضافة إلى ذلك، فقد قدمت الحكومة عدد من الحوافز لدعم الاستثمار في مجال المركبات الكهربائية (مولينا، ٢٠٢٠). ووفقًا للخبراء، فقد أثر كوفيد-١٩ على التنقل الكهربائي على الأجلين القصير والمتوسط، وذلك نتيجة لإجراءات الترخيص والتكاليف والتمويل وانخفاض أسعار الوقود. وينظر إلى طرح المركبات الكهربائية باعتباره تدبيرًا واعدًا للمدن المستدامة. ومع ذلك، ما زالت بعض التحديات قائمة، مثل تعزيز الكفاءات المحلية لوضع خطط العمل والسياسيات (الضرغامي، ٢٠٢٠).

وفي الوقت نفسه، أعلنت مصر في إطار برنامج تحديث النفط والغاز عن نيتها للتحول إلى استخدام الغاز الطبيعي المضغوط في المركبات كوقود مستدام، حيث تنوي الحكومة بموجب خطة تستغرق ثلاث سنوات تحويل ٢٦٣ ألف سيارة إلى نظام ثنائي الوقود (البنزين والغاز الطبيعي المضغوط (مبارز، ٢٠٢٠). ومع ذلك، أثارت هذه الخطوة الجدل، حيث يرى الخبراء أن هذا النهج لن يُحسن جودة الهواء، ولكنه سيُعيد توزيع الانبعاثات (الضرغامي، ٢٠٢٠).

■ الخيارات المرنة

وفقًا للخبراء الذين أُجريت معهم مقابلات، لم يزل التخطيط المرن في المرحلة الأولى في مصر. وفي عام ٢٠١٩، أجرت شركة سيمنز لتقنيات الطاقة الدولية تقييمًا للشركة المصرية لنقل الكهرباء، حيث تناول العديد من جوانب التخطيط المرن، فمثلًا تم تقييم إدارة أنظمة الطاقة المتجددة وأظهرت النتائج أن مصر تمتلك مرفقًا معنيًا بجمع المعلومات حول أنشطتها. وعلى المدى القصير، يجب تهيئة بيانات مصادر الطاقة بشكل مركزي وتحديدها وإرسالها لتحسين تشغيل النظام ولتجنب التكدس. وعلى المدى البعيد، يجب إلزام مالكي أنظمة الطاقة المتجددة بتقديم الجداول سلفًا. وبذلك، يتمكن المرفق من الاطلاع على نشاط الطاقات المتجددة في الوقت الفعلي. ومع ذلك، فإن القدرات المصرية الحالية في مجال التخطيط المرن متأخرة عن مستويات معايير قياس الأداء للمرحلة الثانية (مستوى ألمانيا هو المعيار النموذجي).

■ الهيدروجين وتكنولوجيا تحويل فائض الكهرباء إلى أشكال أخرى من الطاقة (PtX)

تتخذ مصر الخطوات الأولى باتجاه الهيدروجين وتكنولوجيا تحويل فائض الكهرباء إلى أشكال أخرى من الطاقة (PtX). ولقد استقطبت هذه المجالات الاهتمام السياسي والتكنولوجي في الشهور الأخيرة، لا سيما عقب الإعلان عن استراتيجية الهيدروجين الألمانية والأوروبية في عام ٢٠٢٠ وشراكة الهيدروجين الاستراتيجية بين المغرب وألمانيا. وخلال الفعالية الافتراضية الأخيرة *خارطة طريق مصر للوصول لأهداف الطاقة المستدامة بحلول عام ٢٠٣٥* تم الإعلان عن تنفيذ مشروع تكنولوجيا تحويل فائض الكهرباء إلى أشكال أخرى من الطاقة (PtX) في مصر باستخدام الطاقة المتجددة الفائضة المحولة إلى هيدروجين، ليكون هذا المشروع جزءًا من استراتيجية التطوير التي تشتمل على الهيدروجين بصفته واحدًا من العناصر الأساسية في رؤية الطاقة بمصر. وتُعد مصر حاليًا استراتيجية سياسة الهيدروجين[١٠] للاحتذاء بالجهات الفاعلة الكبيرة في قطاع الطاقة على المستويين الإقليمي والدولي ولتطوير مكانتها بصفتها مركزًا للطاقة. وبالإضافة إلى ذلك، فقد يكون توليد الهيدروجين حلًا محتملًا لاستخدام فائض توليد الطاقة. ووفقًا للخبراء الذين أُجريت معهم مقابلات، فالاستخدام الرئيسي لتكنولوجيا تحويل فائض الكهرباء إلى أشكال أخرى من الطاقة (PtX) سيكون في قطاعي الصناعة والتصدير. ويُعد تصدير الطاقة قيد الدراسة الفعلي بسبب الفائض في الكهرباء لدى مصر. بالإضافة إلى ذلك، يمكن تصدير الهيدروجين المنتج محليًا للدول المجاورة في أوروبا كجزء من استراتيجية الهيدروجين المشتركة بين أوروبا وشمال أفريقيا. وإذا صدرت مصر الهيدروجين إلى أوروبا، فيمكن أن يتم النقل عبر خط إمداد جديد من خلال اليونان إلى إيطاليا، حيث يُقدر طوله بنحو ٢٥٠٠ كيلومتر وبتكلفة تصل إلى ١٦ ونصف مليار يورو. ويمكن أن ينقل هذا الخط ٧,٦ مليون طن من الهيدروجين سنويًا بافتراض أن عامل التحميل سيكون ٤٥٠٠ ساعة سنويًا (فان فيك وآخرون، ٢٠١٩). وفيما يتعلق بقطاع النقل، فيمكن أن تكون خلايا الوقود خيارًا لمركبات النقل الثقيل، بينما قد يكون التحول إلى الكهرباء كمصدر للطاقة خيارًا أكثر كفاءة للمركبات الصغيرة.

٤-١-٣ الخطوات الضرورية للوصول إلى المرحلة التالية

لدفع التحول في قطاع الطاقة نحو دمج الأنظمة -الذي تم وصفه بأنه المرحلة القانية في نموذج التحول في قطاع الطاقة بالشرق الأوسط وشمال أفريقيا- يجب أن تبذل مصر مزيد من الجهود في مجال المرونة ويجب أن يكون دعم الإرادة السياسية لتطوير الطاقات المتجددة ملموسًا. وبالأخص، يجب على مصر تطوير ودعم نماذج العمل للمشروعات ذات النطاق الصغير والمتوسط والنُهج اللامركزية. ويجب أيضًا أن يتم استكشاف الخيارات المرنة، مثل مرونة الطلب وخيارات التخزين المختلفة (أي تقنية تحويل الطاقة إلى غاز).

لتدشين أسواق للخيارات المرنة، يجب أن تصبح هذه الخيارات جزءًا لا يتجزأ من البرامج والاستراتيجيات التي تدعم تطوير نظام الطاقة. وقد بدأت الحكومة في الوقت الراهن في السير في هذا الاتجاه من خلال تطوير الحوافز لطرح وتقديم الخيارات المرنة. وستكون الخطوة التالية هي تطوير وتحديد ودعم التدابير الملموسة، مثلًا من خلال تحديد تعريفة للظروف المختلفة لتغطية تغيير الأحمال أو الحدود القصوى للذروة. وعلى مستوى البنية التحتية، فسيفتح إشراك الأسواق المجاورة المجال لمرونة التجارة عبر الحدود. حيث يجب تصميم توسعات الشبكة بحيث تسمح بالتجارة، ولكن يجب أيضًا أن تكون مخزنًا احتياطيًا للطاقات المتجددة. ويمكن أن يعزز التعاون الإقليمي في قطاع الطاقات المتجددة تطوير السوق التجاري.

ولإحراز التقدم في قطاع الطاقة، يجب أن ينصب التركيز على المشروعات العملاقة فقط، ويجب استخدام الطاقات المتجددة على نطاق أكبر، فيمكن استخدامها مثلاً كحلول لامركزية أو خارج نطاق الشبكة في المناطق النائية والحضرية. ويمكن أن توفر أيضًا كهرباء نظيفة لقطاع الأعمال والشركات، كما يمكن أن تلفت حلول الطاقة المتجددة نظر القطاع الخاص والمناطق السكنية بشكل أكبر بسبب تكلفتها، نظرًا لأن أسعار الكهرباء ارتفعت في مصر مؤخرًا بسبب إصلاحات دعم الطاقة التي تطبقها الحكومة لتلبية متطلبات صندوق النقد الدولي. ويجب عند استخدام الطاقات المتجددة على نطاق أكبر وضع جانبين محوريين في الاعتبار وهما: زيادة المشاركة في التحول في قطاع الطاقة وتوفير آليات التمويل المناسبة للمشروعات الصغيرة والمتوسطة. ويعد تمكين المواطنين من إنتاج الكهرباء الخاصة بهم من المصادر المتجددة من شأنه أن يعزز من المشاركة الفعالة في التحول في قطاع الطاقة. وسيتطلب ذلك إتاحة خيارات التمويل المناسبة، مثلًا في هيئة قروض مُيسرة مع تقليل تكلفة السداد من خلال عمليات التمويل العامة. كما يمكن تمويل هذا النظام من إيرادات بيع السندات الخضراء في مصر.

لم تضع مصر أهداف للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة لقطاعات محددة سوى لتوليد الطاقة. وإن تحديد الأهداف القابلة للقياس الكمي فيما يتعلق بالطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة للقطاعات المختلفة، مثل الطاقة والنقل والقطاع الصناعي، يمكن أن يساعد مصر في عملية التنفيذ. ويجب مراجعة هذه الأهداف وتعديلها بانتظام لتطوير أداء القطاع من حيث استخدام الطاقة المتجددة وتدابير الكفاءة. وحتى الآن، تُطبق بالكاد تدابير كفاءة الطاقة في الإطار السياسي ضمن خطة العمل الوطنية في مجال كفاءة استخدام الطاقة، وذلك نتيجة لغياب إطار عمل مؤسسي واضح. وبالإضافة إلى وضع الأهداف والرقابة، يجب إعطاء الأولوية لتعزيز المؤسسات، بما في ذلك تبادل المعلومات والتواصل بين مختلف المؤسسات والوزارات والأطراف المعنية.

---

١٠ في فعالية *خارطة طريق مصر للوصول لأهداف الطاقة المستدامة بحلول عام ٢٠٣٥: التحول في قطاع الطاقة وتحديث قطاع الطاقة المصري* في ٢٣ من نوفمبر عام ٢٠٢٠، تم الإعلان عن إعداد خطة سياسة الهيدروجين لمصر (https://sustainableenergyegypt.com).

من الجوانب الرئيسية الأخرى هي رقمنة نظام الطاقة في مصر. حيث يمكن أن تضمن الرقمنة الحفاظ على توازن الشبكة، حتى مع تزايد حصة الطاقات المتجددة المتقطعة والمتقلبة. كما تشكل الرقمنة أيضًا أهمية في تطوير الشبكات الذكية، والتي يجب أن تكون متسقة مع استراتيجية التنقل الكهربائي. ويمكن أن تتزامن البنية التحتية للشحن مع تدابير مثل مخططات تحويل الطاقة من المركبات إلى الشبكات. وبذلك، يمكن أن تكون المركبة خزانًا لتعزيز خدمات الشبكات الإضافية، مثل تنظيم التردد وتغيير الأحمال والاستجابة للطلب. ويمكن أيضًا أن تدعم هذه التطورات إدارة الحصص المتزايدة من الطاقات المتجددة المتغيرة (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة العربية، ٢٠١٨).

ومع ذلك، يجب عند تشجيع استخدام المركبات الكهربائية في مصر وضع عوامل أخرى في الاعتبار تختلف عن تطوير التكنولوجيا. حيث إن ارتفاع معدل الانتقال إلى المناطق الحضرية أدى إلى فقدان المساحات العامة وخيارات صف السيارات ومناطق الترفيه الخضراء؛ لذا يجب وضع استراتيجية المركبات الكهربائية بطريقة تحافظ على التراث الثقافي والمساحات العامة، مثلاً من خلال تعزيز خيارات التنقل المشتركة. كما يمكن أن يكون استخدام الشاحنات الصغيرة الكهربائية بدلًا من التوك توك التقليدي حلًا للحفاظ على تراث التنقل الثقافي في مصر (الضرغامي، ٢٠٢٠).

فيما يتعلق بالوعي المجتمعي، فما زالت مصر في بداية المرحلة الأولى وفقًا للنموذج المرحلي الخاص بالشرق الأوسط وشمال أفريقيا. نظرًا لوجود الوعي والنظرة العامة، ولكنهما لم يصلا بعد إلى المستوى نفسه الموجود في الاتحاد الأوروبي. وللتغلب على هذا العائق، قد يكون الجمع بين الحملات الموجَّة واسعة النطاق مع المراكز الاستشارية والإعلامية خطوة على الطريق الصحيح. حيث يمكن تعزيز الدعم والاهتمام بالطاقات المتجددة من خلال تسليط الضوء على منافع الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. وتتضمن هذه المنافع أمن الطاقة والآثار الإيجابية على الصحة وفرص خلق الوظائف (الإدارة العامة للطاقة التابعة للمفوضية الأوروبية، ٢٠١٩).

ومع ذلك، فإن الاستفادة من المنافع الاجتماعية والاقتصادية الناجمة عن التحول في قطاع الطاقة تجاه الطاقات المتجددة يعتمد على تطوير سلاسل التوريد المحلية. ويمكن تعزيز ذلك من خلال إعادة توجيه الإيرادات إقليميًّا، مثلًا من خلال فرض ضرائب على الكربون والتوقف عن دعم الوقود الأحفوري.

بإيجاز، في حين أن الطاقات المتجددة ما زلت في المرحلة الأولية وأن مصر قد اتخذت خطواتها الأولى، فإن التحول إلى دمج الأنظمة يتطلب زيادة الجهود المبذولة على مستوى العديد من المجالات. حيث إن دمج أنظمة الطاقات المتجددة يتطلب التنسيق بين اللوائح التنظيمية للكهرباء والتنقل والحرارة، ومن ثم يجب على مصر وضع وتنفيذ استراتيجية شاملة بهدف ربط القطاعات ببعضها البعض.

٤-٢ توقعات المراحل القادمة من عملية التحوّل

يتضّح من التحليل أن مصر قد حققت بالفعل تقدّمًا هائلاً في مجال الطاقة المتجددة، بما في ذلك وضع الأُطُر الاقتصادية والقانونية، ولا سيما أنها تتمتع بخبراتها في تنفيذ مشروعات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. كما تمتلك مصر خطة استراتيجية وطنية للطاقة (استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى ٢٠٣٥)، وهي مفهوم مفيد على المدى القصير إلى المتوسط لمواجهة التحديات في قطاع الطاقة. فاستراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى ٢٠٣٥ هي استراتيجية يدعمها الاتحاد الأوروبي في إطار التركيز على مجموعة من مصادر الطاقة المتنوعة والمستدامة، استنادًا إلى مجموعة من سيناريوهات الطاقة. وسيتم تحديث الاستراتيجية ومدّ فترتها حتى عام ٢٠٤٠ لبيان مدى تزايد دور الطاقة المتجددة وتضمين خارطة طريق للتحوّل إلى الاقتصاد الأخضر. ويُتوقّع أن يكون الهيدروجين أحد العناصر المهمة في الاستراتيجية المُحدّثة. ومن ثمّ، ستتضمّن هذه الاستراتيجية أيضًا فرصًا جديدة للتعاون مع الاتحاد الأوروبي، ومنها استخدام الهيدروجين والمركبات الكهربائية وتخزين الطاقة (مولينا، ٢٠٢٠).

بيد أن الأمر يتطلّب أكثر من إطلاق استراتيجية لمواصلة تحقيق التحوّل في مجال الطاقة. حيث تُشكّل استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى ٢٠٣٥ نقطة انطلاق جيدة، وتشمل عددًا من الإجراءات الموصى بها، إلا أنه ينبغي أن تضمن الحكومة تحقيق هذه الأهداف المرجوة. ووفقًا للخبراء الذين أُجريت معهم مقابلات، تُمثِّل الموارد التقليدية "منطقة الأمان أو الراحة" في مصر، نظرًا لأنها تحظى بقبول تام لدى المؤسسات والقطاعات الصناعية المصرية. ومع ذلك، فإن استغلال الغاز الطبيعي والفحم والطاقة النووية لن يُوجِد تبعيات جديدة للمسار في منظومة الطاقة فحسب، بل يتسبب أيضًا في احتمالية الاعتماد على التكنولوجيا والخبرات الأجنبية. وقد اكتسبت مصر بالفعل خبرة في مجال مشروعات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على مستوى المرافق، كما أظهرت مدى نجاح الصناعات المحلية في دمج مصادر الطاقة المتجددة في نماذج أعمالها. ولا تُعنَى استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى ٢٠٣٥، التي تشمل الفحم والطاقة النووية، بالانخفاض الذي شهدته أسعار الطاقة المتجددة مؤخرًا نتيجةً لآثار التعلم العالمية. وينبغي مراجعة هذه الاستراتيجية، نظرًا لأنها تستند إلى الخيار الأقل تكلفة وأن مصادر الطاقة المتجددة تُعدّ الآن متوافقة من حيث التكلفة مع الفحم والطاقة النووية. وإضافةً إلى ذلك، إذا اتبعت مصر مسارًا لزيادة حصص مصادر الطاقة المتجددة، فلن تكون محطات الطاقة النووية بيئة مواتية لذلك؛ نظرً ا لأنها لا تتوافق مع الطبيعة المتغيّرة لمصادر الطاقة المتجددة، وهذا يعني أن الأحمال السلبية المتبقية قد تحدث في مرحلة لاحقة عندما تزداد حصص الطاقة المتجددة. وبدلاً من ذلك، يجب إيلاء الأولوية للاستثمار في خيارات المرونة وتوسيع نطاق الشبكة عبر الحدود والرقمنة وحلول تحويل فائض الكهرباء إلى أشكال أخرى من الطاقة (PtX).

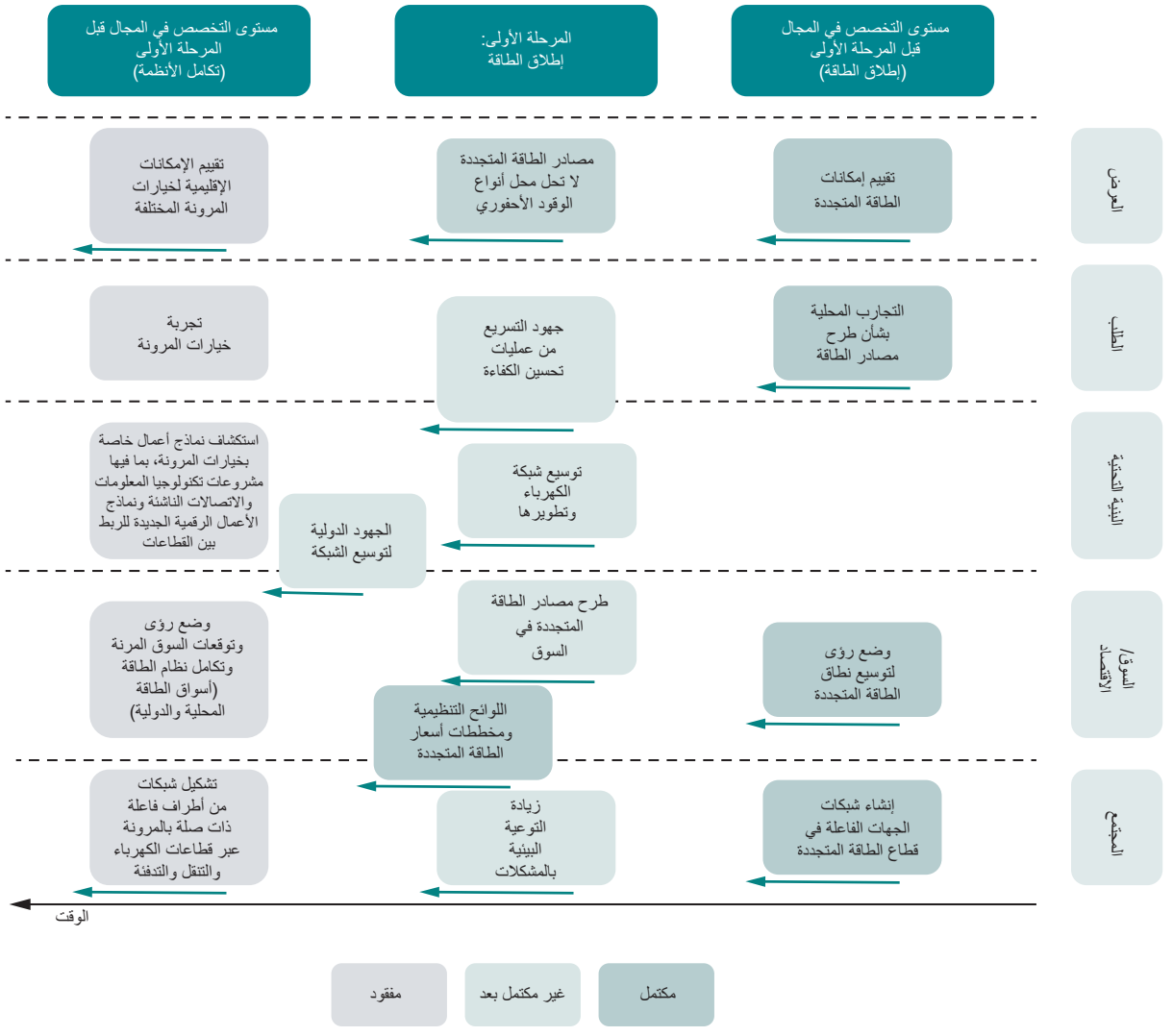
وفضلاً عن ذلك، ينبغي أن تُبادر مصر على الفور بإيجاد طرق لإزالة الكربون من الصناعات، لأنها تعد ثاني أكبر دولة صناعية إفريقية بعد جنوب إفريقيا، حيث تُشكِّل الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، مثل صناعات الأسمنت والصلب والكيماويات (إنتاج الأسمدة) والبتروكيماويات، الركائز الأساسية لقطاع الصناعة المصري. كما سيزداد الطلب على المنتجات منخفضة الكربون على المدى الطويل، ولا سيما مع وجود شركاء تجاريين مهمين في جميع أنحاء العالم يهدفون إلى تحقيق الحياد الكربوني بحلول عام ٢٠٥٠. وفي هذا السيناريو، إذا واصلت مصر اعتمادها على الوقود الأحفوري، ستصبح المنتجات المصرية أقل قدرة على المنافسة - خاصةً مع آليات مثل تعديل حدود الكربون التي قررها الاتحاد الأوروبي. لذلك، يَجدُر بمصر أن تضع خرائط طريق للبنية التحتية الصناعية، مع مراعاة خيارات إزالة الكربون في قطاعات الصناعات الثقيلة.

حيث تتطلّع مصر لأن تصبح مركزًا رئيسيًا للطاقة المتجددة معترَفًا به دوليًا، ويتضّح هذا جليًا من خلال تنفيذ المشروعات الكبرى المتميزة، مثل محطة بنبان للطاقة الشمسية. ومن ثمّ، أعلنت مصر مؤخرًا عن وضع استراتيجية الهيدروجين نظرًا للأهمية المتزايدة لهذا الموضوع، ولا سيما باعتباره جزءًا من النقاش المتعلق بإزالة الكربون في الدول الصناعية. وعلى الرغم من أن النموذج المرحلي يتوقع حدوث تطور

في سعة الهيدروجين وتكنولوجيا تحويل فائض الكهرباء إلى أشكال أخرى من الطاقة (PtX) في مرحلة لاحقة (ويُتَوقع أيضًا أنه لن يتم التصدير إلا في المرحلة النهائية للتحوّل إلى مصادر الطاقة المتجددة بنسبة ١٠٠٪)، فإن مصر يمكنها تحقيق طفرة ملحوظة في هذا المجال. ومع ذلك، تجدر الإشارة إلى أنه ينبغي ألا يتم تطوير الهيدروجين لتصديره على حساب التحوّل في مجال الطاقة بمصر. فهذان المساران، الهيدروجين والطاقة المتجددة، يجب أن يُكمل كل منهما الآخر.

لتحقيق تحوّل سلس في مجال الطاقة، يلزم الإعداد الجيد مسبقًا للمراحل اللاحقة. وقد تُعدّ الجائحة الحالية فرصةً للتحوّل إلى استخدام الطاقة المستدامة. فمن خلال دعم التحوّل إلى الاقتصاد الأخضر قبل دول الاتحاد الأوروبي أو تزامنًا معها، يمكن لمصر الاستفادة من هذا الزخم. وبالتالي، يجب أن تضع مصر استراتيجية طويلة الأجل أكثر تفصيلاً. كما قد تُعد تحليلات النموذج المرحلي نقطة انطلاق لوضع مثل هذه الاستراتيجية، والتي يجب أن تشمل منظومة الطاقة بأكملها وتحوّلها إلى منظومة قائمة على الطاقة المتجددة بالكامل. ويلخص الشكل ٤-١٢ وضع مصر الراهن فيما يتعلق بتحوّل منظومة الطاقة ويُقدم توقعات بشأن الخطوات التالية.

الشكل ٤-١٢
نظرة عامة على الوضع الراهن لمصر في نموذج التحوّل في منظومة الطاقة



(المصدر: بيانات صادرة من الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ)

٥

الاستنتاجات والتوقعات

يُعد الفهم الواضح والرؤية المنظّمة من المتطلبات الأساسية لتعزيز وتوجيه التحوّل إلى منظومة طاقة قائمة على مصادر الطاقة المتجددة بالكامل. وثمة نموذج مرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا تم تعديله بما يتلاءم مع حالة مصر من أجل توفير معلومات تدعم تحوّل منظومة الطاقة نحو الاستدامة. وذلك حيث إن النموذج الذي وُضع من أجل ألمانيا وأُستكمل برؤى عميقة حول حوكمة التحوّل، تم تعديله لمراعاة الاختلافات بين الافتراضات العامة الأساسية وخصائص منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا والوضع المصري المحدد.

يتضمن النموذج أربع مراحل (هي إطلاق الطاقة المتجددة، وتكامل الأنظمة، وتحويل الطاقة إلى وقود/غاز، والتحوّل إلى مصادر الطاقة المتجددة بنسبة ١٠٠٪)، كما أنه أُستخدم لتحليل وضع مصر الراهن وتحديده في ضوء مدى تحوّلها إلى استخدام مصادر الطاقة المتجددة. ويُتيح تطبيق النموذج أيضًا خارطة طريق تُبيّن بالتفصيل الخطوات اللازمة للمضي قدمًا في هذا المسار. بينما تُتيح الرؤى المستقاة من التحليل ومقابلات الخبراء تيسير فهم الحالة المصرية فهمًا أعمق وأكثر تفصيلاً. تتميز مصر، بإمكاناتها الوفيرة في مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وكذا بالظروف الأساسية الجيدة والتي تؤهلها لتبدأ طريقها نحو تنفيذ نظام طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪. ولقد اتخذت الدولة أولى خطواتها بنجاح في هذا الاتجاه بجذبها التمويل الدولي وتنفيذها للعديد من مشروعات الطاقة الشمسية والرياح على نطاق واسع. بيد أن مصر تعمل أيضًا على زيادة إنتاجها من الوقود الأحفوري والاستثمار في مجال الطاقة النووية. في حين أن هذا قد يبدو مفيدًا على المدى القصير إلى المتوسط لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة في الدولة وتحقيق إيرادات من إمكانية تصدير الغاز الطبيعي، فقد يؤدي هذا المسار إلى وجود قيود تكنولوجية واستثمارات عالقة. ويهدف الشركاء التجاريون الرئيسيون إلى تحقيق الحياد الكربوني بحلول عام ٢٠٥٠، ما سيؤدي إلى خفض الطلب على الوقود الأحفوري والمنتجات القائمة عليه، بينما تُركّز مؤسسات التمويل بشكل متزايد على دراسة المخاطر المناخية لاستثماراتها، ما يقلل من توافر رأس المال لاستغلال الموارد التقليدية. ومن خلال التركيز بشكل أكبر على المشروعات الكبرى وكذلك المشروعات الصغيرة ومتوسطة الحجم في مجال الطاقة المتجددة، فإن مصر بمكنها اغتنام فرصة التنمية الاقتصادية في إطار الاقتصاد العالمي الخالي من الكربون.

يجب دمج مصادر الطاقة المتجددة في منظومة الطاقة للمضي قدمًا في هذا الاتجاه. وسيتطلّب ذلك دعم خيارات المرونة وتنفيذها، بدءًا من تعديلات التعريفة إلى توسيع نطاق الشبكة ومشروعات الربط البيني مع الدول المجاورة. وعلاوةً على ذلك، سيكون من الضروري زيادة مشاركة القطاع الخاص والسكان بوجه عام في عملية التحوّل في مجال الطاقة؛ وإلا ستتم عرقلة التنمية الأساسية في المشروعات الصغيرة والمتوسطة.

على الرغم من أن مصر قد حققت تقدّمًا كبيرًا في مجال تحوّل الطاقة وقطاع الطاقة المتجددة في مرحلة الإطلاق، فلا تزال هناك حاجة لبذل مزيد من الجهود لمواصلة تحقيق التحوّل إلى منظومة قائمة على مصادر الطاقة المتجددة بالكامل. والهدف من نتائج التحليل طوال عملية تطبيق النموذج المرحلي للتحول نحو تحقيق طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪ هو تشجيع مناقشة نظام الطاقة المستقبلي في مصر ودعمه من خلال تقديم رؤية توجيهية شاملة للتحول في مجال الطاقة وتطوير السياسات الملائمة.

المراجع

لمياء عبد الله (2020). مساهمات مصر المحددة وطنيًا في اتفاقية باريس: الاستعراض والتوصيات. *المجلة الدولية للصناعة والتنمية المستدامة*، 59–49 ،(1)1. https://doi.org/10.21608/ijisd.2020.73503

مجدي عبد الهادي (29 يوليو 2020). *سد النهضة: مصر تستشيط غضبًا وإثيوبيا تحتفل*. بي بي سي نيوز. https://www.bbc.com/news/world-africa-53573154

رحاب عبد المحسن (24 مايو 2018). *محطة الطاقة الشمسية المركّزة في مصر لتدريب العلماء الأفارقة*. HELIOSCSP. http://helioscsp.com/egypts-concentrated-solar-power-plant-to-train-af-/rican-scientists

وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة العربية. (2018). *التقرير السنوي 2017/2018* (S. 85). الشركة القابضة لكهرباء مصر (EEHC).

محمود عزيز (15 يناير 2020). تحديات المياه في مصر: قصة سد النهضة - سياسة. *أهرام أون لاين*. http://english.ahram.org.eg/NewsContent/1/64/359272/Egypt/Poli-tics-/Egypts-water-challenges-Beyond-the-dam-saga-.aspx

BP. (2018). *توقعات شركة BP (بريتش بتروليوم) للطاقة – إصدار 2018*. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf

BP. (2019). *توقعات شركة BP (بريتش بتروليوم) للطاقة – إصدار 2019*. https://www.bp.com/energyoutlook

BP. (2020). *التقييم الإحصائي للطاقة العالمية 2020 – الإصدار 69*. لندن.

ديفيد باتر (3 سبتمبر 2019). *مصر: فائض الطاقة في عهد السيسي*. شركة Castlereagh Associates. https://castlereagh.net/egypt-sisis-power-surplus/

شركة Deloitte. (2021). *توقعات قطاع النفط والغاز لعام 2021*. https://www2.deloitte.com/us/en/pages/energy-and-resources/articles/oil-and-gas-industry-outlook.html

السفارة الألمانية بالقاهرة (15 أكتوبر 2020). *Botschafter Dr. Cyrill Jean Nunn und Siemens-Vorstandsvorsitzender Joe Kaeser eröffnen Klinik und deutsch-ägyptisches Ausbildungszentrum*. https://kairo.diplo.de/eg-de/aktuelles/-/2405724

شركة EcoConServ Environmental Solutions. (2016). *التقييم البيئي والاجتماعي الاستراتيجي* (S. 220). هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.

EEHC – الشركة القابضة لكهرباء مصر. (2015). *التقرير السنوي 2014/2015* (S. 56).

EEHC – الشركة القابضة لكهرباء مصر. (2018). *التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر 2017/2018*.

Egyptera – جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك (9 ديسمبر، 2020أ). *تعريفة العام المالي 2021–2022*. http://egyptera.org/ar/Tarrif2021.aspx

Egyptera – جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك. (2020ب). *الحد الأقصى لنظام صافي القياس*. http://egyptera.org/ar/Download/journal/2020/2_2020.pdf

المبادرة المصرية للحقوق الشخصية. (13 نوفمبر 2017). *حقائق الكهرباء لعام 2017/2018: استمرار ارتفاع الأسعار*. https://eipr.org/en/publications/electricity-facts-20172018-price-hikes-continue

أحمد الضرغامي (2020). *نشر استخدام التنقل الكهربائي في مصر: في إطار الصورة الشاملة للمدن المستدامة* [تقرير موجز حول السياسات]. مؤسسة فريدريش إيبرت. https://egypt.fes.de/fileadmin/user_upload/documents/publication/Policy_Brief_2020_2nd_edition.pdf

حاتم الرفاعي، ومروة خليفة (2014). استعراض نقدي لخطة العمل الوطنية لرفع كفاءة الطاقة في مصر. *مجلة الموارد الطبيعية والتنمية*، 4، 18–24. https://doi.org/10.5027/jnrd.v4i0.03

Energydata. (2017). *مصر - شبكة نقل الكهرباء*.. https://energydata.info/data-set/egypt-electricity-transmission-network-2017

Enterprise. (31 أغسطس 2020). *مصر تستثمر 134.2 مليار جنيه للتوسّع في محطات تحلية مياه البحر حتى عام 2050*.. https://enterprise.press/stories/2020/08/31/egypt-to-invest-egp-134-2-bn-in-seawater-desalination-plants-through-2050–20957/

المفوضية الأوروبية. (2020). *استراتيجية الهيدروجين من أجل أوروبا محايدة مناخيًا*.. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiCmuaosdrvAhVNgf0HHe6sDd4QFjACegQIBhAD&url=https%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Fcommission%2Fpresscorner%2Fapi%2Ffiles%2Fattachment%2F865942%2FEU_Hydrogen_Strategy.pdf.pdf&usg=AOvVaw0C2qrWCJBh6z9arLPPwMjw

المديرية العامة للطاقة التابعة للمفوضية الأوروبية. (2019). *المبدأ الأول لكفاءة الطاقة*. الجلسة العامة الخامسة للعمل المتضافر من أجل تنفيذ توجيه كفاءة الطاقة، في زغرب.

FAO – منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) التابعة للأمم المتحدة. (2020). *6.4.2 الإجهاد المائي / أهداف التنمية المستدامة* . http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/642/en/

مانفريد فيشيدك، جورج هولتز، توماس فينك، سارة عمرون، وفرانزيسكا فيهنجر (2020). نموذج مرحلي للتحوّل إلى أنظمة الطاقة منخفضة الكربون في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. *تحوّلات الطاقة*، 4، 127–139. https://doi.org/10.1007/s41825-020-00027-w

مانفريد فيشيدك، ساشا صمدي، كليمنس هوفمان، هانز مارتن هينينغ، توماس بريجر، أوي ليبريتش، وماينك شميت. (2014). *مراحل تحوّل منظومة الطاقة (FVEE – Themen)*. جمعية بحوث الطاقة المتجددة (FVEE). https://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2014/th2014_03_01.pdf

توماس فلوري (9 مارس 2018). *افتتاح محطة جديدة للطاقة الشمسية الحرارية في مصر*. معهد فراونهوفر لأنظمة الطاقة الشمسية (ISE). https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/news/2018/novel-solar-thermal-power-plant-opens-in-egypt.html

مؤسسة فريدريش إيبرت. (2016). *دليل الطاقة المتجددة في مصر والأردن: الوضع الراهن والإمكانات المستقبلية*. https://library.fes.de/pdf-files/bueros/amman/12534.pdf

فرانك دبليو جيلز (2012). تحليل اجتماعي تقني لتحوّلات الطاقة منخفضة الكربون: دمج المنظور متعدد المستويات في دراسات النقل. *مجلة جغرافيا النقل*، 24، 471–482. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.021

فرانك دبليو جيلز، ويوهان شوت (2007). تصنيف مسارات التحوّل الاجتماعي التقني. *سياسة البحوث*، 36(3)، 399–417. https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003

كريستين جورج (2018). *Ägypten: Onshore-Windenergie (inkl. Netzaus-bau): Zielmarktanalyse 2018 mit Profilen der Marktakteure*. Deutsch–Arabische Industrie-und Handelskammer. https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/DE/Publikationen/Marktanalysen/2018/zma_aegypten_2018_onshore-windenergie.pdf?__blob=publicationFile&v=2

تطبيق Global Solar Atlas. (9 ديسمبر 2020). مصر. https://globalsolaratlas.info/download/egypt

هانز مارتن هينينغ، أندرياس بالزر، كارستن بيب، فريدر بورغريف، هينينغ جاكمان، ومانفريد فيشيدك (2015). Phasen der Transformation des Energiesystems (مراحل تحوّل منظومة الطاقة). *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 65 (Heft 1/2), 10–13.

جورج هولتز، توماس فينك، سارة عمرون، ومانفريد فيشيدك (2018). *وضع نموذج مرحلي لتصنيف ودعم التحوّل إلى أنظمة الطاقة المستدامة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا*. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (معهد فوبرتال للمناخ والبيئة والطاقة).

رمكو هوغما، ماتياس ويبر، وبويلي إلزين (2005). استراتيجيات متكاملة طويلة الأجل للحث على تحوّل النظام نحو الاستدامة: نهج الإدارة الاستراتيجية للمجالات المتخصصة. ماتياس ويبر، جينس هيملسكامب J. (محرران)، *الاتجاه إلى نظم الابتكار البيئية* (ص 209–236). برلين: دار النشر Springer.

IEA – الوكالة الدولية للطاقة. (31 أغسطس 2016). *سياسات - تعريفة تغذية الشبكة لمشروعات طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية*. https://www.iea.org/policies/5658-feed-in-tariff-for-wind-and-solar-pv-projects

IEA – الوكالة الدولية للطاقة. (2017). *آفاق الطاقة العالمية 2017*. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017

IEA – الوكالة الدولية للطاقة. (31 أغسطس 2019). *سياسات - الحوافز الضريبية للطاقة المتجددة في مصر (القرار الجمهوري رقم 17 لعام 2015)*. https://www.iea.org/policies/6105-egypt-renewable-energy-tax-incentives-presidential-decree-no-172015

IEA – الوكالة الدولية للطاقة. (2020أ). *البيانات والإحصاءات*. https://www.iea.org/countries

IEA – الوكالة الدولية للطاقة. (9 ديسمبر 2020ب). *سياسات - خطة مصر للطاقة الشمسية*. https://www.iea.org/policies/5203-egyptian-solar-plan

IEA-ETSAP, & IRENA – الوكالة الدولية للطاقة، تحليل أنظمة تكنولوجيا الطاقة، والوكالة الدولية للطاقة المتجددة. (2012). *تحلية المياه باستخدام الطاقة المتجددة* [تقرير موجز حول التكنولوجيا]. http://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/I12IR_Desalin_MI_Jan2013_final_GSOK.pdf

IFC – مؤسسة التمويل الدولية. (9 ديسمبر 2020). *أيام قادمة مشرقة لاستخدام الطاقة الشمسية في مصر*.
https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/NEWS_EXT_CONTENT/IFC_External_Corporate_Site/News+and+Events/News/new-market-egypt

إدارة التجارة الدولية. (9 ديسمبر 2020). *دليل مصادر الطاقة – مصر – النفط والغاز*.
https://www.trade.gov/energy-resource-guide-egypt-oil-and-gas

IRENA – الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. (2014). *استراتيجية الطاقة المتجددة العربية 2030: خارطة طريق لإجراءات التنفيذ*. (S. 108). الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)؛ جامعة الدول العربية. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2014/IRENA_Pan-Arab_Strategy_June-2014.pdf

IRENA – الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. (2018أ). *التحوّل العالمي في مجال الطاقة: خارطة طريق حتى عام 2050*. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf

IRENA – الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. (2018ب). *آفاق الطاقة المتجددة: مصر*.
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA_Outlook_Egypt_2018_En.pdf

IRENA – الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. (2019). *تكاليف توليد الطاقة من المصادر المتجددة في عام 2018*. https://www.irena.org/publications/2019/May/Renewable-power-generation-costs-in-2018

IRENA – الوكالة الدولية للطاقة المتجددة. (2020). *إحصاءات الطاقة المتجددة 2020*.

بنك التنمية الألماني (2014). (KfW). *التقييم اللاحق - مصر*.
https://www.kfw-entwicklungsbank.de/PDF/Evaluierung/Ergebnisse-und-Publikationen/PDF-Dokumente-A-D_EN/Ägypten_-ManshietNasser_2014_E.pdf

منان خاطر (19 إبريل 2016). *مصر تختتم الدورة الاستثنائية لمؤتمر الوزراء الأفارقة السادس المعني بالبيئة، وتُطلق الاستراتيجية الوطنية للاقتصاد الأخضر*.. صحيفة ديلي نيوز.
http://www.dailynewsegypt.com/2016/04/19/egypt-concludes-sixth-amcen-special-session-launches-national-strategy-green-economy/

ديرك لورباخ (2007). *إدارة التحوّل: نمط جديد للحوكمة من أجل التنمية المستدامة*. أوترخت: كتب دولية.

مكتبة الشرق الأوسط للخدمات الاقتصادية. (2015). *قانون الكهرباء*.

وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة. (9 ديسمبر 2020).
أهداف الطاقة المتجددة. http://nrea.gov.eg/test/en/About/Strategy

وزارة المالية. (2020). *إصدار أول سند أخضر لمصر في العام المالي 2021/2020*.

وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية. (2020). *رؤية مصر 2030*.
https://mped.gov.eg/EgyptVision?lang=en

باري ميركين (2010). *تقرير التنمية البشرية العربية - المستويات والاتجاهات والسياسات السكانية في المنطقة العربية: التحديات والفرص*. سلسلة الأوراق البحثية. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP)

أسامة مبارز (23 نوفمبر 2020). التحوّل في مجال الطاقة وتحديث قطاع الطاقة المصري. *خارطة طريق لتحقيق أهداف الطاقة المستدامة لمصر 2035: التحوّل في مجال الطاقة وتحديث قطاع الطاقة المصري*.

MoERE – وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة. (2018). *خطة العمل الوطنية لرفع كفاءة الطاقة (2018–2020)*. http://www.moee.gov.eg/test_new/DOC/p.pdf

مولينا. أ. (23 نوفمبر 2020). الاستدامة في مصر. *خارطة طريق لتحقيق أهداف الطاقة المستدامة لمصر 2035: التحوّل في مجال الطاقة وتحديث قطاع الطاقة المصري*.

Mondal, M. A. H., Ringler, C., Al-Riffai, P., Eldidi, H., Breisinger, C., & Wiebelt, M (2019). تحسين قطاع الطاقة في مصر على المدى الطويل: تداعيات السياسة. *الطاقة*، 166، 1063–1073.
https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.158

إندرا أوفرلاند (2019). الجغرافيا السياسية للطاقة المتجددة: دحض أربع معتقدات خاطئة جديدة. *بحوث الطاقة والعلوم الاجتماعية*، 49، 36–40.
https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.018

أندرو رافين (2017). *محطة جديدة للطاقة الشمسية تسلط الضوء على إمكانات الطاقة في مصر*.
مؤسسة التمويل الدولية. https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/news_ext_content/ifc_external_corporate_site/news+and+events/news/cm-stories/benban-solar-park-egypt

شبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن 21 (2019). (REN21). *تقرير عن الوضع العالمي لمصادر الطاقة المتجددة لعام 2019*. أمانة شبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن 21.
https://www.ren21.net/gsr-2019/

RES4MED – مؤسسة حلول الطاقة المتجددة لمنطقة المتوسط. (2015). *الخصائص العامة للدولة المصرية*.
https://www.res4africa.org/wp-content/uploads/2017/11/RES4MED-Country-profile-Egypt_Nov_2015.pdf

موقع Statista. (2020). *صادرات أوبك العالمية من النفط الخام حسب الدولة عام 2019*.
https://www.statista.com/statistics/264199/global-oil-exports-of-opec-countries/.

Takouleu, J. M. (31 مايو 2019). *مصر: الدولة تتفاوض بشأن استخدام الأرض لإنشاء محطة توليد الطاقة التي تعمل بنظام الضخ والتخزين في عتاقة*. شبكة سياسات الطاقة المتجددة للقرن 21 (Afrik21).
https://www.afrik21.africa/en/egypt-state-negotiates-land-use-for-at-taqa-pumped-storage-power-plant/

UN-PAGE –شراكة الأمم المتحدة من أجل العمل بشأن الاقتصاد الأخضر. (9 ديسمبر 2020). *مايو – مصر تطلق استراتيجية وطنية للاقتصاد الأخضر في مؤتمر الوزراء الأفارقة المعني بالبيئة*.
https://www.un-page.org/may-egypt-launches-national-strategy-green-economy-amcen

van Wijk, A., Wouters, F., Rachidi, S., & Ikken, B. (2019). *بيان الهيدروجين في شمال إفريقيا وأوروبا* (S. 32). Dii Desert Energy.
https://www.menaenergymeet.com/wp-content/uploads/A-North-Africa_Europe-Hydrogen-Manifesto.pdf

Voß, J.-P., Smith, A., & Grin, J. (2009). وضع سياسة طويلة الأجل: إعادة النظر في إدارة التحوّل. *مجلة العلوم السياسية*، 42(4)، 275–302.

Weber, K. M., & Rohracher, H. (2012). إضفاء الشرعية على سياسات البحث والتكنولوجيا والابتكار لتحقيق تحوّل جذري: الجمع بين الرؤى المستقاة من أنظمة الابتكار والمنظور متعدد المستويات في إطار "الإخفاقات" الشامل. *سياسة البحوث*، 41(6)، 1037-1047.

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

البنك الدولي. (27 إبريل 2018). *جمهورية مصر العربية: توفير طاقة نظيفة بأسعار معقولة*.
https://www.worldbank.org/en/about/partners/brief/arab-republic-of-egypt-providing-affordable-clean-energy

البنك الدولي. (2019). *خسائر نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية (النسبة المئوية للناتج)*.
https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS

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

الزاوية. (2020). *وقّعت شركة شمال القاهرة لتوزيع الكهرباء عقدًا جديدًا للهندسة والتوريد والإنشاء مع اتحاد يضم شركة السويدي إليكتريك وشركة توبوتا تسوشو، وذلك بقيمة 1.46 مليار جنيه مصري*.
https://www.zawya.com/uae/en/press-releases/story/The_Consortium_of_ELSEWEDY_ELECTRIC_and_Toyota_Tsushonbsp-Signs_New_EPC_Contract_with_North_Cairo_Electricity_Distribution_Company_worth_EGP_146_Billion-ZAWYA20201130152917/

كاثي زيب (3 يناير 2011). *أول محطة للطاقة الشمسية الحرارية في مصر*. عالم الطاقة الشمسية.
https://www.solarpowerworldonline.com/2011/01/egypt's-first-solar-thermal-plant/

نبال زغيب (28 يناير 2019). *بدء تشغيل أول محطة لتوليد الطاقة الشمسية في مصر بتمويل من البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية*. البنك الأوروبي.
www.ebrd.com/news/2019/first-ebrd-funded-egyptian-solar-plant-begins-generation-.html

قائمة الاختصارات

AFD	الوكالة الفرنسية للتنمية
bn	مليار
BOO	نظام البناء والامتلاك والتشغيل
CBAM	آلية تعديل حدود الكربون
CCS	احتجاز الكربون وتخزينه
CCU	احتجاز الكربون واستخدامه
CNG	غاز طبيعي مضغوط
COVID-19	مرض فيروس كورونا 2019 (كوفيد19-)
CPO	مشغل نقاط الشحن
CSP	الطاقة الشمسية المركّزة
DNI	إشعاع طبيعي مباشر
DSM	إدارة جانب الطلب
EBRD	البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية
EEHC	الشركة القابضة لكهرباء مصر
EETC	الشركة المصرية لنقل الكهرباء
EGP	جنيه مصري
EgyptERA	جهاز تنظيم مرفق الكهرباء وحماية المستهلك في مصر
EIJLLPST	مشروع الربط الكهربائي بين الدول الثمانية
entso-e	الشبكة الأوروبية لمشغلي أنظمة النقل للكهرباء
EPC	الهندسة والتوريد والإنشاء
ESCE	المجلس الأعلى للطاقة في مصر
ESIA	تقييم الأثر البيئي والاجتماعي
EU	الاتحاد الأوروبي
EV	المركبة الكهربائية
GDP	إجمالي الناتج المحلي
GHG	الغازات الدفيئة
GHI	الإشعاع الأفقي الشامل
GIZ	الوكالة الألمانية للتعاون الدولي
HPGC	شركة توليد الطاقة من المحطات الكهرومائية
ICT	تكنولوجيا المعلومات والاتصالات
IFC	مؤسسة التمويل الدولية
IPP	منتج طاقة مستقل
IRENA	الوكالة الدولية للطاقة المتجددة
ISES حتى 2035	استراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة حتى 2035
JCEE	اللجنة المصرية الألمانية المشتركة للطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة وحماية البيئة
KfW	بنك التنمية الألماني (مؤسسة الائتمان لإعادة الإعمار)
LNG	غاز طبيعي مسال
MED-TSO	مشغلي شبكات نقل الكهرباء للمتوسط
MENA	الشرق الأوسط وشمال إفريقيا
MLP	المنظور متعدد المستويات
MoERE	وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة
MoMP	وزارة الإنتاج الحربي
NDC	المساهمات المحددة وطنيًا
NEEAP	خطة العمل الوطنية لرفع كفاءة الطاقة
NREA	هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة
PPA	اتفاقية شراء الطاقة
PtF	طاقة إلى وقود
PtG	طاقة إلى غاز
PtX	طاقة إلى عدة موارد
PV	الكهروضوئية
R&D	البحث والتطوير
RE	الطاقة المتجددة
SDG	أهداف التنمية المستدامة
SDS 2030	استراتيجية التنمية المستدامة 2030
Siemens PTI	شركة Siemens Power Technologies International
UFM	منظمة الاتحاد من أجل المتوسط
USD	دولار أمريكي

قائمة الرموز ووحدات القياس

%	النسبة المئوية
CO_2	ثاني أكسيد الكربون
EHV	الجهد الفائق
GW	جيجاوات
GWh	جيجاوات/ساعة
HV	الجهد العالي
HVDC	تيار مستمر عالي الجهد
km	كيلومتر
ktoe	كيلوطن نفط مكافئ
kV	كيلو فولت
kW	كيلو وات
kWh	كيلو وات/ساعة
LV	جهد منخفض
m	متر
m^3	متر مكعب
m/s	متر في الثانية
Mt	ميجاطن
Mtoe	مليون طن نفط مكافئ
MV	جهد متوسط
MW	ميجاوات
MWp	ميجاوات/ذروة
TWh	تيراوات/ساعة
W/m^2	وات لكل متر مربع

قائمة الجداول

الجدول ٣-١ التطورات التي حدثت خلال مراحل التحوّل ١٢

الجدول ٤-١ مشروعات الطاقة المتجددة الكبرى التشغيلية والمخطط لها في مصر ٢٠

الجدول ٤-٢ الاتجاهات والأهداف الحالية للتحوّل في مجال الطاقة ٢٨

قائمة الأشكال

الشكل ٢-١ المنظور متعدد المستويات ٥

الشكل ٢-٢ النموذج المرحلي للتحوّل في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ٦

الشكل ٤-١ إجمالي استهلاك الطاقة النهائي (بالكيلو طن نفط مكافئ)، في مصر من ١٩٩٠–٢٠١٨ ..... ١٦

الشكل ٤-٢ إجمالي إمدادات الطاقة (بالكيلو طن نفط مكافئ)، في مصر من ١٩٩٠–٢٠١٨ ..... ١٦

الشكل ٤-٣ استهلاك الكهرباء (تيراوات/ساعة)، في مصر من ١٩٩٠–٢٠١٨ ..... ١٧

الشكل ٤-٤ توليد الكهرباء حسب المصدر (تيراوات/ساعة)، في مصر من ١٩٩٠–٢٠١٨ ..... ١٧

الشكل ٤-٥ صافي واردات الطاقة (بالمليون طن نفط مكافئ)، في مصر من ١٩٩٠–٢٠١٨ ..... ١٩

الشكل ٤-٦ مزيج توليد الطاقة الكهربائية (بالجيجاوات ساعة)، مصر ٢٠١٨ ..... ١٩

الشكل ٤-٧ تطوير توليد الطاقة الكهربائية المتجددة حسب المصدر (بالجيجاوات ساعة) واستحداث تدابير بشأن سياسات الطاقة، الجزائر ١٩٩٠–٢٠١٨ ..... ٢١

الشكل ٤-٨ شبكة نقل الكهرباء في مصر تبيّن مراكز الأحمال الرئيسية ٢٣

الشكل ٤-٩ هيكل سوق الكهرباء يوضّح الشركات والهيئات المعنيّة ٢٤

الشكل ٤-١٠ انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع (طن متري من ثاني أكسيد الكربون، في مصر من ٢٠٠٥–٢٠١٨ ..... ٢٦

الشكل ٤-١١ انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن توليد الكهرباء والحرارة حسب مصدر الطاقة (طن متري من ثاني أكسيد الكربون)، مصر ٢٠١٨ ..... ٢٦

الشكل ٤-١٢ نظرة عامة على وضع مصر الراهن في نموذج التحوّل في منظومة الطاقة ٣٢

نبذة عن المؤلفين

تعمل سيبل راكيل إرسوي (الحاصلة على درجة الماجستير) باحثة مبتدئة في وحدة البحوث "تحوّلات الطاقة الدولية" التابعة لمعهد فوبرتال منذ عام ٢٠١٩. وتشمل اهتماماتها البحثية الرئيسية مسارات التحوّل إلى استخدام أنظمة الطاقة المستدامة في بلدان الجنوب ووضع نماذج للعلاقة بين المياه والطاقة، كما أنها تُركّز في أبحاثها الإقليمية بوجه خاص على منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

د. جوليا تيرابون بفاف باحثة أولى في معهد فوبرتال. يتعلّق مجال بحثها الأساسي بالتحوّل إلى استخدام أنظمة الطاقة المستدامة في الدول النامية والناشئة، مع التركيز بوجه خاص على منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

نبذة عن هذه الدراسة

أُجريت هذه الدراسة باعتبارها جزءًا من مشروع إقليمي يُطبّق النموذج المرحلي لمعهد فوبرتال الألماني بشأن التحوّل في مجال الطاقة في بلدان مختلفة بمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. وبتنسيق المشروع الإقليمي للمناخ والطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، الذي أطلقته مؤسسة فريدريش إيبرت في الأردن، يساهم المشروع في التعرّف على الأماكن التي ستتم بها عمليات تحوّل الطاقة في البلدان المعنيّة بشكل أفضل. وتُقدم أيضًا الخبرات والتجارب الرئيسية المُستخلصة لإفادة المنطقة بأسرها استنادًا إلى النتائج في جميع البلدان المشمولة بالتحليل. ويتوافق ذلك مع استراتيجيات مؤسسة فريدريش إيبرت التي تجمع بين ممثلي الحكومات ومنظمات المجتمع المدني إلى جانب دعم البحث، مع تقديم التوصيات المتعلقة بالسياسات العامة لتعزيز وتحقيق تحوّل عادل اجتماعيًا في مجال الطاقة وكذلك العدالة المناخية للجميع.

بيانات الناشر

مؤسسة فريدريش إيبرت، | مكتب مصر
٤، شارع الصالح أيوب | ١١٢١١ الزمالك | القاهرة

https://egypt.fes.de/

لطلب المنشورات:
fes@fes-egypt.org

جميع الوسائط التي تنشرها مؤسسة فريدريش إيبرت (FES) لا يُسمح باستخدامها لأغراض تجارية دون الحصول على موافقة كتابية منها.

الآراء الواردة في هذه الدراسة لا تُمثِّل بالضرورة آراء مؤسسة فريدريش إيبرت أو المؤسسة التي يعمل لديها المؤلفون.