دراسة

التغير المناخي والطاقة والبيئة

التحول المستدام لنظام الطاقة في لبنان

تطوير النموذج المرحلي

سيبيل راكيل إرسوي وجوليا تيرابون بفاف
ومارك أيوب وروان عاكوش

أيلول/سبتمبر ٢٠٢١

من خلال تطبيق النموذج المرحلي لتحول الطاقة القائمة على الطاقة المتجددة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا على لبنان، تقدم الدراسة رؤية إرشادية لدعم تطوير الاستراتيجية وتوجيه عملية تحول الطاقة.

يواجه قطاع الكهرباء في لبنان ثلاثة تحديات رئيسية: إمدادات طاقة غير موثوقة ونظام دعم مشوه واستقرار مالي ضعيف على مستوى المرافق.

يمكن أن يساهم استغلال الطاقة المتجددة في زيادة أمن الطاقة في لبنان، حيث أن المسألة الأكثر إلحاحًا في قطاع الكهرباء في لبنان هي الحاجة إلى تأمين إمدادات كهربائية ثابتة.

FRIEDRICH EBERT STIFTUNG

التحول المستدام لنظام الطاقة في لبنان

تطوير النموذج المرحلي

يعد الفهم الواضح للترابطات الاجتماعية - التقنية والرؤية المنظمة من المتطلبات الأساسية لتعزيز وتوجيه التحول إلى نظام طاقة قائم بالكامل على الطاقات المتجددة. لتسهيل هذا الفهم، تم تطوير نموذج مرحلي لتحول الطاقة المتجددة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وتطبيقه على حالة لبنان. تمّ تصميمه لدعم تطوير استراتيجية وإدارة تحول الطاقة وليكون بمثابة دليل لصانعي القرار.

يقع تحول الطاقة في لبنان إلى الطاقات المتجددة في بدايات مرحلة التحول الأولى. على الرغم من وجود إمكانات وفيرة للطاقة الشمسية وطاقة الرياح، يبدو أن الطريق نحو طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪ يمثل تحديًا كبيرًا للبنان، نتيجة للظروف السياسية غير المستقرة للغاية. تتمثل المسألة الأكثر إلحاحًا بالنسبة لقطاع الكهرباء في لبنان في مكافحة اختلال التوازن المالي في البلاد، مع توفير إمدادات كهربائية آمنة وموثوقة. على المستوى التشغيلي، تتطلب الشبكة في لبنان استثمارات كبيرة لإعادة البناء والتعديل التحديثي وتوسيع القدرة الإجمالية وتحسينات كفاءة الطاقة..

من المرجح أن توفر الحاجة إلى تعزيز نظام الطاقة بعد الاضطرابات السياسية للحرب الأهلية الكثير من الفرص طويلة الأجل، مثل تنمية الاقتصاد والحدّ من التلوث البيئي وزيادة أمن الطاقة. من أجل المضي قدمًا في المرحلة الأولى، يحتاج لبنان إلى تحسين الظروف الإطارية للطاقات المتجددة وتنفيذ رؤاها. يحتاج إلى دعم تطوير السوق في إطار زمني واقعي حيث تمثل الإصلاحات الهيكلية الأولوية القصوى.

تهدف نتائج التحليل في النموذج المرحلي الانتقالي نحو طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪ إلى تحفيز ودعم النقاش حول نظام الطاقة المستقبلي في لبنان من خلال توفير رؤية إرشادية شاملة لتحول الطاقة ووضع السياسات المناسبة.

لمزيد من المعلومات :
www.lebanon.fes.de
https://mena.fes.de/topics/climate-and-energy

FRIEDRICH EBERT STIFTUNG

التغير المناخي والطاقة والبيئة

التحول المستدام لنظام الطاقة في لبنان

تطوير النموذج المرحلي

Wuppertal Institut

1866 AUB American University of Beirut الجامعة الأميركية في بيروت

جدول محتويات

١ المقدمة ٢

٢ النموذج المفاهيمي ٤

٢.١ النماذج المرحلية الأصلية ٤
٢.٢ المنظور المتعدد المستويات والمراحل الثلاث للتحولات ٥
٢.٣ الإضافات في النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ٦

٣ النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ٧

٣.١ الخصائص المحددة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ٧
٣.٢ تكييف افتراضات النموذج وفقًا لخصائص دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ٨
٣.٣ مراحل تحول الطاقة في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ٨
٣.٤ تحويل النموذج المرحلي إلى حالة لبنان ٩
٣.٥ جمع البيانات ١٠

٤ تطبيق النموذج على لبنان ١٤

٤.١ تصنيف تحوّل نظام الطاقة في لبنان حسب النموذج المرحلي ١٤
تقييم الوضع الحالي والاتجاهات على مستويات المنطقة والنظام
تقييم الاتجاهات والتطورات على مستوى المجالات المتخصصة
الخطوات اللازمة لإنجاز المرحلة التالية
٤.٢ التوقعات للمراحل التالية من عملية التحول ٣٥

٥ الاستنتاجات والتوقعات ٣٧

الفهرس ٣٨
قائمة الاختصارات ٤٢
قائمة الوحدات والرموز ٤٢
قائمة الجداول ٤٣
قائمة الأشكال ٤٣

١
المقدمة

تواجه منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مجموعة واسعة من التحديات، بما في ذلك النمو السكاني السريع وتباطؤ النمو الاقتصادي ومعدلات البطالة المرتفعة والضغوط البيئية الهائلة. تتفاقم هذه التحديات بسبب الشؤون العالمية والإقليمية مثل تغير المناخ. إن هذه المنطقة التي تعاني في الأصل من عجز كبير بسبب ظروفها الجغرافية والبيئية ستتأثر بشكل أكبر بالآثار السلبية لتغير المناخ في المستقبل. سيزداد الجفاف ودرجات الحرارة في واحدة من أكثر مناطق العالم إجهادًا مائيًا. مع تركز أعداد كبيرة من السكان في المناطق الحضرية من المناطق الساحلية، سيكون الناس أيضًا أكثر عرضة لنقص المياه والعواصف والفيضانات وارتفاع درجات الحرارة. في القطاع الزراعي، من المتوقع أن تؤدي تأثيرات تغير المناخ إلى انخفاض مستويات الإنتاج بينما سيزداد الطلب على الغذاء بسبب النمو السكاني وتغير أنماط الاستهلاك. وعلاوة على ذلك، يتزايد خطر إلحاق الضرر بالبنية التحتية الحرجة، كما أن الإنفاق على الإصلاحات والأبنية الجديدة يضع ضغوطًا إضافية على الموارد المالية الشحيحة. لا ينبغي تجاهل هذه التحديات المتعددة الطبقات الناشئة عن التفاعل بين الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والمناخية، لأنها تشكل مخاطر فادحة على الازدهار والتنمية الاقتصادية والاجتماعية - وفي نهاية المطاف على استقرار المنطقة.

تُعتبر قضايا الطاقة جزءًا لا يتجزأ من الكثير من هذه التحديات. تتصف المنطقة بالاعتماد الكبير على النفط والغاز الطبيعي لتلبية احتياجاتها من الطاقة. على الرغم من أن المنطقة هي منتج رئيسي للطاقة، إلا أن الكثير من دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تكافح لتلبية الطلب المحلي المتزايد على الطاقة. يعدّ التحول إلى أنظمة الطاقة التي تعتمد على الطاقة المتجددة طريقة واعدة لتلبية هذا الطلب المتزايد على الطاقة. كما سيساعد التحول في تقليص انبعاثات غازات الدفيئة بموجب اتفاقية باريس. بالإضافة إلى ذلك، يتميّز استخدام الطاقة المتجددة بإمكانية زيادة النمو الاقتصادي والعمالة المحلية وتقليص القيود المالية.

على خلفية الطلب المتزايد بسرعة على الطاقة بسبب النمو السكاني وتغير سلوك المستهلك وزيادة التحضر وعوامل أخرى - بما في ذلك التحول الصناعي وتحلية المياه وزيادة استخدام الكهرباء للتبريد - تحظى الطاقة المتجددة بالاهتمام في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. لضمان أمن الطاقة على المدى الطويل وتحقيق أهداف تغير المناخ، لجأت معظم دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى تطوير خططٍ طموحة لتوسيع نطاق إنتاجها من الطاقة المتجددة. إن الإمكانات الكبيرة المتوفرة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا لإنتاج الطاقة المتجددة، وبشكل خاص طاقة الرياح والطاقة الشمسية، تشكّل فرصة لإنتاج الطاقة الكهربائية التي تكاد تكون خالية من ثاني أكسيد الكربون (أو ذات انبعاثاتٍ منخفضة الكربون) ولتعزيز الازدهار الاقتصادي.

ومع ذلك، لا تزال معظم دول المنطقة تستخدم الوقود الأحفوري كمصدر رئيسي للطاقة، ويشكل الاعتماد على واردات الوقود الأحفوري في بعض الدول ذات الكثافة السكانية العالية خطرًا من حيث أمن الطاقة وإنفاق الموازنة العامة.

يشمل التحول إلى نظام الطاقة القائم على الطاقة المتجددة نشرًا واسع النطاق لتكنولوجيا الطاقة المتجددة وتطويرا للبنية التحتية التمكينية وتنفيذ الأطر التنظيمية المناسبة وإنشاء أسواق وصناعات جديدة. لذلك، إن فهم الترابط الاجتماعي - التقني في نظام الطاقة والديناميكيات الرئيسية لابتكار النظام لهو أمرًا بالغ الأهمية، كما أن الرؤية الواضحة لهدف واتجاه عملية التحول تسهّل التغيير الأساسي المستهدف (ويبر وروهراشر، ٢٠١٢). وبالتالي، فإن الاطلاع الوافي حول عمليات التحول يمكن أن يعزز حوارًا بنّاءً حول تطورات أنظمة الطاقة المستقبلية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. كما يمكن أن يمكّن أصحاب المصلحة من تطوير استراتيجيات للتحول نحو نظام طاقة قائم على مصادر الطاقة المتجددة.

ومن أجل تأييد هذا الاطلاع، تم تطوير نموذج مرحلي للتحول إلى الطاقة القائمة على مصادر الطاقة المتجددة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. يبني هذا النموذج عملية التحول مع مرور الوقت من خلال مجموعة من مراحل التحول. وهو يعتمد على النموذج المرحلي الألماني ويتم استكماله أيضًا برؤى حول الإدارة المرحلية وخصائص منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. يتم تحديد المراحل وفقًا للعناصر والعمليات الرئيسية التي تشكل كل مرحلة، ويتم تسليط الضوء على الاختلافات النوعية بين المراحل. ينصب تركيز كل مرحلة على التطور التكنولوجي؛ وفي الوقت نفسه، يتم توفير رؤى حول التطورات المترابطة في الأسواق والبنية التحتية والمجتمع. توفر الرؤى التكميلية من مجال أبحاث الاستدامة دعمًا إضافيًا لإدارة التغيير طويل الأمد في أنظمة الطاقة على طول المراحل. وبالتالي، يقدم النموذج المرحلي لمحة عامة عن عملية تحول معقدة ويسهل التطوير المبكر لاستراتيجيات السياسات وأدواتها وفقًا لمتطلبات المراحل المختلفة التي تتحد لتشكل الرؤية التوجيهية الشاملة.

في هذه الدراسة، ينطبق النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا على حالة لبنان. يتم تقييم وتحليل الوضع الحالي للتنمية في لبنان مقابل النموذج المرحلي. تم إجراء مقابلات مع الخبراء للحصول على رؤى لتحديد المكونات المجردة المحددة مسبقًا للنموذج. ونتيجة لذلك، تم اقتراح مزيد من الخطوات لتحول الطاقة (استنادًا إلى خطوات النموذج المرحلي). يعتمد هذا التطبيق على نتائج الدراسات والمشاريع السابقة التي أجريت في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، في حين تم

جمع البيانات الخاصة بدراسة الحالة لهذه الدراسة من قبل الشريك المحلي معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية في الجامعة الأمريكية في بيروت.

٢

النموذج المفاهيمي

٢,١ النماذج المرحلية الأصلية[1]

تم تطوير النموذج المرحلي لتحول الطاقة نحو أنظمة الطاقة المنخفضة الكربون القائمة على مصادر الطاقة المتجددة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بواسطة فيشيدك وآخرين (٢٠٢٠)، وهو يعتمد على النماذج المرحلية لتحويل نظام الطاقة الألماني العائد الذي أعدّه فيشيدك وآخرون (٢٠١٤) وهينينج وآخرون (٢٠١٥). طوّر هذا الأخير نموذجًا من أربع مراحل لتحويل نظام الطاقة الألماني نحو نظام طاقة منزوع الكربون يعتمد على مصادر الطاقة المتجددة. ترتبط المراحل الأربع للنماذج بالافتراضات الرئيسية المستخلصة من الخصائص الأساسية لمصادر الطاقة المتجددة والمصنفة على النحو التالي: « اطلاق الطاقة المتجددة لمصادر الطاقة المتجددة» و»تكامل النظم» و»الطاقة المحولة إلى وقود/غاز (PtF/G)» و» نحو مصادر طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪».

تتوقع دراسات سيناريو الطاقة أن معظم الدول في المستقبل، بما في ذلك دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، ستقوم أولًا بتوليد الكهرباء من مصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. ومن المتوقع أن تكون المصادر الأخرى مثل الكتلة الحيوية (الاحيائية) والطاقة الكهرومائية محدودة بسبب الحفاظ على الطبيعة ونقص التوافر ومزاحمة الاستخدامات الأخرى (بريتش بتروليوم «بي بي»، ٢٠١٨؛ الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠١٧). لذلك، فإن الافتراض الأساسي للنموذج المرحلي هو زيادة ملحوظة لطاقة الرياح والطاقة الشمسية في مزيج الطاقة. ويشمل ذلك الاستخدام المباشر للكهرباء في قطاعات الاستخدام النهائي التي تعتمد حاليًا وبشكل أساسي على الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي. من المتوقع أن يلعب التنقل الكهربائي في قطاع النقل والمضخات الحرارية في قطاع البناء دورًا هاما. تشمل القطاعات التي يصعب إزالة الكربون منها من الناحية التكنولوجية الطيران والملاحة والمركبات الثقيلة والصناعات التي تتطلب حرارة عالية. يمكن أن يُستبدل الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي بالهيدروجين أو الوقود والغازات الاصطناعية القائمة على الهيدروجين (الطاقة المحولة إلى وقود/غاز) في هذه القطاعات. وللحصول على كمية الهيدروجين المطلوبة، يمكن اللجوء إلى كهرباء الطاقة المتجددة عن طريق التحليل الكهربائي.

من المهم بمكان التركيز على ملاءمة البنية التحتية للكهرباء لأنه يجب الموازنة بين التغذية واستخراج الكهرباء (خاصة من مصادر الطاقة المتجددة المتغيرة) للحفاظ على استقرار الشبكة. وبالتالي، يجب أن يكون إنتاج الطاقة والطلب عليها متزامنين أو يجب تطبيق خيارات التخزين. ومع ذلك، فإن تخزين الكهرباء يمثل تحديًا لمعظم الدول، وتظل الإمكانات محدودة بسبب الظروف الجغرافية. وعليه، يجب الوصول إلى مزيج من الخيارات المرنة التي تجعل العرض المتغير من محطات طاقة الرياح والطاقة الشمسية يتوافق مع الطلب على الكهرباء من خلال توسيع الشبكات أو زيادة مرونة إنتاج الطاقة المرتكزة على بقايا الوقود الأحفوري أو التخزين أو إدارة جانب الطلب (DSM). زِد على ذلك، فإن تطوير تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT) يمكن أن يدعم إدارة المرونة. وباستخدام تطبيقات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز (PtF/G)، يمكن ربط القطاعات المختلفة بإحكام أكثر. يشمل ذلك تكييف الأنظمة والبنية التحتية والتجهيز لتصميم سوق جديد. نظرًا لأن الطلب على الطاقة أعلى بأربع أو خمس مرات في نظام طاقة منخفض الكربون قائم على مصادر الطاقة المتجددة، يُعدّ تحسين كفاءة الطاقة مطلبا أساسيًا لتحول ناجح للطاقة. إن اتباع مبدأ «كفاءة الطاقة أولًا» يعني اعتبار كفاءة الطاقة عنصرًا أساسيًا في بنية الطاقة التحتية في المستقبل، وبالتالي، أخذها بالاعتبار إلى جانب خيارات أخرى، مثل مصادر الطاقة المتجددة وتأمين الإمدادات والترابط (المديرية العامة للطاقة التابعة للمفوضية الأوروبية، ٢٠١٩).

يوضح النموذج المرحلي هذه الترابطات الاجتماعية - التقنية للتطورات المصوّرة، والتي تعتمد على بعضها البعض في ترتيب زمني. تعد المراحل الأربع حاسمة لتحقيق نظام طاقة قائم بالكامل على مصادر الطاقة المتجددة. في المرحلة الأولى، يتم تطوير تكنولوجيات الطاقة المتجددة وطرحها في السوق. ويتم تحقيق التخفيضات في التكلفة من خلال برامج البحث والتطوير (R&D) وسياسات الإدخال في السوق للمرة الأولى. في المرحلة الثانية، يتم إدراج تدابير مخصصة لدمج الكهرباء المتجددة في نظام الطاقة. ويشمل ذلك المرونة في إنتاج الطاقة المرتكزة على بقايا الوقود الأحفوري وإنماء التخزين ودمجه وتفعيل المرونة من ناحية الطلب. في المرحلة الثالثة، يعدّ تخزين الكهرباء المتجددة على المدى الطويل أمرًا ضروريًا لتحقيق التوازن بين الفترات التي يتجاوز فيها العرض الطلب؛ الأمر الذي يزيد من حصة مصادر الطاقة المتجددة. أصبحت تطبيقات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز (PtF/G) جزءًا لا يتجزأ من نظام الطاقة في هذه المرحلة، وتكتسب واردات حاملات الطاقة القائمة على مصادر الطاقة المتجددة أهمية. في المرحلة الرابعة، تحل مصادر الطاقة المتجددة بالكامل محل الوقود الأحفوري في جميع القطاعات. يجب ربط جميع المراحل بسلاسة لتحقيق الهدف المتمثل في نظام طاقة قائم على مصادر الطاقة المتجددة بنسبة ١٠٠٪.من أجل عرض التغييرات طويلة الأجل في أنظمة الطاقة في هذه المراحل الأربع، يُستكمل النموذج المرحلي برؤى من مجال أبحاث التحول إلى الاستدامة. يُعنى هذا البحث بديناميكيات التغير الأساسي الطويل الأجل في النظم الفرعية المجتمعية مثل نظام الطاقة.

---

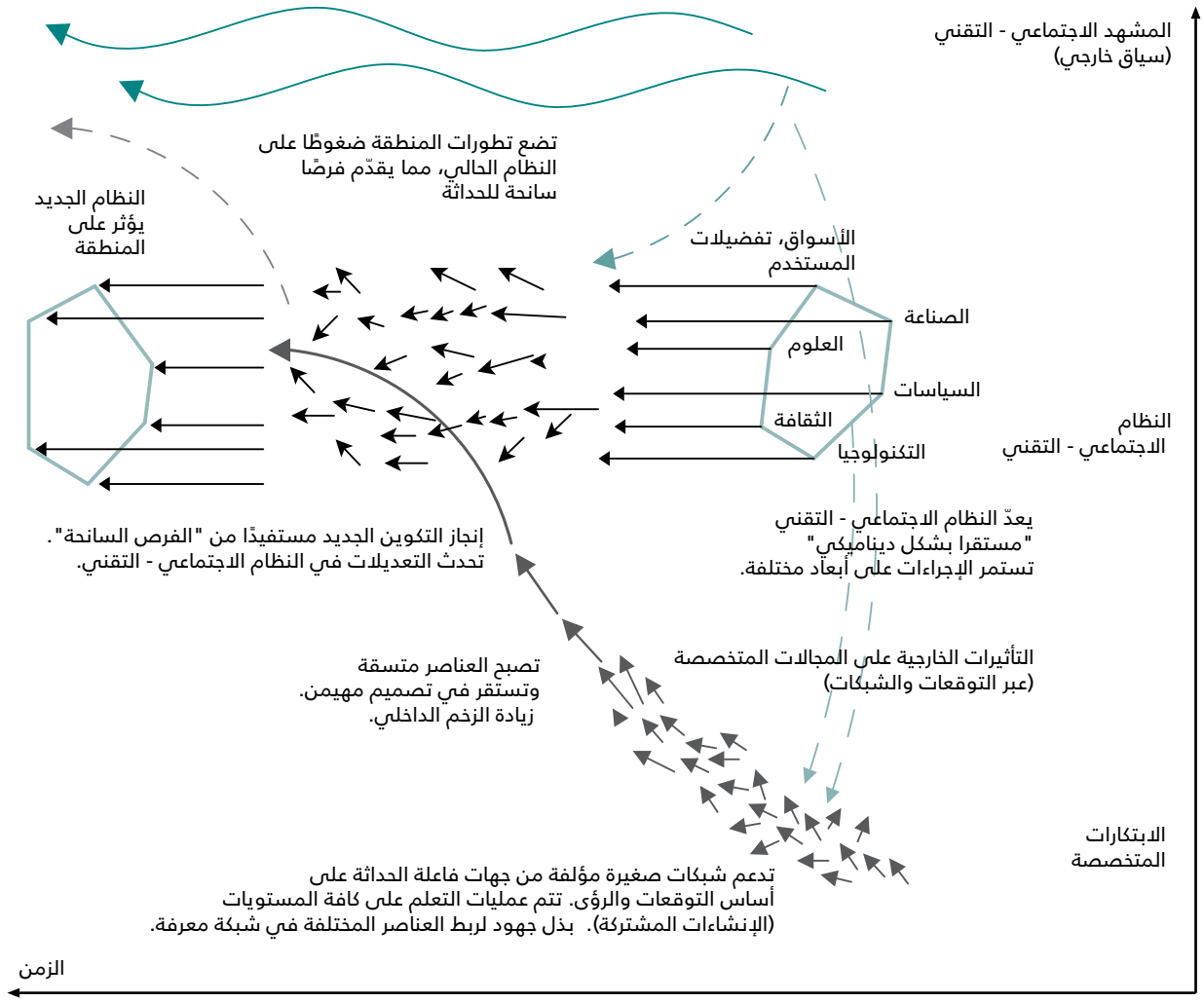
١ يستند النص إلى هولتز وآخرين (٢٠١٨).

٢,٢ المنظور المتعدد المستويات والمراحل الثلاث للتحولات

لا يمكن توجيه تحولات الطاقة بشكل كامل ولا يمكن توقّعها كليا. يؤدي إشراك الكثير من الجهات الفاعلة والعمليات إلى مستوى عالٍ من الاعتماد المتبادل والالتباس المحيط بالتطورات التكنولوجية والاقتصادية والاجتماعية - الثقافية. نظرًا للترابط بين العمليات والأبعاد، فإن البحث التحولي يطبق عادة مناهج متعددة التخصصات. يُعد المنظور المتعدد المستويات (MLP) إطارًا بارزًا يسهل وضع تصور لديناميكيات التحول ويوفر أساسًا لتطوير تدابير الحوكمة (الشكل ٢-١).

على مستوى «المنطقة»، تؤثر الاتجاهات السائدة مثل التحولات الديموغرافية وتغير المناخ والأزمات الاقتصادية على مستويي «النظام» و«الابتكارات المتخصصة». يلتقط مستوى «النظام» النظام الاجتماعي - التقني الذي يهيمن على قطاع الاهتمام. في هذه الدراسة، النظام هو قطاع الطاقة. وهو يتضمن التقنيات واللوائح وأنماط المستخدم والبنية التحتية والخطابات الثقافية المتاحة التي تندمج لتشكل أنظمة اجتماعية - تقنية. لتحقيق تغييرات النظام على مستوى «النظام» وتجنب الانغلاق وتبعية المسار، تكون الابتكارات على مستوى «الابتكارات المتخصصة» تصاعدية لأنها توفر القاعدة الأساسية للتغيير المنهجي. تتطور الابتكارات المتخصصة في المساحات المحمية مثل مختبرات البحث والتطوير وتكتسب الزخم عندما تصبح الرؤى والتوقعات مقبولة على نطاق واسع. لذلك، فإن هياكل شبكة الجهات الفاعلة التي تتمتع بالقدرة على نشر المعرفة وتغيير القيم المجتمعية هي ذات أهمية رئيسية لعملية التحول (جيلز، ٢٠١٢). تتطلب حوكمة التحولات الاختبار والتعلم والمراقبة المستمرة والانعكاسية والقدرة على التكيف وتنسيق السياسات عبر مختلف المستويات والقطاعات (هوغما وآخرون، ٢٠٠٥؛ لورباخ، ٢٠٠٧؛ فوس وآخرون، ٢٠٠٩؛ ويبر وروهراشر، ٢٠١٢). يعد تطوير الابتكارات المتخصصة في إطار «إدارة متخصصة استراتيجية» شرطًا مسبقًا أساسيًا للتغيير الأساسي. خلال مراحل التحول، يمكن تمييز ثلاث مراحل مع نُهج السياسات المرتبطة بها: «تشكيل الابتكارات المتخصصة» و«الانجازات» و«النمو القائم على السوق». في مرحلة « تشكيل الابتكارات المتخصصة»، تتطور المجالات المتخصصة وتنضج وقد تقدم حلولًا يمكن للنظام استيعابها. في هذه المرحلة، تعتبر التوقعات والرؤى التي توفر التوجيه لعمليات التعلم ضرورية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لإشراك الجهات الفاعلة والشبكات الاجتماعية أن تدعم إنشاء سلاسل القيمة الضرورية، كما تتمتع عمليات التعلم على مستويات مختلفة بالقدرة على تطوير التكنولوجيا.

الشكل ٢-١
المنظور المتعدد المستويات



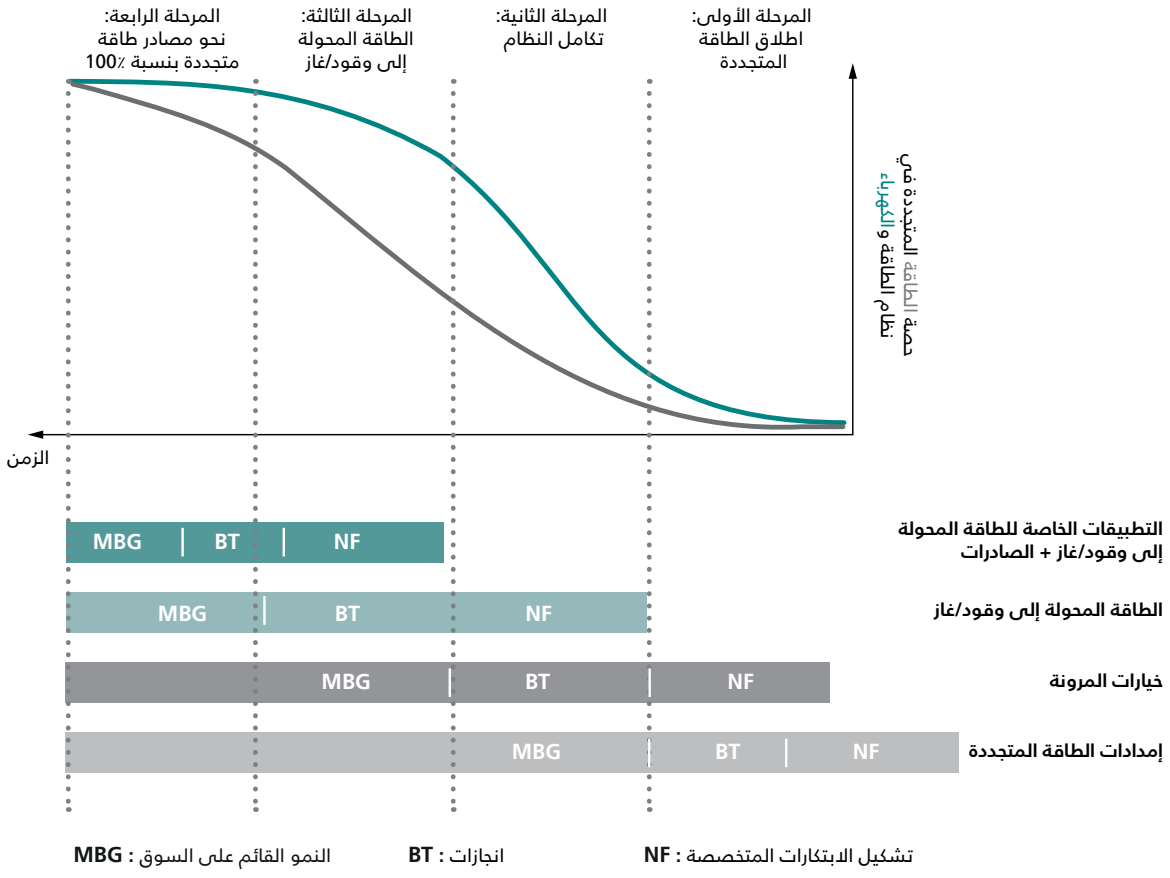
(المصدر: جيلز وشوت، ٢٠٠٧)

في مرحلة « الانجازات»، ينتشر الابتكار المتخصص من خلال الجهات الفاعلة المشاركة وحصة السوق والتكرار في مواقع أخرى. في هذه المرحلة، يُعتبر تحسين أداء السعر أمرًا مهمًا، ويجب أن يكون الوصول إلى البنية التحتية والأسواق الضرورية مفتوحًا. يعمل تعديل القواعد والتشريعات بالإضافة إلى زيادة الوعي المجتمعي والقبول على تقليل الحواجز التي تحول دون النشر. عندما يصبح الابتكار المتخصص ذات سعر تنافسي تمامًا ولم تعد هناك حاجة إلى آليات السياسات الداعمة المحددة، يتم تحقيق مرحلة «النمو القائم على السوق». تكون تكنولوجيات الطاقة المتجددة في هذه المرحلة مدمجة تمامًا في النظام.

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

Aإذا افترضنا أن النموذج المرحلي لتحول الطاقة الألماني الذي أعدّه فيشيدك وآخرين (٢٠١٤) وهينينج وآخرين (٢٠١٥) ينطبق على دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، تبقى مراحل التحول الأربع على حالها. يقدّم «نظام الطبقة»، الذي تم اعتماده في النماذج المرحلية الأصلية، أهدافًا واضحة لتطوير النظام من خلال توجيه المبادئ التوجيهية لصانعي القرار. نظرًا لأن عمليات تشكيل المجالات المتخصصة لازمة لتوسيع نطاق الابتكارات المتخصصة بنجاح، فقد تمت إضافة طبقة «متخصصة» إلى النموذج المرحلي الأصلي لفيشيدك وآخرين (٢٠٢٠). تم تحديد مجموعة محددة من الابتكارات لكل مرحلة: تكنولوجيات الطاقة المتجددة (المرحلة ١)، وخيارات المرونة (المرحلة ٢)، وتكنولوجيات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز (PtF/G) (المرحلة ٣)، وقطاعات مثل الصناعات الثقيلة أو الطيران التي يصعب نزع الكربون منها (المرحلة ٤). في مرحلة الإنجازات، تعتمد كل مجموعة ابتكارات على عملية تشكيل الابتكارات المتخصصة في المرحلة السابقة. لذلك، تدعم تدابير الحوكمة المحددة عمليات الإنجاز والتوسيع في المرحلة الحالية. في المراحل اللاحقة، تواصل مجموعات الابتكار الانتشار من خلال النمو القائم على السوق (فيشيدك وآخرون، ٢٠٢٠). وبالتالي، تؤدي إضافة «طبقة متخصصة» إلى زيادة التركيز على العمليات التي يجب أن تحدث لتحقيق أهداف النظام (الشكل ٢-٢).

الشكل ٢-٢
النموذج المرحلي الانتقالي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا



(المصدر: هولتز وآخرون، ٢٠١٨)

٣

النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

٣,١ الخصائص المحددة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

تم تطوير النموذج المرحلي الأصلي للحالة الألمانية، مما يعني أنه تم وضع افتراضات معينة. نظرًا لاختلاف حالة منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، تم تعديل الافتراضات الأساسية للنموذج المرحلي لتتوافق مع خصائص دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. حدّد فيشيدك وآخرون (٢٠٢٠) الاختلافات وشرح تعديلات النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا الذي يعد كنقطة انطلاق لنقل نموذج البلد الفردي في هذه الدراسة.

يكمن أحد الاختلافات في وضع الطاقة الحالي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا والذي يختلف من بلد إلى آخر. تتميز كثير من الدول، بما في ذلك العراق، بغناها بموارد الوقود الأحفوري، في حين تعتمد دول أخرى، مثل المغرب وتونس والأردن، بشكل كبير على واردات الطاقة. علاوة على ذلك، تشكل أسعار الطاقة المدعومة، وكذلك أسواق الطاقة غير المتحررة، تحديات إضافية لتحول الطاقة في الكثير من دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (إيرينا (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة)، ٢٠١٤).

يبرز اختلاف أساسي آخر في الحالة الألمانية وهو الاتجاه المتزايد في الطلب على الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وفقًا لبيريتش بتروليوم «بي بي» (٢٠١٩)، سيواجه الشرق الأوسط زيادة سنوية في الطلب على الطاقة بحوالي ٢٪ حتى عام ٢٠٤٠. تعد قطاعات الطاقة والنقل والصناعة وغير المحترق مسؤولة بشكل رئيسي عن الزيادة الكبيرة في الاستهلاك النهائي للطاقة. ومن العوامل الإضافية المساهمة نذكر النمو السكاني الذي من المتوقع أن يزداد - خاصة في مصر والعراق (ميركين، ٢٠١٠). بالإضافة إلى ذلك، تمثل الصناعات العالية الاستهلاك للطاقة، بما في ذلك الصلب والاسمنت والمواد الكيميائية، نسبة كبيرة من الطلب على الطاقة. يتزايد الطلب على الطاقة بسبب تركيب وتوسيع قدرات تحلية مياه البحر في معظم دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا: من المتوقع أن يتضاعف الطلب على الكهرباء لتحلية مياه البحر ثلاث مرات بحلول عام ٢٠٣٠ مقارنة بمستوى عام ٢٠٠٧ في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (الوكالة الدولية للطاقة-برنامج تحليل نظم تكنولوجيا الطاقة (IEA-ETSAP) وإيرينا، ٢٠١٢). علاوة على ذلك، إن كثافة استخدام الطاقة في الكثير من دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مرتفعة بسبب انخفاض جودة العزل في المباني وعدم الكفاءة الفنية في تكنولوجيات التبريد والتدفئة وبنية التوزيع التحتية. تتراوح خسائر الكهرباء في التوزيع بين ١١٪ و ١٥٪ في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا المستقرة مقارنة بـ ٤٪ في ألمانيا (البنك الدولي، ٢٠١٩).

على الرغم من أن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تستفيد من مصادر الطاقة المتجددة الهائلة، إلا أن الكثير من إمكانات الطاقة المتجددة الاقتصادية لا تزال غير مستغلة. إن استغلال هذه الإمكانات يمكن أن يؤدي إلى اكتفاء معظم الدول ذاتيًا من حيث الطاقة، ويحولها في نهاية المطاف إلى مصدرة صافية للطاقة القائمة على مصادر الطاقة المتجددة. وإذ أصبحت واردات الطاقة والهيدروجين ركيزة أساسية في استراتيجية الطاقة في أوروبا (المفوضية الأوروبية ، ٢٠٢٠)، يمكن لدول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا - في المستقبل - الاستفادة من أسواق الوقود الاصطناعي الناشئة والانتفاع من صادرات ناقلات الطاقة إلى الدول المجاورة في أوروبا. في هذا الإطار، يمكن لبعض دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا التي لديها بنية تحتية للنفط والغاز الاستفادة من خبرتها في مناولة الغاز والوقود السائل. كما أن هذه الدول المصدرة للطاقة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا يمكنها وبدعم من تكنولوجيات باور تو اكس (power-to-X (PtX)) أن تتحوّل بسلاسة من مرحلة الوقود الأحفوري إلى نظام الطاقة القائم على مصادر الطاقة المتجددة. ومع ذلك، ومن أجل تحقيق هذا الهدف، يجب تعديل البنية التحتية على نطاق واسع للنقل والتخزين. بالنسبة لدول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا الأخرى، يمكن أن يوفر استغلال إمكاناتهم من مصادر الطاقة المتجددة في مرحلة انتقالية لاحقة لتصدير منتجات باور تو اكس فرصًا اقتصادية جديدة.

ومع ذلك، يبرز اختلاف آخر يتمثل في أن شبكة الكهرباء في ألمانيا متطورة بالكامل، في حين أن معظم دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا لديها أنظمة شبكات تحتاج إلى التوسيع والتطوير على المستوى المحلي ووصلها عبر الحدود. توجد توصيلات بينية مادية إلا أنها موجودة بشكل رئيسي في مجموعات إقليمية (البنك الدولي، ٢٠١٣). لذلك، تفتقر المنطقة إلى الإطار اللازم لتجارة الكهرباء. بالإضافة إلى ذلك، يجب تطوير رموز الشبكة الفنية لدمج الطاقة المتجددة وموازنة تنوعها. علاوة على ذلك، نظرًا لوجود معايير قليلة للطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح، يجب وضع لوائح واضحة لتمكين الوصول إلى الشبكة.

يمكن أن تستفيد دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بشكل كبير من التقدم العالمي في تكنولوجيات الطاقة المتجددة. تضاف الخبرة العالمية في نشر تكنولوجيا الطاقة المتجددة إلى منحنى التعلم، مما أدى إلى خفض التكلفة. في ظل هذه الخلفية، تراجعت تكاليف الخلايا الكهروضوئية بنحو ٨٠٪ منذ عام ٢٠١٠، وانخفضت أسعار توربينات (عنفات) الرياح بنسبة ٣٠٪ إلى ٤٠٪ منذ عام ٢٠٠٩ (إيرينا، ٢٠١٩). بينما يفترض النموذج المرحلي للحالة الألمانية أن تكنولوجيات الطاقة المتجددة تحتاج إلى الوقت لتصبح جاهزة، يمكن أن يشمل النموذج المرحلي لحالة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تخفيضات في التكلفة. بالإضافة إلى ذلك، توجد بالفعل شبكة فاعلة واسعة من الشركات التي تقدم الخبرة في مجال تكنولوجيات الطاقة المتجددة.

إن أنظمة الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا هي في مرحلة التطوير؛ إن الطاقات المتجددة جاذبة نظرًا لأنها توفر الاستدامة وأمن الطاقة، كما أن لديها القدرة على تحفيز الازدهار الاقتصادي. ومع ذلك، فإن ظروف تطوير صناعات الطاقة المتجددة ضعيفة بسبب عدم وجود أطر داعمة لريادة الأعمال والابتكار التكنولوجي. بينما تلعب الجهات الفاعلة الخاصة في ألمانيا دورًا رئيسيًا في محطات الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح الصغيرة الحجم، فإن الشركات المملوكة للدولة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تلعب دورًا محوريًا في مشاريع واسعة النطاق. يعتبر حشد رأس المال عاملاً مهمًا إضافيًا يتطلب استراتيجيات مخصصة.

٣,٢ تكييف افتراضات النموذج وفقًا لخصائص دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

يجب تكييف مراحل النموذج المرحلي الأصلي لتتوافق مع خصائص منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وبالارتكاز إلى فيشيدك وآخرين (٢٠٢٠)، تم إجراء تغييرات على النموذج الأصلي خلال المراحل الأربع ووصفها الزمني. بالإضافة إلى ذلك، يتم استكمال وصف «نظام الطبقة» بتركيز أقوى على زعزعة استقرار النظام، ويتم تسليط الضوء على «الطبقة المتخصصة» في كل مرحلة للتحضير للمرحلة اللاحقة.

من أجل تلبية الزيادة المتوقعة في إجمالي الطلب على الطاقة، يرتفع حجم مصادر الطاقة المتجددة في المرحلتين ١ و٢ بشكل كبير من دون تقويض الأعمال القائمة للصناعات التي توفر الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي. إن الشبكة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا محدودة في قدرتها على استيعاب ارتفاع حصص مصادر الطاقة المتجددة، مما يؤدي إلى تركيز أكبر على تعديل الشبكة وتوسيعها خلال المرحلة ١. علاوة على ذلك، يجب أن تبدأ المرحلة ٢ في وقت أبكر مما كانت عليه في الحالة الألمانية، وقد يشمل التطوير في بعض الدول تركيزًا أكبر على حلول التطبيقات خارج الشبكة والشبكات الصغيرة المعزولة. يمكن تلبية الطلب المحلي المتزايد على الطاقة في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا من خلال الطاقات القائمة على مصادر الطاقة المتجددة وناقلات الطاقة مثل الوقود الاصطناعي والغازات. بينما تلعب الواردات في ألمانيا دورًا كبيرًا في المراحل اللاحقة (في المرحلة ٣ بشكل خاص)، يمكن تصدير الطاقة الإضافية في دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وتوفير فرص اقتصادية محتملة في المرحلة ٤. توفر القدرة التنافسية العالمية المتزايدة لمصادر الطاقة المتجددة الفرصة لتسريع مراحل التشكيل المتخصصة في جميع مراحل الانتقال. ومع ذلك، يجب دمج عمليات التشكيل المتخصصة في الاستراتيجيات المحلية. يجب إنشاء مؤسسات لدعم التطورات المتخصصة وتكييفها مع حالة البلد.

٣,٣ مراحل تحول الطاقة في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

طوّر معهد فوبرتال النموذج المرحلي لدول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا استنادًا إلى النموذج المرحلي الألماني والخبرة المكتسبة خلال مشروع تطوير نموذج مرحلي لتصنيف ودعم التحول المستدام لأنظمة الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، والذي كان بدعم من مؤسسة فريدريش إيبرت (هولتز وآخرون، ٢٠١٨؛ فيشيدك وآخرون، ٢٠٢٠). يتم عرض مراحل منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بالتفصيل في أبعادها والتي تستند إلى العرض والطلب والبنية التحتية والأسواق والمجتمع. ينعكس المنظور المتعدد الأبعاد لبحوث الانتقالات في هذه الطبقات مما يسلط الضوء على الترابط بين هذه الأبعاد خلال مراحل الانتقال. يلخص الجدول ٣-١ التطورات الرئيسية في طبقات «التقنية - الاقتصادية» و «الحوكمة»، وكذلك على مستويات «المنطقة» و«النظام» و«التخصص» خلال المراحل الأربع.

يتم توسيع قدرات إمدادات الكهرباء المتجددة على مدار المراحل لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة في جميع القطاعات. يكمن الافتراض الأساسي في الحاجة إلى زيادة كفاءة الطاقة بشكل كبير في جميع المراحل. تعتمد التطورات في المرحلتين ٣ و٤ على الكثير من التطورات التكنولوجية والسياسية والمجتمعية، وبالتالي، تحيط بها شكوكًا عالية من منظور اليوم.

بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء تحليل أكثر تفصيلاً لتأثير مستوى «المنطقة». يتم الافتراض أن العوامل التالية ستؤثر على جميع المراحل: ١) الأطر الدولية بشأن تغير المناخ؛ ٢) جهود إزالة الكربون من الدول الصناعية، بما في ذلك برامج التعافي الأخضر بعد جائحة كوفيد-١٩؛ ٣) الصراعات العالمية والإقليمية (التي تؤثر على التجارة)؛ ٤) الآثار الطويلة الأجل لجائحة كوفيد-١٩ على الاقتصاد العالمي؛ ٥) الظروف الجغرافية وتوزيع الموارد الطبيعية؛ و٦) التطور الديمغرافي.

المرحلة ١ - « اطلاق الطاقات المتجددة»

تم إدخال الكهرباء المتجددة في نظام الكهرباء قبل تحقيق المرحلة الأولى، «اطلاق الطاقة المتجددة». تعتبر التطورات على مستوى «الابتكارات المتخصصة»، مثل تقييم الإمكانات الإقليمية والمشاريع التجريبية المحلية وتشكيل شبكات الجهات الفاعلة وتبادل المهارات والمعرفة حول نظام الطاقة المحلي، مؤشرات أولية حول بدء الانتشار. في الفترة التي تسبق هذه المرحلة، يتم وضع رؤى وتوقعات لتوسيع توليد الطاقة القائمة على مصادر الطاقة المتجددة.

في المرحلة الأولى، يتمثّل تطوير المميزات على مستوى النظام في الإدخال والزيادة الأولية لمصادر الطاقة المتجددة، ولا سيما الكهرباء المولدة من محطات الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح. يمكن أن تستفيد دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى حدّ كبير من التكنولوجيات المتاحة عالميًا وانخفاض الأسعار العالمية لمصادر الطاقة المتجددة، مما سيسهل إدخال الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح إلى السوق. مع تزايد الطلب الهائل على الطاقة في المنطقة، لن تتمكن حصة مصادر الطاقة المتجددة التي تدخل النظام من الحلول محل الوقود الأحفوري في هذه المرحلة. يجب توسيع الشبكة وتعديلها لاستيعاب المستويات المختلفة من الطاقة المتجددة. تدخل القوانين واللوائح حيز التنفيذ بهدف دمج مصادر الطاقة المتجددة في نظام الطاقة وتمكين الكهرباء القائمة على مصادر الطاقة المتجددة من دخول الشبكة. يُسهل إدخال مخططات الأسعار كحوافز للمستثمرين نشر الطاقة المتجددة والألواح الضوئية اللامركزية على نطاق واسع للأسر.

إن التطورات التي تحدث على مستوى «الابتكارات المتخصصة» تمهد الطريق للمرحلة ٢. يتم تقييم الإمكانات الإقليمية لخيارات المرونة المختلفة (على سبيل المثال، إمكانيات تخزين المضخة وإدارة جانب الطلب (DSM) في الصناعة)، ويتم تطوير الرؤى التي تطرح مسألة خيارات المرونة. في هذه المرحلة، تتم مناقشة دور اقتران القطاع (على سبيل المثال التنقل الإلكتروني، وتحويل الطاقة الكهربائية إلى حرارة) ويتم استكشاف نماذج الأعمال. تضع احتياجات المرونة المتوقعة واقتران القطاع الأساس للشركات الناشئة في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الناشئة ونماذج الأعمال الرقمية الجديدة.

المرحلة ٢ - «تكامل النظام»

في المرحلة ٢، يستمر التوسع في الطاقة المتجددة على مستوى «النظام»، بينما لا تزال الأسواق المتنامية توفر مجالًا لتواجد الطاقة المرتكزة على الوقود الأحفوري. يستمر توسيع الشبكة ويتم بذل الجهود لإنشاء خطوط الطاقة عبر الحدود والعابرة للحدود من أجل تحقيق التوازن بين الاختلافات الإقليمية في إمدادات طاقة الرياح والطاقة الشمسية. في هذه المرحلة، يتم تمييز إمكانات المرونة (إدارة جانب الطلب (DSM)، التخزين) ويتم تكييف تصميم سوق الكهرباء لاستيعاب هذه الخيارات. كما يشمل ذلك التكامل للكامل البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات مع نظام الطاقة (الرقمنة). على المستوى السياسي، تتم مواءمة اللوائح في قطاعات الكهرباء والنقل والحرارة لتهيئة فرص متكافئة لمختلف ناقلات الطاقة. تضيف الكهربة المباشرة للتطبيقات في قطاعات النقل والصناعة والحرارة مرونة إضافية للنظام.

يتم تطوير تطبيقات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز على صعيد «الابتكارات المتخصصة» لتحضير النظام لتحقيق الإنجازات في المرحلة ٣. تختبر المشاريع التجريبية استخدام الوقود الاصطناعي والغازات وفق الظروف المحلية. من المتوقع أن يحل الهيدروجين الأخضر محل الوقود الأحفوري في قطاعات مثل الإنتاج الكيميائي. على المدى القصير والمتوسط، يعتبر إنتاج ثاني أكسيد الكربون من التقاط الكربون في الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة أمرًا مقبولًا. ومع ذلك، يجب على المدى الطويل أن يتحول التركيز إلى التقاط الكربون مباشرة من الهواء أو الطاقة الحيوية لضمان محايدة الكربون. تقوم شبكات الجهات الفاعلة بإنشاء وتبادل المعرفة والمهارات في مجال الطاقة المحولة إلى وقود/غاز. استنادًا إلى تقييم إمكانات طرق التحويل المختلفة للطاقة المحولة إلى وقود/غاز، يتم وضع استراتيجيات وخطط لتطوير البنية التحتية ويتم استكشاف نماذج الأعمال.

تكتسب العلاقة بين المياه والطاقة الاهتمام المناسب في إطار النهوج المتكاملة، نظرًا لأن المياه أصبحت شحيحة بسبب تداعيات تغير المناخ. يمكن أن يؤدي ذلك إلى نقص يؤثر على قطاع الطاقة أو المنافسة من الاستخدامات الأخرى مثل إنتاج الغذاء.

المرحلة ٣ - «الطاقة المحولة إلى وقود/غاز (PtF/G)»

على صعيد «النظام»، تزداد حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الكهرباء، مما يؤدي إلى اشتداد المنافسة بين مصادر الطاقة المتجددة والوقود الأحفوري و - بشكل مؤقت - إلى ارتفاع الكميات السلبية المتبقية. أصبح إنتاج الهيدروجين الأخضر والوقود الاصطناعي أكثر قدرة على المنافسة بسبب توافر الكهرباء المنخفضة التكلفة. تدخل الطاقة المحولة إلى وقود/غاز، بدعم من الأنظمة بما في ذلك مخططات الأسعار، السوق وتمتص الحصص المتزايدة من «فائض» مصادر الطاقة المتجددة خلال أوقات الإمداد العالي. يساهم قطاعا التنقل والنقل لمسافات طويلة بشكل خاص في زيادة تطبيق الطاقة المحولة إلى وقود/غاز، وهذا بدوره يتيح استبدال الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي. إن تطوير البنية التحتية للهيدروجين وتعديل البنية التحتية القائمة للنفط والغاز لاستخدام الوقود الاصطناعي والغازات يخلق مرافق إمداد متجددة مخصصة للصادرات الدولية. إن تخفيضات الأسعار ووضع الرسوم والضرائب على الوقود الأحفوري لا تؤثر سلبًا على ظروف السوق فحسب، بل تشرع أيضًا في التخلص التدريجي من الوقود الأحفوري. تحفز هذه التطورات التغييرات في نماذج الأعمال. ونظرًا لأن حلول الطاقة المحولة إلى وقود/غاز توفر تخزينًا طويل الأجل، يمكن إنشاء هياكل كبيرة لسوق التصدير.

أما على صعيد «الابتكارات المتخصصة»، تلعب التجارب على تطبيقات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز دورًا أساسيًا في القطاعات التي يصعب إزالة الكربون منها، مثل الصناعات الثقيلة (الاسمنت والمواد الكيماوية والصلب) والنقل الثقيل والشحن. بالإضافة إلى ذلك، يتم استكشاف إمكانية تصدير الهيدروجين وكذلك الوقود الاصطناعي والغازات وتقييمها. ويتم إنشاء شبكات الجهات الفاعلة ويُكتسب التعلم الأولي وتستكشف نماذج الأعمال.

المرحلة ٤ - «نحو مصادر طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪»

يُستعاض عن الوقود الأحفوري المتبقي تدريجياً بواسطة ناقلات الطاقة القائمة على الطاقة المتجددة. يتم التخلص التدريجي من الوقود الأحفوري، ويتم تطوير الطاقة المحولة إلى وقود/غاز بالكامل من حيث البنية التحتية ونماذج الأعمال. نظرًا لأن دعم مصادر الطاقة المتجددة لم يعد لازمًا، يتم التخلص التدريجي من مخططات دعم الأسعار. يتم توسيع هياكل سوق التصدير وتشكل قطاعا حاسما في الاقتصاد.

٣,٤ تحويل النموذج المرحلي إلى حالة لبنان

تم تطبيق النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بشكل تمهيدي على الأردن في عام ٢٠١٨ (هولتز وآخرون، ٢٠١٨). تمت مناقشة النموذج مع كبار صانعي السياسات وممثلين عن العلوم والصناعة والمجتمع المدني من الأردن. وقد ثبُت أنها أداة مفيدة لدعم المناقشات حول الاستراتيجيات وصنع السياسات من أجل تحوّل الطاقة؛ إنها أداة مناسبة أيضًا لدول أخرى في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وبالتالي، تم إجراء التعديلات اللازمة، وتم تطبيق النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا على حالة لبنان. تقدم النتائج نظرة عامة منظمة حول التطورات الجارية في نظام الطاقة اللبناني وتقدم رؤى حول الخطوات اللازمة التي يجب اتخاذها لتحويله إلى نظام قائم على مصادر الطاقة المتجددة. وهذا بدوره من شأنه تحسين أمن الطاقة في لبنان وتقليل اعتماده على الواردات من الوقود الأحفوري.

يُعتبر نظام الكهرباء في لبنان بأنه لا يعمل بشكل صحيح. فهو مساهم رئيسي في الأزمة الاقتصادية والمالية نظرًا لارتفاع تكاليف التوليد والتشغيل وعدم الكفاءة وضعف الإدارة. يواجه لبنان، الذي يقع وسط الصراعات الإقليمية، حالة من عدم اليقين بشأن تطور الظروف الإقليمية ومخاطر الآثار الجانبية المحتملة (إيرينا، ٢٠٢٠ت). يتم دعم الكهرباء في لبنان بشكل كبير ويضع الكساد الاقتصادي ضغوطًا إضافية على الموازنة العامة من خلال المساهمة في نقص حاد في العملة الأجنبية. إن تضاؤل احتياطيات العملات الأجنبية يهدد إمدادات الوقود نظرًا لأنه يجب استيراد معظم احتياجات الوقود. وقد أدى ذلك إلى ظهور تحديات تشغيلية لمؤسسة كهرباء لبنان التابعة للدولة وكذلك مولدات الديزل الخاصة. تعد مواجهة هذه التحديات وتقليص الاعتماد على استيراد الطاقة من الدوافع القوية لنشر تكنولوجيات الطاقة المتجددة. ومع ذلك، وفقًا للوكالة الدولية للطاقة (٢٠٢٠أ)، بلغت حصة الطاقة المتجددة من إنتاج الكهرباء ٢٪ فقط في عام ٢٠١٨، وتم إنتاج الباقي من واردات النفط. من أجل زيادة هذه الحصة، يجب على الدولة تسريع نشر موارد الطاقة المتجددة. ومع ذلك، تشكّل نسبة الديون البالغة ٤٦٪ وانخفاض السيولة بالدولار وعدم الاستقرار الحالي في البلاد عقبات رئيسية أمام هذا التطور المرجو.

لعكس التحديات والفرص المحددة لتحوّل الطاقة التي يواجهها لبنان، تم إجراء بعض الإضافات إلى مجموعة معايير النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وتم تحليل عوامل إضافية على مستوى المنطقة. ويشمل ذلك الآثار المترتبة

عن جائحة كوفيد-١٩ وكذلك الجهود العالمية لإزالة الكربون في ضوء اتفاقية باريس التي أثرت بالفعل (أو ستؤثر) على أسعار النفط والغاز الدولية وتطوير القطاع. علاوة على ذلك، تم تقييم تفاصيل الدور المهيمن للوقود الأحفوري في نظام الطاقة والتحديات المرتبطة بتطوير قطاع الطاقة المتجددة. يصور الجدول ٣-١ التطورات خلال مراحل التحول..

٣,٥ جمع البيانات

تم جمع معلومات مفصلة عن الحالة والتطورات الحالية للأبعاد المختلفة من أجل تطبيق النموذج المرحلي على حالات كل بلد. في الخطوة الأولى، تم إجراء مراجعة شاملة للأدبيات ذات الصلة والبيانات المتاحة. بناءً على تقييم وتحليل البيانات المتاحة، تم تحديد فجوات المعلومات. تم استكمال المعلومات الناقصة عبر مقابلات الخبراء والبحث الميداني من قبل المؤسسات الشريكة المحلية. بالإضافة إلى ذلك، ساعدت المنظمات الشريكة المحلية في تحديد التحديات والعوائق الخاصة بكل بلد لإطلاق إمكانات الطاقة المتجددة في البلاد. كان يوجد بين الأشخاص الذين تمت مقابلتهم أصحاب المصلحة ذوي الصلة من ذوي الخبرة في قطاع الطاقة أو القطاعات ذات الصلة من الممثلين العامين ومؤسسات السياسة والأوساط الأكاديمية والمنظمات الدولية ومنظمات المجتمع المدني والقطاع الخاص. أجريت مقابلات الخبراء وفقًا لإرشادات المقابلات المنظمة. تستند البيانات الكمية المستخدمة إلى مصادر ثانوية مثل قواعد البيانات من الوكالة الدولية للطاقة (IEA) والوكالة الدولية للطاقة المتجددة (إيرينا). تشمل المصادر الثانوية أيضًا البيانات التي تم جمعها من المؤسسات المحلية العامة والخاصة أو المحسوبة باستخدام المعلومات المتاحة. تحدد النتائج اللاحقة الوضع الحالي والاتجاهات المستقبلية.

في دراسة الحالة اللبنانية، تم إجراء البحث المحلي والمقابلات والتحليل وجمع البيانات من قبل المؤسسة الشريكة معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية في الجامعة الأميركية في بيروت.

الجدول ٣-١
التطورات خلال مراحل التحول

			التطوير قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «اطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظام الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة المحولة إلى وقود/غاز»	المرحلة الرابعة: «نحو مصادر طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪»
			* المرحلة الرابعة: «نحو مصادر طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪»	* إنجازات الطاقة المتجددة * تشكيل المجالات المتخصصة خيار المرونة	* نمو الطاقة المتجددة القائم على السوق * خيار مرونة الإنجازات * تشكيل المجالات المتخصصة للطاقة المحولة إلى وقود/غاز	* خيار مرونة النمو القائم على السوق * إنجازات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز * تشكيل المجالات المتخصصة الخاصة بتطبيق الطاقة المحولة إلى وقود/غاز والصادرات	* نمو الطاقة المحولة إلى وقود/غاز القائمة على السوق * الإنجازات الخاصة بتطبيق الطاقة المحولة إلى وقود/غاز والصادرات
قطاع الطاقة	مستوى المنطقة		* الأطر الدولية حول تغير المناخ * جهود إزالة الكربون من الدول الصناعية (بما في ذلك برامج التعافي الأخضر بعد جائحة كوفيد-١٩) * الصراعات العالمية والإقليمية (التي تؤثر على التجارة) * الآثار الطويلة الأجل لجائحة كوفيد-١٩ على الاقتصاد العالمي * الظروف الجغرافية وتوزيع الموارد الطبيعية * التطور الديمغرافي				
	مستوى النظام	الطبقة الاقتصادية - التقنية		* 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٪
				* إدخال الطاقة المتجددة إلى السوق بالاعتماد على التكنولوجيا المتاحة عالميًا والمدفوعة بانخفاض الأسعار العالمية	* تمديد إضافي للشبكة (الوطنية والدولية)	* تمديد التخزين الطويل الأجل (مثل تخزين الغاز الاصطناعي)	* بناء البنية التحتية على نطاق واسع لصادرات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز
				* تمديد وتحديث شبكة الكهرباء	* تتكامل هياكل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات مع أنظمة الطاقة (مثل إدخال العدادات الذكية)	* تم إنشاء أول بنية تحتية للطاقة المحولة إلى وقود/غاز (تلبية الطلب المقبل المحلي/ الأجنبي)	* التخلص التدريجي من البنية التحتية للوقود الأحفوري ونماذج الأعمال
				* لوائح ومخططات تسعير الطاقة المتجددة	* اختراق النظام لخيارات المرونة (مثل تخزين البطارية)	* الكميات السلبية المتبقية المرتفعة مؤقتًا بسبب ارتفاع حصص الطاقة المتجددة	* توحيد نماذج التصدير القائمة على الطاقة المتجددة
				* توحيد نماذج التصدير القائمة على الطاقة المتجددة	* الكهربة المباشرة للتطبيقات في قطاعات البناء والتنقل والصناعة؛ تغيير نماذج الأعمال في تلك القطاعات (مثل المضخات الحرارية والسيارات الإلكترونية وأنظمة المنزل الذكي وتسويق فصل الأحمال للأحمال الصناعية)	* أحجام مبيعات الوقود الأحفوري تبدأ في التقلص	* الاستبدال الكامل للوقود الأحفوري بالطاقة المتجددة والوقود القائم على الطاقة المتجددة
				* لا بديل للوقود الأحفوري بسبب الأسواق المتنامية	* لا بديل (أو استبدال محدود فقط) للوقود الأحفوري بسبب الأسواق المتنامية	* بدأت نماذج الأعمال الحالية القائمة على الوقود الأحفوري بالتغير	* استقرار نماذج أعمال الطاقة المحولة إلى وقود/غاز والقدرات الإنتاجية (مثل الاستثمارات واسعة النطاق)
					* تطوير وتوسيع الشبكات الصغيرة كحل للتطبيقات خارج الشبكة والمواقع البعيدة	* زيادة أحجام الطاقة المحولة إلى وقود/غاز في النقل، استبدال الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي	
					* تقدم عملية تحول الطاقة في قطاعات الاستخدام النهائي (النقل والصناعة والمباني)		
					* تقدم عملية تحول الطاقة في قطاع الصناعة، وتقليل المحتوى العالي من الكربون لبعض المنتجات والانبعاثات العالية من عمليات معينة		

			التطوير قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «اطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظام الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة المحولة إلى وقود/غاز»	المرحلة الرابعة: «نحو مصادر طاقة متجددة بنسبة ..١٪»
			* المرحلة الرابعة: «نحو مصادر طاقة متجددة بنسبة ..١٪»	* إنجازات الطاقة المتجددة * تشكيل المجالات المتخصصة خيار المرونة	* نمو الطاقة المتجددة القائم على السوق * خيار مرونة الإنجازات * تشكيل المجالات المتخصصة للطاقة المحولة إلى وقود/غاز	* خيار مرونة النمو القائم على السوق * إنجازات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز * تشكيل المجالات المتخصصة الخاصة بتطبيق الطاقة المحولة إلى وقود/ غاز والصادرات	* نمو الطاقة المحولة إلى وقود/غاز القائمة على السوق * الإنجازات الخاصة بتطبيق الطاقة المحولة إلى وقود/غاز والصادرات
قطاع الطاقة	مستوى النظام	طبقة الحوكمة	* الإدراك الأساسي بأن كفاءة الطاقة هي الركيزة الاستراتيجية الثانية لتحول نظام الطاقة	* دعم اعتماد الطاقة المتجددة (مثل تعريفات التغذية الكهربائية (FiTs)، ووضع لوائح ومخططات أسعار الطاقة المتجددة	* ممارسة الضغط على نظام الكهرباء القائم على الوقود الأحفوري (مثل تخفيض الدعم وتسعير الكربون)	* ممارسة الضغط على مكونات النظام التي تتعارض مع المرونة (مثل التخلص التدريجي من محطات طاقة الحمل الأساسي)	* ممارسة الضغط على الوقود الأحفوري (مثل التخلص التدريجي من الإنتاج)
				* زيادة مشاركة المستثمرين المؤسسيين (صناديق التقاعد وشركات التأمين والأوقاف وصناديق الثروة السيادية) في التحول	* سحب دعم الطاقة المتجددة (مثل التخلص التدريجي من تعريفات التغذية الكهربائية)	* سحب دعم خيارات المرونة	* سحب دعم الطاقة المحولة إلى وقود/غاز
				* زيادة الوعي بالقضايا البيئية	* تدابير لخفض الآثار الجانبية غير المتعمدة للطاقة المتجددة (إن وجدت)	* تدابير لخفض الآثار الجانبية غير المتعمدة لخيارات المرونة (إن وجدت)	* تدابير لخفض الآثار الجانبية غير المتعمدة للطاقة المحولة إلى وقود/غاز (إن وجدت)
				* توفير الوصول إلى البنية التحتية للطاقة المتجددة وأسواقها (مثل وضع لوائح للوصول إلى الشبكة)	* تكييف تصميم السوق لاستيعاب خيارات المرونة	* وضع اللوائح ومخططات للطاقة المحولة إلى وقود/ غاز (مثل النقل واستبدال الوقود الأحفوري والغاز الطبيعي)	* الوصول إلى البنية التحتية والأسواق (مثل ربط مواقع الإنتاج بخطوط الأنابيب)
				* الجهود المعتدلة لتسريع تحسينات الكفاءة	* توفير الوصول إلى الأسواق للحصول على خيارات المرونة (مثل تكييف تصميم السوق ومواءمة اللوائح المتعلقة بالكهرباء والتنقل والحرارة	* خفض الأسعار المدفوعة للكهرباء القائمة على الوقود الأحفوري	* دعم الاعتماد (مثل الإعانات)
					* دعم إنشاء وتفعيل خيارات المرونة (مثل تعريفات التحميل ثنائي الاتجاه للسيارات الإلكترونية)	* توفير الوصول إلى البنية التحتية للطاقة المحولة إلى وقود/غاز وأسواقها (مثل خطوط الأنابيب المحدثة لنقل الغازات الاصطناعية / الوقود)	
					* تسهيل اقتران القطاع بين قطاعي الطاقة والاستخدام النهائي لدعم دمج الطاقة المتجددة المتغيرة في قطاع الطاقة	* دعم اعتماد الطاقة المحولة إلى وقود/غاز (مثل الإعفاءات الضريبية)	
					* تكييف تصميم السوق لاستيعاب خيارات المرونة		
					* إعادة تخصيص الاستثمارات نحو حلول منخفضة الكربون: حصة عالية من استثمارات الطاقة المتجددة وتقليص مخاطر الأصول غير القابلة للاسترداد		
					*مواءمة الهياكل الاجتماعية والاقتصادية والنظام المالي؛ متطلبات الاستدامة والتحول الواسعة		
					*تسهيل اقتران القطاع بين قطاعي الطاقة والاستخدام النهائي لتسهيل دمج الطاقة المتجددة المتغيرة في قطاع الطاقة		
					*مواءمة اللوائح المتعلقة بالكهرباء والتنقل والحرارة		

			التطوير قبل المرحلة الأولى	المرحلة الأولى: «اطلاق الطاقة المتجددة»	المرحلة الثانية: «تكامل نظام الطاقة المتجددة»	المرحلة الثالثة: «الطاقة المحولة إلى وقود/غاز»	المرحلة الرابعة: «نحو مصادر طاقة متجددة بنسبة ..١٪»
			* المرحلة الرابعة: «نحو مصادر طاقة متجددة بنسبة ..١٪»	* إنجازات الطاقة المتجددة * تشكيل المجالات المتخصصة خيار المرونة	* نمو الطاقة المتجددة القائم على السوق * خيار مرونة الإنجازات * تشكيل المجالات المتخصصة للطاقة المحولة إلى وقود/غاز	* خيار مرونة النمو القائم على السوق * إنجازات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز * تشكيل المجالات المتخصصة الخاصة بتطبيق الطاقة المحولة إلى وقود/غاز والصادرات	* نمو الطاقة المحولة إلى وقود/غاز القائمة على السوق * الإنجازات الخاصة بتطبيق الطاقة المحولة إلى وقود/غاز والصادرات
قطاع الطاقة	مستوى المجالات المتخصصة	الطبقة الاقتصادية - التقنية	* تقييم إمكانات الطاقة المتجددة	* تقييم الإمكانات الإقليمية لخيارات المرونة المختلفة	* تقييم إمكانات طرق تحويل الطاقة المحولة إلى وقود/غاز المختلفة	* التجربة مع تطبيقات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز في قطاعات مثل الصناعة (مثل قطاعات الصلب والاسمنت والكيماويات) والنقل الخاص (مثل الطيران والشحن)	
				*مشاريع تجريبية محلية مع الطاقة المتجددة	*التجربة مع خيارات المرونة	* مشاريع تجريبية محلية مع توليد الطاقة المحولة إلى وقود/غاز بالاستناد إلى هيدروجين الطاقة المتجددة والتقاط الكربون (مثل التقاط الكربون واستخدامه/ التقاط الكربون وتخزينه)	* الاستثمار في نماذج الأعمال لصادرات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز
					* استكشاف نماذج الأعمال حول خيارات المرونة بما في ذلك الشركات الناشئة في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ونماذج الأعمال الرقمية الجديدة لاقتران القطاع	* استكشاف نماذج الأعمال القائمة على الطاقة المحولة إلى وقود/غاز	* صادرات الوقود الاصطناعي التجريبية
					* استكشاف إمكانات جديدة لإدارة الطلب على الطاقة (مثل الشحن الذكي، ومن المركبة إلى الشبكة للمركبات الكهربائية، والتسخين والتبريد المرن للمضخات الحرارية، والتخزين الحراري الذي يتم تغذيته بالكهرباء)		
					* الاستفادة من التجارب العالمية للطاقة المحولة إلى وقود/غاز		
			*تطوير الرؤى والتوقعات المشتركة لتطوير الطاقة المتجددة	*تطوير رؤى وتوقعات للسوق المرنة وتكامل نظام الطاقة (أسواق الطاقة الإقليمية والعابرة للحدود)	* تطوير الرؤى والتوقعات المشتركة للطاقة المحولة إلى وقود/غاز (مثل استراتيجية وخطط تطوير البنية التحتية/التكيف)	* تطوير الرؤى والتوقعات المشتركة لصادرات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز (مثل حول الأسواق المستهدفة والمواقع لإجراءات التحويل)	
			*دعم عمليات التعلم حول الطاقة المتجددة (مثل المشاريع المحلية)	*دعم عمليات التعلم حول المرونة (مثل المشاريع المحلية)	* دعم عمليات التعلم حول الطاقة المحولة إلى وقود/غاز (مثل المشاريع المحلية لتوليد الطاقة المحولة إلى وقود/غاز، الاستفادة من التجارب العالمية للطاقة المحولة إلى وقود/غاز، استكشاف نماذج الأعمال القائمة على الطاقة المحولة إلى وقود/غاز)	* دعم التعلم حول الطاقة المحولة إلى وقود/غاز في قطاعات مثل الصناعة والنقل الخاص (مثل تجارب لاستخدام منتجات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز لصهر الزجاج)	
			*تشكيل شبكات الجهات الفاعلة المتعلقة بالطاقة المتجددة (مثل المشاريع المشتركة)	*تشكيل شبكات الجهات الفاعلة المتعلقة بالمرونة عبر قطاعات الكهرباء والتنقل والحرارة (مثل استكشاف نماذج الأعمال حول المرونة بما في ذلك الشركات الناشئة في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات ونماذج الأعمال الرقمية الجديدة لاقتران القطاع)	* تشكيل شبكة الجهات الفاعلة ذات الصلة بالطاقة المحولة إلى وقود/غاز (المحلية والدولية)	* دعم التعلم حول صادرات الطاقة المحولة إلى وقود/غاز (مثل فيما يتعلق بقبول السوق واللوائح التجارية)	
			*المشاركة والالتزام القائم على المجتمع (مثل مبادرات المواطنين)	*تطوير قاعدة معرفية مشتركة لمسارات إزالة الكربون المتكاملة لتمكين الانتظام والكتلة الحرجة التي يمكن أن تساعد في تحويل القطاع بأكمله		* تشكيل شبكات الجهات الفاعلة لإنشاء هياكل تصدير الوقود الاصطناعي على نطاق واسع (مثل المنتجين والجمعيات التجارية والأسواق)	
* التحسينات المستمرة في كفاءة الطاقة							
* الاستمرار في تخفيض كثافة المواد من خلال تدابير الكفاءة ومبادئ الاقتصاد الدائري							

(المصدر: خاص)

٤

تطبيق النموذج على لبنان

صحيفة الوقائع

المصادقة على اتفاق باريس	√
استراتيجية النمو الأخضر	x
تحديد أهداف الطاقة المتجددة	√
وضع السياسات التنظيمية لتطبيق الطاقة المتجددة	√
استراتيجية كفاءة الطاقة الحالية	√
استراتيجية باور تو اكس	x

٤,١ تصنيف تحوّل نظام الطاقة في لبنان حسب النموذج المرحلي

صادق مؤتمر كوبنهاغن حول تغير المناخ في العام ٢٠٠٩ واتفاق باريس في العام ٢٠١٦ على تحرك الحكومة اللبنانية نحو تحول الطاقة وإزالة الكربون من مزيج الطاقة. في العام ٢٠٠٩ على وجه التحديد، تعهد لبنان بخفض استخدام الوقود الأحفوري المحلي عبر تحقيق هدف ١٢٪ من مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة بحلول عام ٢٠٢٠. ومع ذلك، كان من الصعب تحقيق هذه الأهداف في بيئة غير مستقرة سياسيًا وأزمة اقتصادية حادة تسبّبت في خسارة العملة المحلية لحوالي ٨٥٪ من قيمتها وانتفاضة اجتماعية اعتبارًا من تشرين الأول/أكتوبر ٢٠١٩. تمثل الطاقة المتجددة اليوم حوالي ٢٪ فقط من مزيج الكهرباء الوطني وحوالي ٢٫٩٪ من مزيج الطاقة الإجمالي. ومع ذلك، فقد تبنى لبنان هدفًا طموحًا آخر لتغطية ٣٠٪ من استهلاكه الأساسي للطاقة من مصادر الطاقة المتجددة بحلول عام ٢٠٣٠ (إيرينا، ٢٠٢٠ت). كما صادق على اتفاق باريس في ٢٩ آذار/مارس ٢٠١٩ (القانون ٢٠١٩/١١٥) وأودع صك التصديق في شباط/فبراير ٢٠٢٠ في الأمم المتحدة (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ٢٠٢١ ب). من خلال هذا الأخير، تخطط الدولة لخفض انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة ٣٠٪ وكذلك الطلب على الطاقة بنسبة ١٠٪ من خلال تدابير كفاءة الطاقة. كل ذلك يتوقف على توفير الدعم الدولي. علاوة على ذلك، تهدف الدولة إلى خفض انبعاثات غازات الدفيئة بشكل غير مشروط بنسبة تصل إلى ٢٠٪ والطلب على الطاقة بنسبة ٣٪ بحلول عام ٢٠٣٠، مقارنة بسيناريو العمل المعتاد (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ٢٠٢١ أ).

كدولة رئيسية مستوردة النفط، فإن الضعف الاقتصادي أمام تقلبات أسعار النفط يهدد ازدهار لبنان بشدة (مور وكولينز، ٢٠٢٠). في الوقت الحالي، يمثل الوقود المستورد ٩٨٪ من إمدادات الطاقة، مما يضع عبئًا كبيرًا على ميزانية الدولة. يعتمد قطاع توليد الكهرباء بشكل شبه كامل على المنتجات البترولية المستوردة ، على الرغم من وجود إمكانات كبيرة لموارد الطاقة المتجددة (برجاوي وآخرون، ٢٠١٧؛ وهبي، ٢٠٢١). علاوة على ذلك، لا يمكن تلبية الطلب على الكهرباء بشكل كاف اليوم، وهناك انقطاع منتظم للتيار الكهربائي. يحدث الانقطاع المستمر للتيار الكهربائي بسبب ضعف أداء مؤسسة كهرباء لبنان التي لا يمكنها تلبية سوى ٦٣٪ من الطلب على الكهرباء (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠). يتم سدّ الفجوة على نطاق واسع من خلال مولدات الديزل الخاصة الباهظة الثمن والملوثة المسؤولة بشكل أساسي عن انبعاثات غازات الدفيئة في قطاع الكهرباء والتي تمثل أكثر من ٥٣٪ من إجمالي الانبعاثات (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠؛ مور وكولينز، ٢٠٢٠).

يمتلك لبنان آليات متطورة لتمويل وتنظيم الطاقة المتجددة مقارنة بالكثير من دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. ومع ذلك، هناك عدد لا يحصى من التحديات التي تتراوح بين الطبيعة الاقتصادية والاجتماعية والجيوسياسية التي تعيق تنمية القطاع. وبشكل خاص، يحرم سوء الإدارة وعدم الكفاءة في قطاع الكهرباء المواطنين في لبنان من إمدادات كهرباء موثوقة وبأسعار معقولة (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠). تزيد الأزمة الاقتصادية والمالية الصعوبات التي تواجهها الدولة اللبنانية وتتفاقم بسبب تفشي جائحة كوفيد-١٩ (البنك الدولي، ٢٠٢٠ب). أدى النقص في احتياطيات العملات الأجنبية اللازمة لتزويد مؤسسة كهرباء لبنان بإمدادات الوقود المستورد لمحطات الطاقة الخاصة بها إلى انقطاع التيار الكهربائي بالكامل في البلاد.

بسبب الاختلال الكبير بين العرض والطلب على الطاقة والتداعيات السلبية للأزمات المتعددة التي تشهدها البلاد، أعلنت الدولة اللبنانية في أوائل عام ٢٠٢٠ أن مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة يجب أن تكون المفتاح لخطط التعافي في البلاد (إيرينا، ٢٠٢٠ت). لتحقيق أهداف ٢٠٣٠ وتعزيز أمن الطاقة ودعم النمو الاقتصادي، يجب القيام باستثمارات كبيرة في استراتيجية تنويع الطاقة، كما يجب تشجيع مشاركة القطاع الخاص.

على هذه الخلفية، ستُجري الأقسام التالية تقييمًا مفصلاً للوضع الحالي وتطور انتقال الطاقة في لبنان مع النموذج المرحلي لتحوّل الطاقة.

٤,١,١ تقييم الوضع الحالي والاتجاهات على مستويات المنطقة والنظام

يناقش هذا القسم الوضع الحالي لنظام الطاقة في لبنان واتجاهاته من حيث العرض والطلب والبنية التحتية وشبكة الجهات الفاعلة وتطورات السوق.

العرض والطلب على الطاقة

في العام ٢٠١٨، بلغ إجمالي إمدادات الطاقة الأولية في لبنان ٨.٥٧ مليون طن نفط مكافئ (الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ). من حيث استهلاك الطاقة حسب القطاع، سيطر قطاع النقل بنسبة ٥٢٪ يليه القطاع السكني (١٩٪) والقطاع الصناعي (١٤٪) (الوكالة الدولية للطاقة، ٢٠٢٠أ) (الشكل ٤-١). تكوّن مزيج الطاقة في الغالب من النفط (الشكل ٤-٢). في العام ٢٠١٨، استحوذ النفط على ٩٥٪ من مزيج الطاقة وشكّل الفحم ٢٪ (يُستخدم بشكل رئيسي في مصانع الاسمنت[٢])، بينما استحوذت مصادر الطاقة المتجددة على حوالي ٢.٩٥٪ (وكالة الطاقة الدولية، ٢٠٢٠أ). لطالما كانت مصادر النفط في إمدادات الطاقة المحرّك الرئيسي في مزيج الطاقة، حيث تراوحت بين ٩٢٪ و ٩٥٪ منذ عام ١٩٩٠.

وفقًا لورقة السياسة المحدثة لعام ٢٠١٩ الصادرة عن وزارة الطاقة والمياه في لبنان، قُدرت ذروة المستهلك في البلاد بنحو ٣٦٦٩ ميغاواط في العام ٢٠١٩. بلغ إجمالي قدرة الإنتاج المركبة في لبنان حوالي ٢٦٠٠ ميغاواط (باستثناء باخرتي الطاقة الكهربائية)؛ أضافت المحطات الحرارية سعة ٢٣٣٠ ميغاواط، في حين استحوذت محطات الطاقة الكهرومائية على ٢٨٢ ميغاواط من السعة الإجمالية (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩). ومع ذلك، نظرًا لأن قدرة التوليد الفعالة تتراوح بين ١٨٠٠-٢٠٠٠ ميغاواط على مدار العام، فستكون هناك حاجة إلى ١٥٠٠ ميغاواط إضافية لتلبية الطلب الإجمالي. على سبيل المثال، في العام ٢٠١٨، بلغت مساهمة محطات توليد الكهرباء التابعة لمؤسسة كهرباء لبنان في الطلب على الكهرباء ١٨٨٤ ميغاواط (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠). يبلغ منحنى الحمل اليومي ذروته في الشتاء خلال ساعات المساء بين الساعة ١٦ و٢٢ مساءً، بينما يكون الحمل اليومي في الصيف ثابتًا إلى حد ما خلال النهار ويبلغ ذروته بين الساعة ١٨ و٢١ مساءً اعتبارًا من عام ٢٠١٦ (برجاوي وآخرون، ٢٠١٧). على الرغم من أن حوالي ١٠٠٪ من السكان يحصلون على الكهرباء في لبنان، إلا أن البلاد تعاني من انقطاع التيار الكهربائي المنظم بمعدل حوالي ٦ ساعات يوميًا. في العام ٢٠٢٠، استمر انقطاع التيار الكهربائي لمدة ٢٢ ساعة في اليوم خلال أيام معينة (عازار، ٢٠٢١؛ حراجلي وآخرون، ٢٠٢٠؛ مجذوب، ٢٠٢٠). لذلك، تعتمد الشركات الكبيرة على مولداتها الخاصة لتوليد الكهرباء.

يصل هامش احتياطي القدرة إلى -٢٧٪ ويعكس اتساع فجوة العرض وذروة الطلب. يشكل انقطاع التيار الكهربائي المستمر جزءًا من الحياة اليومية في لبنان ويتفاوت جغرافيًا بشكل كبير نتيجة لعدم كفاية إمدادات الكهرباء من مؤسسة كهرباء لبنان التابعة للدولة. تتمثل هذه الحقيقة في عامل الحمل المنخفض البالغ ٧٣٪[٣]، والذي يقيس معدل استخدام وكفاءة استخدام الطاقة الكهربائية. في حين بلغت في العام ٢٠٠٨ نسبة الطلب على الكهرباء الذي لم تتم تلبيته ٢٢٪، فقد بلغ الطلب الذي لم تتم تلبيته في العام ٢٠١٩ نسبة ٣٧٪، بإجمالي حوالي ٨.١ تيراواط ساعة (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠). يتم سد الفجوة من خلال مولدات الديزل الباهظة الثمن والملوثة، والتي، مع ذلك، تلعب دورًا حاسمًا في ضمان الإمداد بالكهرباء (فردون وآخرون، ٢٠١٢). يتفاقم النقص في الإمدادات بسبب الطلب المتزايد على الكهرباء. زاد الطلب على الكهرباء بمتوسط معدل نمو سنوي يبلغ حوالي ٧.٦٪ منذ عام ١٩٩٠ ليصل إلى ١٩ تيراواط ساعة في عام ٢٠١٨ (الشكل ٤-٣). ينتج الطلب عن النمو السكاني المدفوع جزئيًا بالتدفق الكبير للاجئين في السنوات الأخيرة (برجاوي وآخرون، ٢٠١٧).

إن مصادر الكهرباء الرئيسية هي زيت الوقود (٥٤٪) وزيوت الغاز أو الديزل (٣٧.٦٪) (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩). يتم تشغيل معظم محطات توليد الطاقة بالنفط، بينما لا يلعب الغاز الطبيعي دورًا مهمًا (الشكل ٤-٤). في المجموع، يوجد سبع محطات حرارية قيد التشغيل وخمسة محطات طاقة كهرومائية وتمّ نشر باخرتي طاقة كهربائية، تبلغ قدرة توليد كل منها ١٩٥ ميغاواط (إم في كارادينيز - باخرة فاطمة غول سلطان (MV Karadeniz Power-ship Fatmagül Sultan) وإم في كارادينيز باخرة أورهان بك (MV Karadeniz Powership Orhan Bey) الراسيتين في منطقتي الذوق والجية)[٣]. تساهم بواخر الطاقة الكهربائية التي تعمل على زيت الوقود بنسبة ٢١٪ من توليد الكهرباء، بينما يتم تغطية باقي إجمالي توليد الطاقة بشكل أساسي عن طريق الطاقة الكهرومائية (فرحات، ٢٠١٩).

بالنسبة لعام ٢٠١٨، قدّر أحمد (٢٠٢٠) إجمالي الطلب على الكهرباء بنحو ٢٢٠٠٠ جيغاواط ساعة، وولّدت المحطات الحرارية التابعة لمؤسسة كهرباء لبنان حوالي ٦٣٪ من إجمالي الطاقة، أما النسبة المتبقية البالغة ٣٧٪ فتمّ توفيرها بواسطة مولدات الديزل الخاصة. في العام ٢٠١٩، بلغ إجمالي الكهرباء المولدة حوالي ١٥٣٩٠ جيغاواط ساعة (فرحات، ٢٠١٩)، وبقي حوالي ٨١٠٠ جيغاواط ساعة غير موفّرة. حاولت الحكومة، عبر إضافة عدة محطات صغيرة لتوليد الطاقة في الفترة بين ٢٠١٦-٢٠١٧، سدّ الفجوة بين الطلب والقدرة المركبة (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩)، ولكن هذه الأخيرة استمرت بالتزايد نظرًا لعدة عوامل: الخسائر الفنية وغير الفنية، واحتياجات التشغيل والصيانة، ونقص الدولار الأمريكي، وبالتالي نقص الوقود، من بين جوانب أخرى.

أثرت جائحة كوفيد-١٩ بشكل كبير على قطاع الطاقة، مما أدى إلى مزيد من التباطؤ في الاقتصاد وبشكل خاص في قطاع الكهرباء. أثر ضعف إمدادات الطاقة على السكان. على سبيل المثال، نشأت صعوبات في التعليم المنزلي بسبب ضعف الاتصال بالإنترنت الناتج عن انقطاع التيار الكهربائي (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠). كما تم عرقلة إمدادات المياه بسبب معاناة محطات المياه من عدم كفاية إمدادات الطاقة التي بدورها تعيق ضخ المياه عبر القرى (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠).

في الخلاصة، تتأثر إمدادات الكهرباء والطاقة اللبنانية بعدة عوامل: عدم التوازن بين العرض والطلب، واعتماد نظام الطاقة التقليدي غالبًا على الواردات، والشكوك والمخاوف من التداعيات المحتملة المتعلقة بالصراعات الإقليمية القائمة (إيرينا، ٢٠٢٠ت). يوجد دليل على الاتجاه المتزايد نحو توليد الطاقة التقليدية خلال السنوات الأخيرة. إن حالة إمدادات الطاقة الهشة في لبنان لها تداعيات كبيرة على أمن الطاقة اللبناني. بناءً على هذا التقييم، يمكن تصنيف لبنان، وفقًا للنموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، على أنه في بداية المرحلة الأولى من تحول الطاقة نحو الطاقات المتجددة، حيث لا يزال الوقود الأحفوري مصدر الطاقة المسيطر.

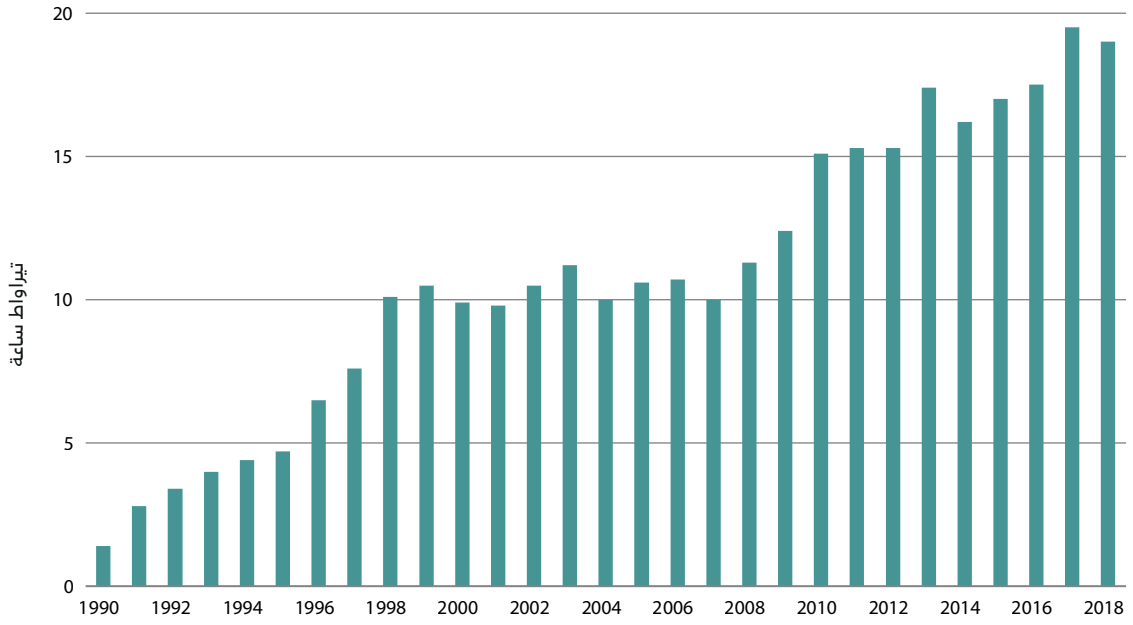
الطاقة المتجددة

يُعتبر لبنان من أوائل الدول العربية التي طورت خطة عمل لدعم نشر الطاقة المتجددة في العام ٢٠١٠. ويعود ذلك لوفرة إمكانات الطاقة المتجددة في البلاد، مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الكهرومائية. من خلال خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة ٢٠١١-٢٠١٥ (NEEAP)، تعهد لبنان بتنفيذ الأهداف في مجال كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. ومع ذلك، لا يزال نشر تقنيات الطاقة

٢ تقرير لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (إسكوا) لعام ٢٠١٩: https://unstats.un.org/unsd/energystats/events/2019-Beirut/Lebanon%20Report%20Final.pdf

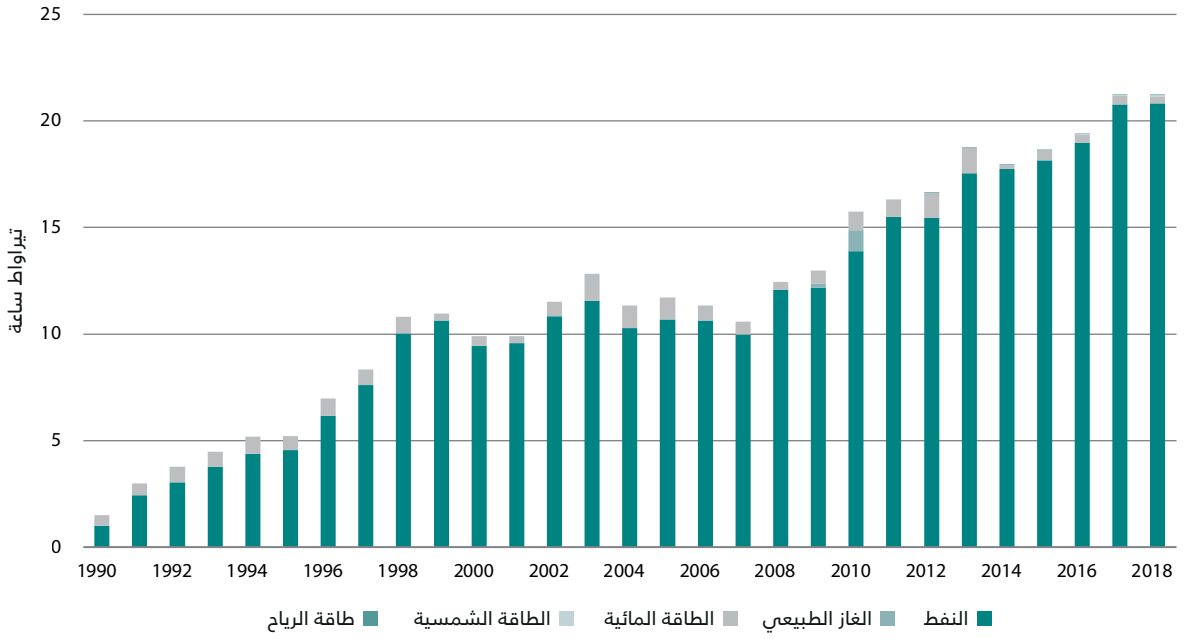
٣ أحيانًا، تنخفض الطاقة المولدة من بواخر الطاقة الكهربائية إلى أقل من النصف حسب توافر الوقود المسؤولة عنه مؤسسة كهرباء لبنان.

الشكل ٤-١
إجمالي استهلاك الطاقة النهائي (كيلو طن مكافئ نفط)، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٨



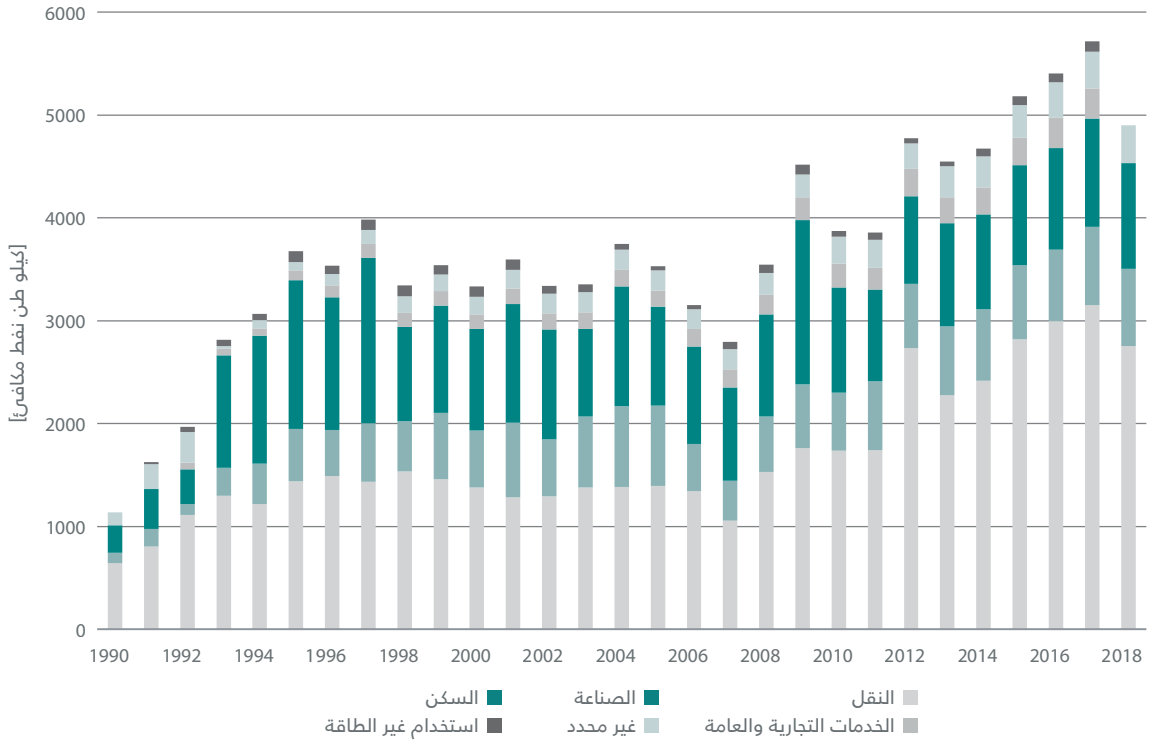
(المصدر: البيانات استناداً إلى وكالة الطاقة الدولية (٢٠٢٠أ))

الشكل ٤-٢
إجمالي إمدادات الطاقة (كيلو طن مكافئ نفط)، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٨



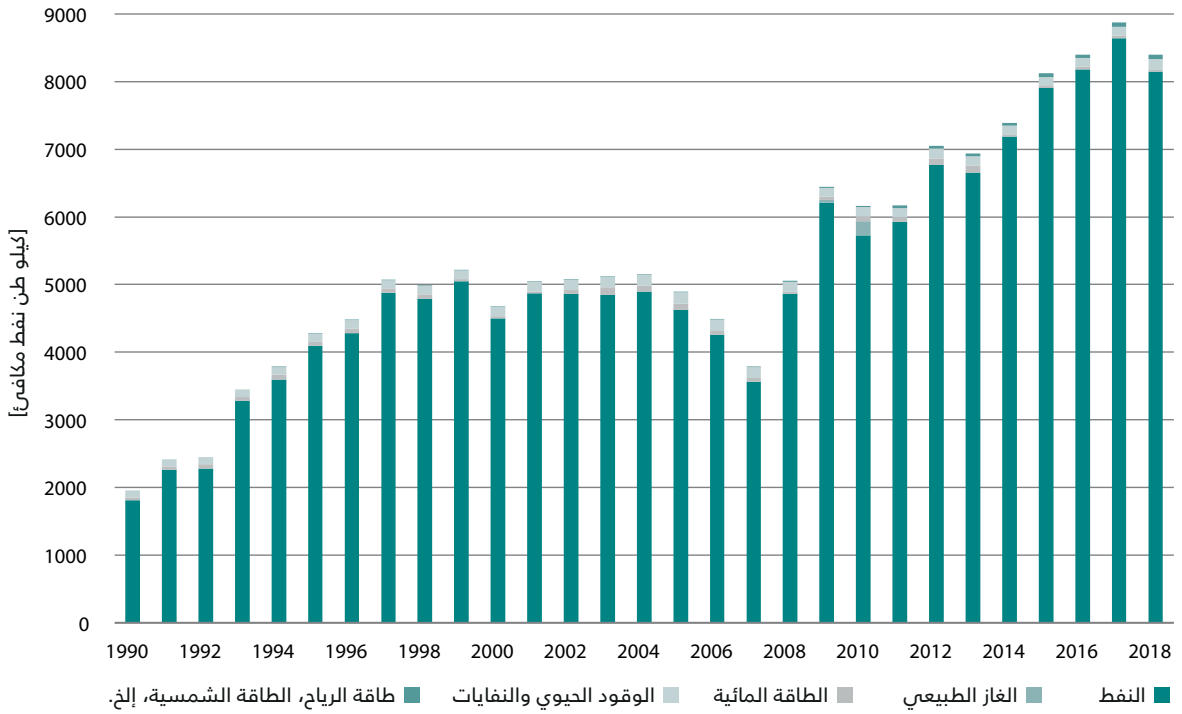
(المصدر: البيانات استناداً إلى وكالة الطاقة الدولية (٢٠٢٠أ))

الشكل ٣-٤
استهلاك الكهرباء (تيراواط ساعة)، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٨



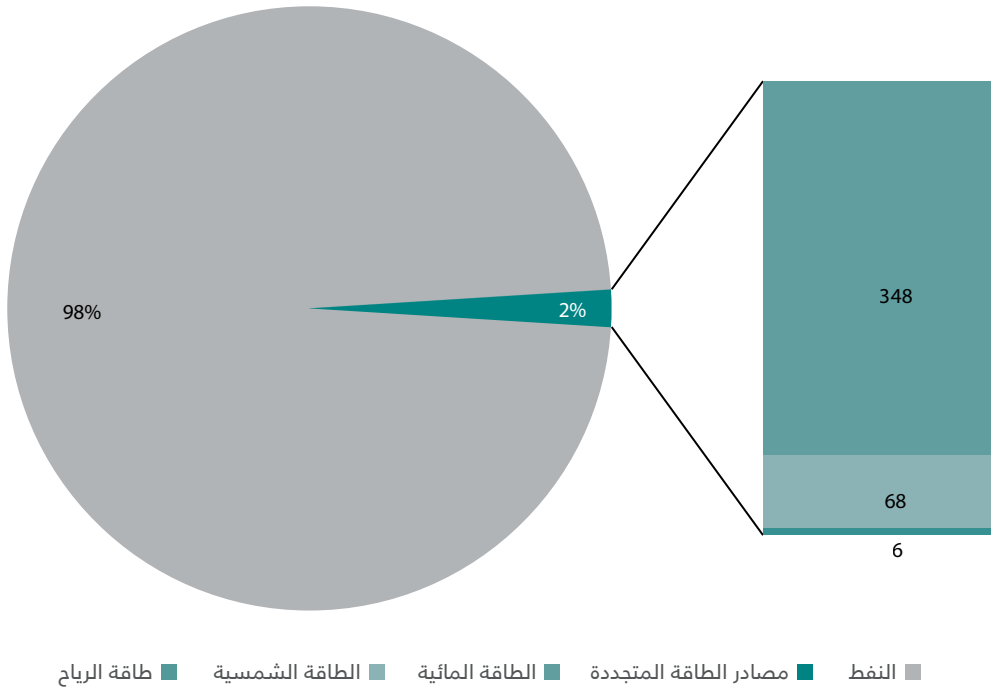
(المصدر: بيانات استنادًا إلى وكالة الطاقة الدولية (٢٠٢٠أ))

الشكل ٤-٤
توليد الكهرباء حسب المصدر (تيراواط ساعة)، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٨



(المصدر: بيانات استنادًا إلى وكالة الطاقة الدولية (٢٠٢٠أ))

الشكل ٥-٤
مزيج توليد الكهرباء (غيغاواط ساعة)، لبنان ٢٠١٨



(المصدر: البيانات استنادًا إلى وكالة الطاقة الدولية (٢٠٢٠أ))

المتجددة مقتصرًا على الاستخدامات غير الحديثة للتدفئة باستخدام الكتلة الحيوية في المناطق الريفية ومحطات الطاقة الكهرومائية القديمة غير الفعالة (إيرينا، ٢٠٢٠ت). تتكون منشآت الطاقة المتجددة المضافة حديثًا بشكل أساسي من الأنظمة الشمسية الكهروضوئية اللامركزية على الأسطح.

بحلول نهاية عام ٢٠١٨، بلغت القدرة المركبة للطاقة المتجددة ٣٢١ ميغاواط (إيرينا، ٢٠٢٠ت). استحوذت الطاقة الكهرومائية على ٢٨٦ ميغاواط وبلغت قدرة الطاقة الكهروضوئية التراكمية حوالي ٥٦ ميغاواط وقدرة الرياح ٣ ميغاواط والطاقة الحيوية ٩ ميغاواط (المرجع نفسه). شهد عام ٢٠١٩ إضافة ٢٢.١٥ ميغاواط ذروة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية، ليصل إجمالي القدرة المركبة إلى ٧٨.٦٥ ميغاواط ذروة. ارتفع عدد مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية الجديدة من ٣٢٦ في العام ٢٠١٨ إلى ٣٦٠ في العام ٢٠١٩، لكنه بقي أقل من ٣٨٧ الذي يمثل عدد المشاريع في العام ٢٠١٧ (فرحات، ٢٠١٩). في مزيج طاقة تقليدي تقريبًا، استحوذ توليد الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة على حصة ٢٪ في العام ٢٠١٨. يصور الشكل ٥-٤ مزيج توليد الكهرباء لعام ٢٠١٨، حيث أنتجت الطاقة الكهرومائية ٣٤٨ غيغاواط ساعة، وكان توليد الطاقة الشمسية ٦٨ غيغاواط ساعة، وطاقة الرياح ٦ غيغاواط ساعة، وفقًا لوكالة الطاقة الدولية (٢٠٢٠أ).

إن أبرز تكنولوجيات الطاقة المتجددة في لبنان هي الطاقة الكهرومائية. نظرًا لكونه بلدًا جبليًا، فإن إمكانات محطات الطاقة الكهرومائية الصغيرة والكبيرة الحجم عالية على حد سواء (كيناب والخوري، ٢٠١٢). تعمل اليوم خمس محطات للطاقة الكهرومائية تم تركيبها بين عامي ١٩٢٤ و١٩٦٧ وموزّعة في جميع أنحاء البلاد (الجدول ٤-١). المحطة الرئيسية هي المصلحة الوطنية لنهر الليطاني الواقعة في جنوب لبنان على نهر الليطاني، وهو أطول نهر يوفر تدفقًا سنويًا يقارب ٩٢٠ مليون متر مكعب (كيناب والخوري، ٢٠١٢). تلعب الطاقة الكهرومائية دورًا رئيسيًا في إمدادات الكهرباء المتجددة. ومع ذلك، نظرًا لاعتمادها على هطول الأمطار السنوي غير المنتظم، فإن الإنتاج غير مستقر إلى حد كبير.

تتفاوت الكهرباء المولدة بين ١٣٦٢ ميغاواط ساعة في العام ٢٠١٣ و٣٧٣ ميغاواط ساعة في العام ٢٠٠٨ (كيناب والخوري، ٢٠١٢). بالإضافة إلى ذلك، أدى انخفاض الأسعار المتعاقد عليها وعدم تجديد محطات توليد الطاقة إلى انخفاض مستمر في توليد الطاقة الكهرومائية (إيرينا، ٢٠٢٠ت). ويتمثل التحدي الآخر في أن معظم الامتيازات الحالية تستخدم حصريًا لأغراض الزراعة والري. تتفاوض وزارة الطاقة والمياه حاليًا بشأن امتيازات الطاقة الكهرومائية لتكون متسقة مع خطة الكهرباء المعتمدة حديثًا. أعربت الحكومة اللبنانية عن اهتمامها بتوسيع منشآت الطاقة الكهرومائية من خلال هذه الخطة (المرجع نفسه).

إن إمكانات الطاقة الشمسية في لبنان عالية مع متوسط سنوي للإشعاع الأرضي الأفقي (GHI) بين ١٥٢٠ كيلو واط ساعة/متر مربع و٢١٤٨ كيلو واط ساعة/متر مربع (إيرينا، ٢٠٢٠ت)، بينما يتجاوز الإشعاع الطبيعي المباشر (DNI) السنوي ٢١٠٠ كيلو واط ساعة/متر مربع (إيرينا وإسكوا، ٢٠١٨). تقدر حسابات إيرينا أن الإمكانات التقنية للطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق حوالي ١٨٢ غيغاواط. ومع ذلك، إن التقديرات الأكثر تفصيلاً للقدرة القابلة للاستخدام عمليًا تتراوح بين ٥٠٥-١٠٠٥ غيغاواط.[٤] في نهاية عام ٢٠١٩، بلغت قدرة الطاقة الشمسية الكهروضوئية المركبة التراكمية ٧٨.٦٥ ميغاواط (فرحات، ٢٠١٩). تتمّ معظم هذه المشاريع على نطاق صغير في حدود ٥٠-١٠٠٠ كيلوواط ذروة (اسلامي وآخرون، ٢٠٢١) وتشمل الأنظمة الكهروضوئية الخاصة أو العامة. تسيطر المشاريع الصغيرة، حتى ٥٠ كيلوواط ذروة، على السوق من حيث القدرة المركبة (٢٠٪) بإجمالي ١٥.٨٠ ميغاواط ذروة. تشير التقديرات إلى أن بيروت تتمتع بطاقة قدرة كهروضوئية شمسية على الأسطح بين ٢٠٠ و٣٠٠ ميغاواط ذروة (أحمد وآخرون، ٢٠٠٠). يمكن

٤ الجامعة الأميركية في بيروت/معهد عصام فارس-المؤسسة اللبنانية للطاقة المتجددة-استراتيجية و (٢٠١٩). قطاع الكهرباء في لبنان - قفزة نوعية نحو زيادة انتشار الطاقات المتجددة.
https://static1.squarespace.com/static/5d80f7c51d0ebc135e8df-d66/t/5e5c324d55dd0836544463ec/1583100556399/Strate-gy-AUB-LFRE+final+report+Leapfrog+May+2019.pdf.

أن يغطي ما بين ٣٠٪ و٨٠٪ من إجمالي مساحة الأسطح في بيروت ما يصل إلى ٣٤٪ من الطلب على الكهرباء في المدينة (إيرينا، ٢٠٢٠ت). المشروعان بقدرة ١ ميغاواط هما «مشروع نهر بيروت للطاقة الشمسية» الذي سمي بالإنجليزية «ثعبان نهر بيروت الشمسي»، ومشروع منشآت النفط في الزهراني واللذان يمثلان المشاريع الكبيرة في لبنان. في العام ٢٠١٨، أطلقت وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة (LCEC) طلب ابداء الاهتمام (EoI) لتركيب ثلاث منشآت للطاقة الكهروضوئية بقوة ١٠٠ ميغاواط ذروة مع سعة تخزين تبلغ ٧٠ ميغاواط ساعة لكل منهما (إيرينا، ٢٠٢٠ت). في حين تم تحديد السعة المطلوبة بـ ٣٠٠ ميغاواط ذروة، بلغت السعة المعروضة من قبل الشركات ٤٢٦٨ ميغاواط ذروة. بالإضافة إلى طلب ابداء الاهتمام الذي تم إطلاقه، كانت الاستعدادات جارية لإطلاق الجولة الثانية من المزادات الكهروضوئية لتركيب ٢٤ محطة طاقة كهروضوئية (مزارع الشمس) بسعة إجمالية تبلغ ٢٤٠-٣٦٠ ميغاواط ذروة قبل نهاية عام ٢٠٢٠ (المرجع نفسه). لكن هذه الاستعدادات توقفت بسبب الأزمة الاقتصادية. المحافظات الثلاث الأوائل الرائدة في تركيبات الطاقة الشمسية الكهروضوئية في لبنان هي جبل لبنان بـ٢٧.١٩ ميغاواط ذروة بنسبة ٣٥٪ والبقاع بـ٢٠٠٤٤ ميغاواط ذروة بنسبة ٢٦٪ وجنوب لبنان بـ٨.٢٨ ميغاواط ذروة بنسبة ١٠٪ (فرحات، ٢٠١٩).

ساهم القطاع الصناعي في لبنان في تحقيق أعلى معدل نمو لقدرة الطاقة الشمسية الكهروضوئية مؤخرًا وحقق قدرة مركبة تبلغ ٢٥.٥٤ ميغاواط ذروة بحلول عام ٢٠١٩ (أي زيادة من ١٨.٤ ميغاواط ذروة). يتم تركيب حوالي ٢٠٪ من جميع الأنظمة الكهروضوئية على الأسطح ضمن القطاع التجاري و١٣٪ في كل من القطاع السكني والزراعي (فرحات، ٢٠١٩). يتوزع الباقي على القطاعات التعليمية والطبية والعامة وغير الهادفة للربح. تحدث الذروة في الطلب خلال النهار عندما تتوفر معظم الطاقة الشمسية وتكون هناك حاجة ماسة للكهرباء للعمليات الصناعية. لذلك، استثمرت الصناعات بشكل كبير في أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية على الشبكة بحوالي ٤٥.٧٤ ميغاواط ذروة. تفسر العوامل التالية هذا التحول من مولدات الديزل إلى الطاقة الشمسية الكهروضوئية: ١) المساحة المتوفرة في المنشآت، ٢) الوصول إلى التمويل (قبل الأزمة الاقتصادية)، و ٣) كهرباء ثابتة موثوقة مقارنة بالشبكة (المرجع نفسه). وفقًا لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي (٢٠١٩)، يعكس ذلك تطورًا حاسمًا في السوق مع فوائد اقتصادية.

يقود القطاع السكني في استخدام أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية (SWH). ضمن خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة، منحت البنوك الخاصة، التي تم اطلاقها عبر مصرف لبنان المركزي (البنك المركزي)، قروضاً مدتها خمس سنوات ومن دون فوائد لدعم منشآت تسخين المياه بالطاقة الشمسية (وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، ٢٠١٩). ساهمت وزارة الطاقة والمياه بمبلغ ٢٠٠ دولار أمريكي من تكاليف رأس المال. كانت المشاريع التي تجاوزت قيمتها ٥٠٠٠ دولار أمريكي مؤهلة للتقدم بطلب للحصول على قرض الآلية الوطنية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (نيريا) (NEEREA) (مور وكولينز، ٢٠٢٠). بحلول عام ٢٠١٧، بلغت مساحة الأنظمة المركبة حوالي ٦.٨٥٢٩ مترا مربعا. بين عامي ٢٠١٠ و٢٠١٧، تم تركيب ٨٥٠٦٠ نظامًا بسعة ٢٧٧٣٣٣٦٦ لترًا، وهو ما يمثل استثمارًا إجماليًا قدره ١٥٣٦٥٠٢٨٣ دولارًا أمريكيًا. إن السوق حاليًا في حالة مستقرة حيث يتم تركيب حوالي ٥٠٠٠٠ متر مربع سنويًا (وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، ٢٠١٩). بفضل حافز الآلية الوطنية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (نيريا) (NEEREA)، اكتسبت أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية، التي تم تصنيعها جزئيًا في لبنان ، زخمًا في السوق اللبنانية (مور وكولينز، ٢٠٢٠). يتميز المشهد التجاري للطاقة الشمسية بشكل عام بوجود أكثر من ١٠٠ شركة طاقة كهروضوئية تنافسية مع إمكانات النمو (المرجع نفسه). منذ عام ٢٠٠٨، تم إنشاء ٦٧٠ وظيفة على الأقل في قطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ٢٠١٩).

فيما يتعلق بإمكانيات طاقة الرياح في لبنان، تشير دراسات مختلفة إلى أن قدرة الرياح في البلاد تتراوح بين ١٥٠٠ ميغاواط و٦١٠٠ ميغاواط، في حين أن التقييم الذي أجرته مؤخرًا إيرينا يقدم إمكانات أعلى تبلغ ٦٢٣٣ ميغاواط (إيرينا، ٢٠٢٠ت). اعتبارًا من اليوم، هناك ثلاثة مشاريع صغيرة للرياح بقدرة مركبة ٢ كيلوواط ذروة. يتم حاليًا تطوير أول المشاريع على نطاق المرافق تتكون من ثلاث مزارع رياح، لكن العملية توقفت بسبب الأزمة الاقتصادية. ستقام مزارع الرياح في منطقة عكار بالقرب من الحدود السورية وستتضمن ٥٤ توربينة بقدرة اجمالية ٢٢٦ ميغاواط (NCEA، ٢٠١٩). سيتم تشغيل المشاريع من قبل ثلاثة مطورين من القطاع الخاص وقعوا على اتفاقية شراء الطاقة ((PPA في العام ٢٠١٨ (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، ٢٠١٩).

لم يتم تطوير الطاقة الحيوية بشكل كبير في لبنان. ومع ذلك، تملك البلاد إمكانات كبيرة من مصادر مختلفة. نشر برنامج الأمم المتحدة الإنمائي-سيدرو (مشروع كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة التوضيحي لنهوض لبنان) (UNDP-CEDRO) (٢٠١٢) دراسة خاصة بلبنان تهدف إلى صياغة استراتيجية الطاقة الحيوية مع مراعاة جميع مصادر الطاقة الحيوية. ومع ذلك، لا يزال تطوير الطاقة الحيوية المستدامة بطيئًا على الرغم من الاستخدام المكثف للكتلة الحيوية التقليدية في المناطق الريفية. هناك مصدر رئيسي آخر للطاقة الحيوية وهي النفايات البلدية القابلة للتحلل التي يتم إلقاؤها في مطامر النفايات. وفقًا لتقرير برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، يقدّر إنتاج النفايات القابلة للتحلل في لبنان حوالي ٨٦٣٠٠٠ طن سنويًا وهذا يعادل إجمالي الطاقة الكامنة من ٧٤٣ جيغاواط ساعة من البخار و ٢٧٨ جيغاواط ساعة من الميثان. إن أكبر مطمر نفايات خاضع للرقابة الصحية ويخدم منطقة بيروت الكبرى ومنطقة جبل لبنان هو مطمر الناعمة الذي يمثل ٦٠٪ من هذا المجموع. تشير التقديرات إلى أن مطمر الناعمة قادر على إنتاج ١٤٤١٣٥٨٣ متر مكعب من الميثان و ١٤٣.٣ جيغاوات من الطاقة (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي-سيدرو). أما في مدينة صيدا الواقعة جنوب لبنان، فيتم استخدام الهضم اللاهوائي لإنتاج الطاقة من النفايات (GIZ (المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي)، ٢٠١٤). يتم تكرير الغاز الحيوي المنتج وتوليد ١٧٠٠ كيلوواط ساعة تُستخدم لتشغيل المحطة ذاتها ومحطة إعادة التدوير المجاورة. يتم تقديم فائض الكهرباء البالغ ١٥٠ كيلوواط ساعة إلى بلدية صيدا مجاناً لتشغيل أضواء الشوارع ليلاً (IBC، ٢٠١٥).

يتم إدراج مشاريع الطاقة المتجددة التشغيلية الحالية والمخطط لها في لبنان في الجدول ٤-١.

باختصار، يمكن أن يعود تطبيق الطاقات المتجددة بفوائد كبيرة على لبنان مثل معالجة العجز المرتفع في قطاع الطاقة وتلبية الطلب المتزايد وتقليل الاعتماد على الاستيراد، وبالتالي زيادة أمن الطاقة وتوفير منافع صحية متنوعة (أيوب وبستاني، ٢٠١٩). ومع ذلك، وبالمقارنة مع إمكاناته الكبيرة، لا تزال حصة لبنان من مصادر الطاقة المتجددة لا تذكر. وتستمر عملية التطبيق بالتباطؤ نظرًا للأزمة الاقتصادية الحالية والتحديات الجيوسياسية وآثار جائحة كوفيد-١٩. وبالتالي، يُصنف لبنان بناءً على النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بأنه في بداية المرحلة الأولى من تطبيق الطاقة المتجددة.

الجدول ٤-١
مشاريع الطاقة المتجددة التشغيلية والمخطط لها في لبنان

محطات الطاقة الكهرومائية التشغيلية					
الموقع	مركبا، الأوّلي، جون	شوّان، يحشوش، فتري	بشري، مار ليشع، بلوزا ٢، أبو علي	البارد ١، البارد ٢	ريشميا - الصفا
النهر	نهري الليطاني/الأولي	نهر إبراهيم	وادي قاديشا	نهر البارد	نبع الصفا
القدرة المركبة (ميغاواط)	١٩٩	٣٢	٢١	١٧	١٣
محطات الطاقة الشمسية التشغيلية (طاقة شمسية مركزة CSP وطاقة شمسية كهروضوئية PV)					
الموقع	مشروع نهر بيروت للطاقة الشمسية (ثعبان نهر بيروت الشمسي)	منشآت النفط في الزهراني	مشاريع أخرى موزعة على المناطق أقل من ١ ميغاواط		
النوع	كهروضوئية	كهروضوئية	كهروضوئية		
القدرة المركبة (ميغاواط ذروة)	١٠٠٨	١	≈ ٧٥		
محطات الطاقة الشمسية المخطط لها (طاقة شمسية مركزة CSP وطاقة شمسية كهروضوئية PV)					
الموقع	مشروع نهر بيروت للطاقة الشمسية (المرحلة الثانية)	منشآت النفط في الزهراني	١٢ مزرعة موزعة بقدرة ١٥ ميغاواط لكل مزرعة	٣ مزارع كبيرة الحجم مع تخزين	
القدرة المركبة (ميغاواط)	٧	٣	١٨٠	١٠٠٠*٣ ميغاواط ذروة و٧٠ ميغاواط ساعة من التخزين	
الحالة	تم اطلاقه		تم اطلاقه	تم اطلاقه	
محطات طاقة الرياح المخطط لها					
الموقع	عكار (٣ مزارع رياح)				
القدرة المركبة (ميغاواط)	٢٢٦				
الحالة	قيد التطوير				

(المصدر: بيانات استنادًا إلى إيرينا (٢٠٢٠أ)، خليل (٢٠١٧)، NCEA (٢٠١٩))

الإطار القانوني للطاقة المتجددة والكفاءة في قطاع الكهرباء

حتى انعقاد مؤتمر الأطراف (COP) في كوبنهاغن في العام ٢٠٠٩، لم يكن لدى لبنان التزام ملموس بالاستثمار في قطاع الطاقة المتجددة. ومع ذلك، حددت الحكومة اللبنانية بعد المؤتمر هدفًا لتحقيق ١٢٪ من مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة المحلي بحلول عام ٢٠٢٠، والتي تم تحديثها مؤخرًا إلى ٣٠٪ بحلول عام ٢٠٣٠ (إيرينا، ٢٠٢٠ت). يعدّ هذا الالتزام جزءًا مهمًا من أوراق السياسات الخاصة بقطاع الكهرباء الصادرة عن وزارة الطاقة والمياه عامي ٢٠١٠ و٢٠١٩. اعتمدت الحكومة أول ورقة سياسات كاستراتيجية وطنية في حزيران/يونيو ٢٠١٠. تضمنت هذه الورقة عدة مبادرات: البنية التحتية (التوليد والنقل والتوزيع) والعرض والطلب (مصادر الوقود والطاقة المتجددة وإدارة الطلب على الطاقة وكفاءة الطاقة والتعريفات)، ثم تمّ دعمها بإطار قانوني من خلال القانون ٢٠١١/١٨١. عملت وزارة الطاقة والمياه مع البنك الدولي على تطوير ورقة السياسات الثانية والتي وافق عليها مجلس النواب في نيسان/أبريل ٢٠١٩. كان الهدف من ورقة السياسات الحد من أوجه القصور في قطاع الكهرباء مع التركيز بشكل خاص على العجز المالي لمؤسسة كهرباء لبنان والنقص في إمدادات الكهرباء. ارتبطت أوراق السياسات بالخطط التي وضعتها الحكومة اللبنانية واعتمدتها، وهي خطط العمل التي أعدها المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة والتي تضمنت مبادرات تتعلق بكفاءة الطاقة.

قام المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة بتطوير خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة الخاصة بلبنان لأعوام ٢٠١١-٢٠١٥ التي وضعت خارطة طريق لهدف لبنان بالوصول إلى كفاءة الطاقة (وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، ٢٠١٢). وافقت وزارة الطاقة والمياه على خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١١ (القرار رقم ٢٦). تم تقديم أربع عشرة مبادرة تتعلق بكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، بما في ذلك دعم المشاريع الوطنية لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي. إن المشروعين الرئيسيين الذي يتولاهما برنامج الأمم المتحدة الإنمائي هما كالتالي:

١. مشروع كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة التوضيحي لنهوض لبنان (سيدرو)، بتمويل من الاتحاد الأوروبي

٢. برنامج تسخين المياه بالطاقة الشمسية العالمي (GSWH) بتمويل من مرفق البيئة العالمية (GEF) (وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، ٢٠١٢)

تمثلت أنجح مبادرة (رقم ١١) في التعاون بين الاتحاد الأوروبي وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي ومصرف لبنان لتقديم الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (نيريا) (NEEREA). تم إنشاء الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة لتعزيز تمويل مشاريع الطاقة المتجددة أو مشاريع كفاءة الطاقة. ومع ذلك، كانت المشاريع الضخمة من منتجي الطاقة المستقلين محدودة، حيث أنه بموجب حافز الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، تمت الموافقة على مشاريع الاستهلاك الفردي فقط (مور وكولينز، ٢٠٢٠). إلى جانب الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، يقدّم مرفق كفاءة الطاقة والتمويل المتجدد في لبنان (LEEREFF) ليريف) وبرنامج تمويل الاقتصاد الأخضر (GEFF) مخططات قروض مناسبة للترويج لأسواق الطاقة الكهروضوئية وتسخين المياه بالطاقة الشمسية (SWH) الموزعة (إيرينا، ٢٠٢٠ت).

بعد تقييم خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة ٢٠١١-٢٠١٥، تم تحديد الكثير من الثغرات. أدى غياب خط الأساس والتوجه نحو كفاءة الطاقة إلى تعديل الخطة. اعتمدت وزارة الطاقة والمياه نسخة محدثة من خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة للأعوام ٢٠١٦-٢٠٢٠، والتي تشمل مبادرات تستهدف قطاعات مختلفة في لبنان. تنقسم خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة ٢٠١٦-٢٠٢٠ إلى قسمين رئيسيين (وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، ٢٠١٦):

١. يشمل القسم الأول تدابير قطاع الطاقة التي تركز على كفاءة الطاقة في توليد ونقل وتوزيع الكهرباء.

٢. يتناول القسم الثاني تدابير الاستخدام النهائي التي تشمل تدابير الاستخدام النهائي الأفقية وتدابير الاستخدام النهائي في قطاع البناء وتدابير الاستخدام النهائي في الصناعة والزراعة وتدابير التنقل والنقل وتدابير الاستخدام النهائي في القطاع العام.

علاوة على ذلك، تمّ سد الفجوات المذكورة سابقًا عبر وضع عام ٢٠١٠ كسيناريو سنة الأساس وتطوير حافز جديد يركز فقط على الطاقات المتجددة: خطة العمل الوطنية للطاقة المتجددة (NREAP). كانت خطة العمل الوطنية للطاقة المتجددة، بالتعاون مع جامعة الدول العربية والمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREEE)، تهدف إلى إنتاج ١٢٪ من الطلب المتوقع على الكهرباء والتدفئة من الطاقة المتجددة بحلول عام ٢٠٢٠ (محمود وحبيب، ٢٠١٩). اعتبر المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة أن الهدف قابل للتحقيق إذا تم تنفيذ السياسات والأنشطة المحددة في خطة العمل الوطنية للطاقة المتجددة. كان من شأن النشر الكامل لخطة العمل الوطنية للطاقة المتجددة ٢٠١٦-٢٠٢٠ أن يؤدي إلى توفير أكثر من ٢٢٥ مليون دولار أمريكي سنويًا، بدءًا من عام ٢٠٢٠ (وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، ٢٠١٦). يعمل المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة حاليًا على تحديث خطة العمل هذه ويهدف إلى إطلاق خطة العمل الوطنية للطاقة المتجددة ٢٠٢١-٢٠٢٥ لتحقيق أهدافه في مجالي كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. يأخذ المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة في الاعتبار أثناء التحديث الانكماش الاقتصادي الحالي.

زد على ذلك، قدّمت إيرينا، وبالتعاون مع المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة إلى جانب وزارة الطاقة والمياه، نظرة مستقبلية لعام ٢٠٣٠ تشكل خارطة طريق لتطوير الطاقة المتجددة في لبنان. وفقًا لخارطة الطريق هذه، فإن رفع مستوى تكامل الطاقة المتجددة في لبنان سيساعد في تلبية الطلب المحلي على الطاقة ودعم نمو الاقتصاد والتوفير على لبنان سنويًا حوالي ٢٤٩ مليون دولار أمريكي. تم تحديد القدرات الفردية المستهدفة لكل تقنية من أجل تحقيق هدف ٣٠٪ من الطاقة المتجددة بحلول عام ٢٠٣٠:

الجدول ٤-٢

القدرات الفردية المستهدفة لكل تكنولوجيا

القدرات المستهدفة لتكنولوجيات الطاقة المتجددة	
طاقة الرياح	١٠ ميغاواط
الطاقة الكهرومائية	٦٠١ ميغاواط
الطاقة الشمسية الكهروضوئية المركزية	٢٠ ميغاواط
الطاقة الشمسية الكهروضوئية اللامركزية	٥٠ ميغاواط
الغاز الحيوي	١٣ ميغاواط

(المصدر: بيانات استنادًا إلى إيرينا (٢٠٢٠))

يسري القانون ٢٠٢٠/٤٦٢ حاليًا على قطاع الكهرباء اللبناني. أسّس هذا القانون بنية جديدة لقطاع الطاقة ووضع إطارًا قانونيًا لتفكيكه. قسم القطاع إلى ثلاثة كيانات: الإنتاج والنقل والتوزيع، حيث يتم خصخصة الإنتاج والتوزيع جزئياً. ومع ذلك، فإن المادة ٥ من القانون ٢٠٢٠/٤٦٢ أبقت مؤسسة كهرباء لبنان المؤسسة الوحيدة المسؤولة عن نقل الكهرباء. علاوة على ذلك، شرع هذا القانون في تعيين هيئة تنظيم الكهرباء (ERA) التي ستكون مسؤولة عن ضمان المنافسة في القطاع وتعديل التعريفات غير التنافسية وإصدار تراخيص طويلة الأجل لمنتجي الطاقة المستقلين لتوليد الكهرباء وإعادتها إلى الشبكة. على الرغم من أن القانون ٤٦٢ دخل حيز التنفيذ في العام ٢٠٠٢ إلا أنه لم يتم تنفيذه أبدًا ولم يتم منح أي تراخيص في تلك المرحلة، إذ لم تكن هيئة تنظيم الكهرباء مؤلفة بعد. من الواضح أن هذا يمثل عقبة أمام تطوير الطاقة المتجددة (برجاوي وآخرون، ٢٠١٧). بالإضافة إلى ذلك، تعمل مولدات الديزل الخاصة خارج الآلية المصرح بها قانونًا. ومع ذلك، فإن صانعي السياسات يتساهلون معها لأنها تعالج تحدي نقص إمدادات الطاقة (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠).

صدر القانون ٢٨٨ (٢٠١٤) لتعديل مؤقت للقانون ٢٠٠٢/٤٦٢. بموجب القانون ٢٨٨، تم السماح باتفاقيات استثنائية لشراء الطاقة (PPAs) المحددة من قبل مجلس الوزراء بناءً على توصيات وزارة الطاقة والمياه ووزارة المالية. كان من المتوقع تطبيق هذا القانون بين عامي ٢٠١٤ و٢٠١٦ حتى تعيين هيئة تنظيم الكهرباء. لم تمنح الحكومة أي تصاريح بموجب القانون ٢٨٨. وعليه، تم تمديد تعديل القانون ٢٨٨ (بموجب القانون ٢٠١٥/٥٤) للفترة الممتدة حتى نيسان/أبريل ٢٠١٨. بموجب القانون رقم ٢٠١٥/٥٤، تم التوقيع على اتفاقية شراء الطاقة لثلاث مزارع رياح في عكار بقدرة ٢٢٦ ميغاواط (البنك الأوروبي لإعادة البناء والتنمية (EBRD)، ٢٠١٩). وبالتالي، اعتُبر القانون ٢٠١٥/٥٤ منعطفًا للقطاع الخاص للدخول إلى سوق توليد الكهرباء اللبناني.

أعطيت مهلة للقانون ٢٠١٩/١٢٩، وهو تمديد آخر للقانون ٢٨٨، حتى نيسان/أبريل ٢٠٢٢ للسماح لمنتجي الطاقة المستقلين بتوليد الكهرباء وإعادتها إلى الشبكة عبر اتفاقيات شراء الطاقة.

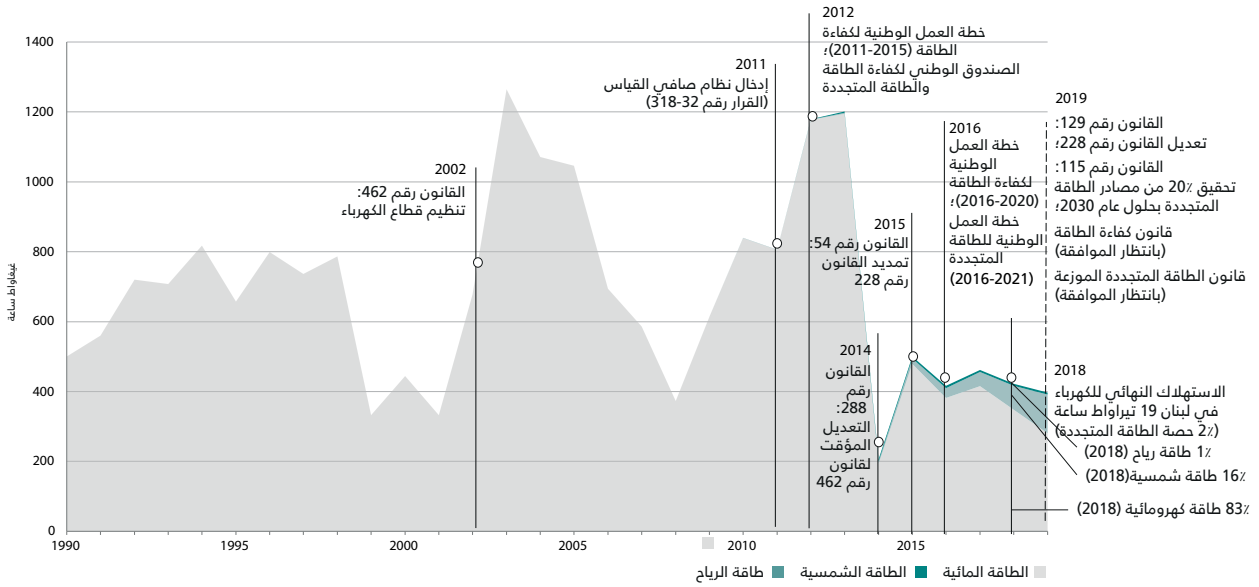
بناءً على ما تقدم، تشير المادة ٤ من المرسوم رقم ١٦٨٧٨ إلى أن الأشخاص الحقيقيون والمعنويون مؤهلون لإنتاج الطاقة الكهربائية لاستهلاكهم وسد حاجاتهم الشخصية فقط. في العام ٢٠١١، وبناءً على قرار مجلس إدارة مؤسسة كهرباء لبنان رقم ٣١٨-٣٢، تم إدخال نظام صافي القياس لضخ الطاقة الزائدة المنتجة في مقرات المستهلك في شبكة مؤسسة كهرباء لبنان مقابل فواتيرهم الشهرية. بسبب حداثة مخطط صافي القياس، أنشأت مؤسسة كهرباء لبنان لجنة صافي القياس للإشراف على عملية التنفيذ. من ناحية، دعم مخطط صافي القياس التوسع في مجال الطاقة الشمسية. من ناحية أخرى، نظرًا لافتقار مؤسسة كهرباء لبنان إلى العدادات، يجب حساب المبالغ الصافية يدويًا، مما يحد بشدة من فعالية مخطط السياسة هذه (برجاوي وآخرون، ٢٠١٧؛ مور وكولينز، ٢٠٢٠).

في العام ٢٠١٩، وافق مجلس النواب على القانون ١١٥ والمساهمات المحددة وطنياً (NDCs) في لبنان التي تلزم هذا الأخير بخفض انبعاثات غازات الدفيئة بشكل ملحوظ وتحقيق هدف ٣٠٪ من الطاقات المتجددة من إجمالي مزيج الطاقة بحلول عام ٢٠٣٠. نظرًا لأن مصادر الطاقة المتجددة الموزعة يمكن أن تلعب دورًا رئيسيًا في تحقيق هدف الحكومة ومن شأنها أن تفيد الاقتصاد والبيئة بشكل كبير، يجري حاليًا اقتراح عدة مشاريع قوانين ومناقشتها. سيساعد ذلك في إرساء الأساس القانوني للاستثمارات المتجددة المستقبلية في لبنان. هذه المشاريع هي بشكل أساسي قانون الطاقة المتجددة الموزعة وقانون كفاءة الطاقة التي سيتم شرحها في الفصل ٤ من هذا التقرير.

يصور الشكل ٤-٦ جميع تدابير سياسة الطاقة حسب السنة وتطوير توليد الكهرباء القائمة على مصادر الطاقة المتجددة.

بشكل أساسي، على الرغم من الجهود المذكورة التي تم بذلها حتى الآن لتوفير إطار قانوني وتنظيمي لمصادر الطاقة المتجددة، لا يزال تكامل مصادر الطاقة المتجددة في لبنان يواجه عوائق كبيرة. على مستوى السياسات، لم يتم إعطاء الأولوية لموارد الطاقة المتجددة اللبنانية على موارد الوقود الأحفوري. لا تزال عدة قوانين متضاربة تمنع استثمار القطاع الخاص ومشاركته في قطاع الكهرباء. لم يتم تنفيذ القوانين الأخرى التي دخلت حيز التنفيذ مما أعاق تحقيق الأهداف التي كان من المقرر إحرازها بحلول عام ٢٠٢٠. وعليه، فإن النشر الناجح والواسع لتكنولوجيات الطاقة المتجددة سيتطلب تعديلات كبيرة في الإطار القانوني في لبنان. وبالتالي،

الشكل ٤-٦
تطوير توليد الكهرباء المتجددة حسب المصدر (بالغيغاواط ساعة) وإدخال إجراءات سياسات الطاقة، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٩



(المصدر: بيانات استنادًا إلى وكالة الطاقة الدولية (٢٠٢٠أ))

لا يزال لبنان في بدايات تحول الطاقة أي في المرحلة الأولى من النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

الحوافز المالية للطاقات المتجددة

في تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١١، وتنفيذًا لخطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة ٢٠١١-٢٠١٥ الموضوعة من الحكومة، دعمت قروض الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (نيريا) نمو الطاقات المتجددة. تبدأ القروض من ٢٠٠٠ دولار أمريكي إلى ٢٠ مليون دولار أمريكي، مما يجعل الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (نيريا) آلية التمويل الأخضر الوحيدة في المنطقة العربية التي تتمتع بسقوف عالية للقروض. يدعم الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (نيريا) القطاع الخاص، مثل الأفراد والمؤسسات الصغيرة والمتوسطة أو الهيئات الاعتبارية، في التقدم للحصول على قروض مدعومة لأي من مشاريع الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. كانت معدلات الفائدة على هذه القروض ٧٥٠١٠٪ ووصلت إلى ٣٠٠٪ مع فترة سداد لمدة ١٤ عامًا وفترة سماح لمدة عامين للمشاريع الجديدة (وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، ٢٠١٦). يُسمح لجميع كيانات القطاع الخاص بالتقدم للحصول على هذه القروض المدعومة. يتم تقديم هذه القروض الخضراء من قبل أي بنك تجاري إذ أنها الطريقة الأسهل للوصول إلى المستخدمين النهائيين. ومع ذلك، لا يتم تخصيص الأموال للقروض حتى يقوم المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة بدراسة ومراجعة وإعطاء موافقته الفنية على التنفيذ النهائي للمشاريع.

ازدادت الاستثمارات في قطاع الطاقة الشمسية الكهروضوئية من ٢٠٢٩ مليون دولار أمريكي في العام ٢٠١٠ إلى ١٢٥٠٨٣ مليون دولار أمريكي في العام ٢٠١٩. استفاد الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (نيريا) من منحة قدرها ١٥ مليون يورو بين ٢٠١١-٢٠١٤ للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة. تم تخصيص جزء من المنحة لتمويل الوحدة الفنية في المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة وإطلاق حملات تسويقية على مستوى البلاد لتعزيز استخدام القروض الخضراء للصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في البلاد (وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، ٢٠١٦). على الرغم من الوضع الاقتصادي، بلغت الاستثمارات ٢٠٠٧٢ مليون دولار أمريكي في العام ٢٠١٩ لاستثمارات الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة والاستثمارات غير المتعلقة بالصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (جبور، ٢٠٢١).

بموجب خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة ٢٠١٦-٢٠٢٠، تم تأجيل آلية تمويل الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة حتى عام ٢٠٢٠. ومع ذلك، تم تقديم خط ائتمان جديد موقّع بين بنك الاستثمار الأوروبي (EIB) والوكالة الفرنسية للتنمية (AFD) والحكومة اللبنانية تحت اسم ليريف (LEEREFF). في المجموع، قدم بنك الاستثمار الأوروبي والوكالة الفرنسية للتنمية قرضًا عالميًا بقيمة ٨٠ مليون يورو لدعم الاستثمار على نطاق صغير في مشاريع كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة المخصصة للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة. للأسف، لم يتم توزيع قروض بعد عام ٢٠١٩ بسبب الأزمة الاقتصادية.

يعدّ ليريف جزءًا من مخطط مصرف لبنان المركزي المدعوم للشركات الراغبة في الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة والبناء الأخضر وكفاءة الطاقة في الأعمال التجارية والصناعات. يرتبط ليريف بالصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة إنما بمعايير أداء أكثر صرامة وطرق حساب شفافة مقابل الأهداف. يتم دعم قروض ليريف من خلال بنك الاستثمار الأوروبي والوكالة الفرنسية للتنمية، مع دعم أسعار الفائدة المقدم من مصرف لبنان المركزي، والمساعدة الفنية المجانية التي يقدمها فريق دولي من المهندسين بتمويل من الاتحاد الأوروبي. يوجد نوعان من القروض في إطار ليريف والتي تهدف إلى تلبية احتياجات مختلف الشركات. من ناحية، يوجد القرض المعياري المصمم للعملاء الذين لديهم مشاريع تحتاج إلى إجراءات بسيطة لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. يتراوح مقدار هذا النوع من القروض بين ٤٠٠٠٠ و٢٥٠٠٠٠ يورو لمشاريع مثل العزل الحراري والنوافذ وأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء وأنظمة المراقبة والتحكم وأنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية وغيرها. من ناحية أخرى، يوجد نوع من القروض غير المعيارية التي يقدمها ليريف. هذا القرض مخصص لاستثمارات كفاءة الطاقة العامة في الشركات الصناعية والتجارية وكذلك للاستثمارات في المباني التجارية الخضراء. يتراوح مبلغها بين ٢٥٠٠٠٠ و١٥ مليون يورو. يغطي ليريف ما

يصل إلى ٨٠٪ من تكاليف الاستثمار، بينما يمكن إكمال المبلغ المتبقي من أموال الشركات الخاصة أو قرض الصندوق الوطني لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة أو قرض مصرفي تقليدي (ليريف، ٢٠١٩).

في العام ٢٠١٨، وقع البنك الأوروبي للإنشاء والتعمير وبنك عودة أول برنامج تمويل الاقتصاد الأخضر لتوفير التمويل للتنمية المستدامة في لبنان. تعاون البنك الأوروبي للإنشاء والتعمير وبنك عودة لتقديم ما مجموعه ٢٠٠ مليون دولار أمريكي لتمويل مشاريع الطاقة الخضراء. قدم البنك الأوروبي للإنشاء والتعمير ٩٠ مليون دولار أمريكي، والذي تم تكملته بمبلغ ١٠ ملايين دولار أمريكي من صندوق تايوان الدولي للتعاون والتنمية (ICDF). يقدّم البرنامج قروضًا للاستثمار في الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة (الإنارة ليد، وأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء وتبليط الأسقف والتكسية بالحجر والمناظر الطبيعية)، واستخدام الموارد بكفاءة، بما في ذلك المياه والمواد والموارد الأخرى وإدارة النفايات وخفض الانبعاثات والمباني الخضراء، مما يساهم في خفض مستويات التلوث وتحسين البيئة. إن هذه القروض متاحة للأفراد الذين يستثمرون في المشاريع السكنية والأعمال الخاصة ومقدمي الخدمات والباعة الذين يوفرون معدات التوريد أو البيع. سيقدم البنك الأوروبي للإنشاء والتعمير المساعدة الفنية لبرنامج تمويل الاقتصاد الأخضر. سيتلقى هذا البرنامج الدعم من خبراء متخصصين في مجالات عدة، والذين سيقدمون إلى بنك عودة وعملائه المساعدة والتوجيه طوال دورة حياة المشروع الأخضر. علاوة على ذلك، يتم تحديد أسعار الفائدة على أساس التقييم الائتماني للمقترض. تتميز تركيبة السداد بالمرونة لأنها تعتمد على التدفق النقدي المتوقع للمشروع مع خيار المقترض بالدفعات الشهرية أو ربع سنوية. إن فترة السماح مشروطة بالموافقة الائتمانية والتدفقات النقدية المتوقعة للمشروع. ومع ذلك، وفقًا للخبراء الذين تمت مقابلتهم وبسبب الوضع الاقتصادي الحالي، فقد تم إيقاف المشاريع في إطار برنامج تمويل الاقتصاد الأخضر وغيرها من خطط ومشاريع التمويل الأخضر.

قطاع الوقود الاحفوري

يعتمد نظام الطاقة في لبنان إلى حد كبير على استيراد زيت الوقود الثقيل وزيت الديزل لإمداد محطات الطاقة التقليدية ومولدات الديزل الخاصة. يمثل الوقود المستورد ٩٣٪ من إجمالي الكهرباء المنتجة (سلامة وشديد، ٢٠٢٠). بلغت واردات الوقود الأحفوري حوالي ٨.٦ مليون طن نفط مكافئ من منتجات الطاقة في العام ٢٠١٨، وكان معظمها من المنتجات النفطية بالإضافة إلى كميات صغيرة من الفحم والكهرباء والوقود الحيوي الصلب. يتم تجميع المنتجات النفطية المستوردة على النحو التالي: غاز البترول المسال (LPG)، وزيت الغاز/الديزل، وزيت الوقود، والكيروسين النفاثات، والأسفلت (شعبة الإحصاءات بالأمم المتحدة (UNSD) والإسكوا، ٢٠١٩). بالإضافة إلى ذلك، يتم استيراد الفحم وفحم الكوك البترولي من قبل صناعات الاسمنت (المرجع نفسه). تم استيراد الكهرباء من سوريا قبل أن يتم إيقافها في العام ٢٠١٢. كما صدّرت مصر الكهرباء إلى لبنان (المرجع نفسه).

يعرض الشكل ٤-٧ بيانات عن صافي واردات الطاقة التاريخية للبنان من ١٩٩٠ إلى ٢٠١٨ حسب السنة. من خلال الرسم البياني، بلغت واردات الطاقة ذروتها بحلول العام ٢٠١٧ إذ بلغت ٩.٢ مليون طن نفط مكافئ وانخفضت بشكل طفيف في العام ٢٠١٨.

ومع ذلك، تقف استراتيجية الطاقة اللبنانية عند نقطة تحول، حيث لا يمكن للبلد الاستمرار في الاعتماد على الوقود الأحفوري المستورد الذي يتم شراؤه من احتياطيات العملات الأجنبية المتضائلة في مصرف لبنان المركزي (شعبة الإحصاءات بالأمم المتحدة والإسكوا، ٢٠١٩). نتيجة لذلك، يستكشف لبنان إمكانية استخراج الطاقة الأحفورية في البلاد. تقدر هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) أن مقاطعة حوض الشام تستوعب ١.٧ مليار برميل من النفط القابل للاستخراج و١٢٢ تريليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي القابل للاسترداد (المرجع نفسه). من خلال مقارنة الطلب المستقبلي المتوقع في لبنان والاحتياطيات المحلية، يملك لبنان القدرة ليصبح موردًا للغاز الطبيعي. ومع ذلك، فإن استخراج النفط والغاز وتقييم الطابع التجاري للاكتشاف هي عملية طويلة الأجل وتستغرق وقتًا طويلاً (المبادرة اللبنانية للنفط والغاز (LOGI)، ٢٠٢١). وفقًا للخبراء في مجال النفط والغاز، لم يستفد لبنان بعد من ثروته الحالية بسبب عدم وجود استراتيجية وطنية وصنع السياسات الحكيمة. بالإضافة إلى ذلك، كان كارتل النفط يتحكم في جوانب مختلفة من قطاع المصب (في صناعة البترول).

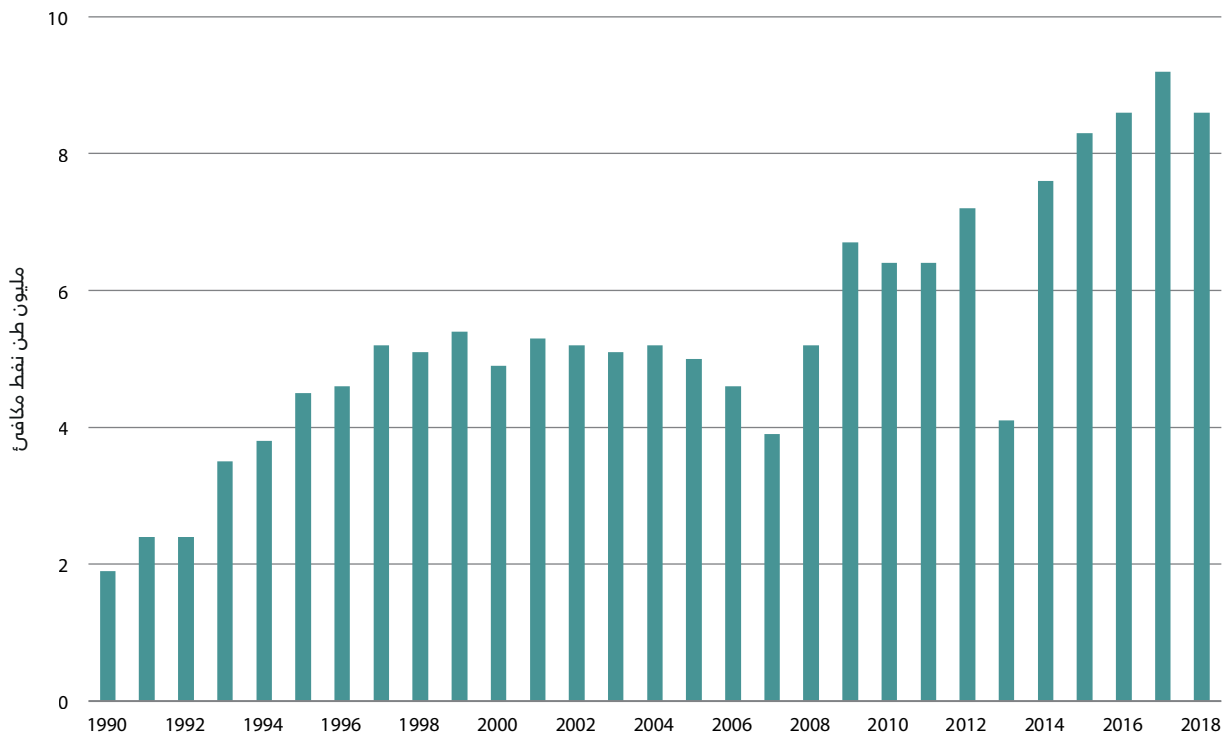
ومع ذلك، تم التوقيع في كانون الثاني/يناير ٢٠١٨ على اتفاقيتي الاستكشاف والإنتاج للبلوك ٤ و٩ بين الجمهورية اللبنانية والكونسورتيوم المؤلف من توتال للاستكشاف والإنتاج في لبنان ش.م.ل. (Total E&P Liban s.a.l.) (صاحب الحق المشغل) وشركة إيني لبنان (Eni Lebanon B.V.) وشركة نوفاتيك لبنان (Novatek Lebanon) (أصحاب الحق غير المشغلين) (هيئة إدارة قطاع البترول لبنان، ٢٠١٨). أظهرت أنشطة التنقيب المنجزة في البلوك ٤ خلال عام ٢٠٢٠ وجود آثار للغاز، مما يؤكد وجود نظام هيدروكربون، ولكن لم يتم العثور على أي خزانات في التكوين الذي كان الهدف الرئيسي لهذه البئر الاستكشافية (توتال، ٢٠٢٠).

بسبب الصراع المستمر بين لبنان وإسرائيل حول ترسيم الحدود البحرية، لم يتم إجراء أي أنشطة تنقيب في البلوك ٩ الجنوبي، وهي منطقة يحتمل أن تكون غنية بالغاز. أدت الخلافات المستمرة إلى مفاوضات غير مباشرة بوساطة الولايات المتحدة وأُطلقت في تشرين الأول/أكتوبر ٢٠٢٠ في قاعدة الأمم المتحدة في جنوب لبنان. لم يكن ممكنًا رؤية حل عادل لهذا النزاع وفقًا للقوانين البحرية، وستظل الشؤون الأمنية على رأس أولويات شركات النفط العالمية الكبرى (IOCs) المرخصة من كلا الجانبين. وهذا بدوره سيؤخر أنشطة التنقيب واستغلال الثروة.

من ناحية، من المتوقع أن يستمر الخلاف الإقليمي حول الحقوق القانونية فيما يتعلق باحتياطيات النفط والغاز المحتملة لفترة طويلة من الزمن، الأمر الذي قد يشجع اللبنانيين على التحول بشكل أسرع إلى مصادر الطاقة المتجددة (أيوب وآخرون، ٢٠١٣). من ناحية أخرى، إن قطاع مولدات الديزل الخاصة قوي ويُعتبر مؤثرًا بالفعل في عملية سن القوانين في المشهد السياسي المشحون، مما يعيق أي تعبئة ضد سياسة الإمداد الحالية (مور وكولينز، ٢٠٢٠). وفقًا لخطة وزارة الطاقة والمياه لعام ٢٠١٩، كان من المقرر إنشاء عدة محطات توليد الطاقة بالغاز الطبيعي في سلعاتا والزهراني والجية والذوق والحريشة ودير عمار (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩). ومع ذلك، توقف تنفيذ هذه المحطات بسبب الأزمة الاقتصادية والنقدية.

علاوة على ذلك، يمكن أن يؤدي دعم تطوير قطاع النفط والغاز إلى إحداث تأثيرات تكنولوجية محصورة وفي نهاية المطاف إلى استثمارات عالقة، لأن مزيدًا من البلدان على المستوى العالمي تسعى جاهدة نحو اقتصاد محايد للكربون. على سبيل المثال، بينما يسعى لبنان لكي يصبح الاتحاد الأوروبي عميلاً محتملاً للغاز المنتظر استخراجه، يمكن للاتفاقية الخضراء الأوروبية والسياسات المناخية المرتبطة بها عرقلة هذه الطموحات. كما أن شركات النفط العالمية الكبرى تأخذ المخاطر المتزايدة في الاعتبار أثناء محاولتها التعامل مع تحول الطاقة في جميع أنحاء العالم. قد يكون هذا أيضًا حافزًا للبنان لتحويل نظام الطاقة لديه إلى الطاقات المتجددة بدلاً من إنتاج الغاز الطبيعي. ومع ذلك، وحتى يتم وضع

الشكل ٧-٤
صافي واردات الطاقة (بالمليون طن نفط مكافئ)، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٨



(المصدر: بيانات استنادًا إلى وكالة الطاقة الدولية (٢٠٢٠أ))

استراتيجية واضحة، فمن المؤكد أن المسار اللبناني مصنف، من حيث مراحل التحول، على أنه في بدايات المرحلة الأولى.

البنية التحتية

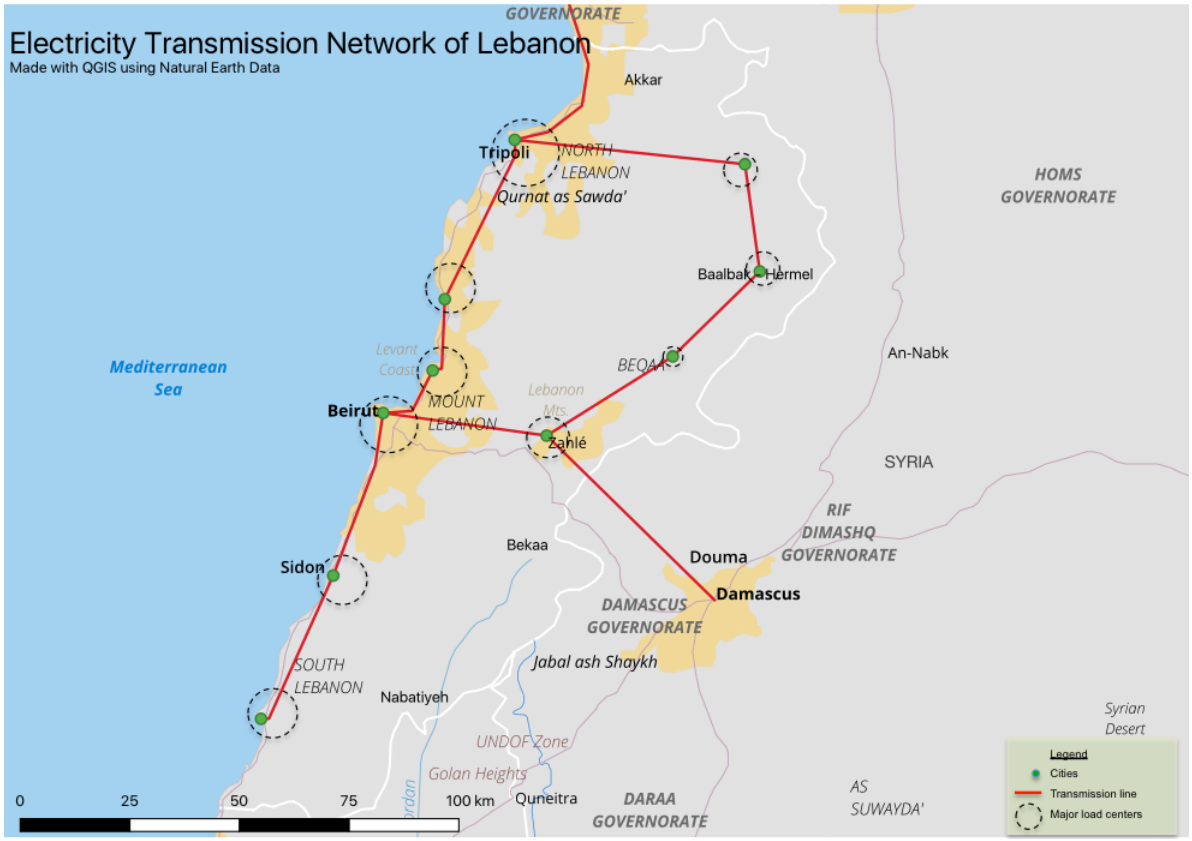
تُعتبر شبكة النقل في لبنان جزءًا من مشروع الربط الإقليمي الثماني (EIJLLPST) الذي بدأ في العام ١٩٨٨ ويضم الدول التالية: مصر والعراق والأردن وليبيا ولبنان وفلسطين وسوريا وتركيا. على الرغم من أن مشروع الربط يهدف إلى تحديث أنظمة الكهرباء وفقًا للمعايير الإقليمية وتجارة الكهرباء، إلا أن هذه الأهداف ليست سوى حبر على ورق (ESMAP (برنامج المساعدة في إدارة قطاع الطاقة)، ٢٠١٣). مع استمرار نقص الإمداد والتوصيلات البينية غير المتزامنة والأطر التنظيمية غير المحكمة وبنية سوق الكهرباء المجمعة في معظم الدول، كانت التجارة متواضعة بين دول EIJLLPST (مصر والعراق والأردن وليبيا ولبنان وفلسطين وسوريا وتركيا). على سبيل المثال، عندما تصدّر سوريا الطاقة إلى لبنان، يجب فصل بعض أجزاء الشبكة اللبنانية عن الشبكة الرئيسية لمنع حدوث اضطرابات كبيرة. في حين تملك مصر والأردن حاليا فائضًا في الكهرباء، فإن الالتزام السياسي لا يزال مفقودًا. وبالتالي، لا يمكن تفعيل إطار تجاري عبر سوريا لبيع فائض الانتاج إلى لبنان (البنك الدولي، ٢٠٢٠ب).

إن مؤسسة كهرباء لبنان، مؤسسة عامة، مسؤولة عن شبكة النقل في لبنان. تتألف الشبكة من خطوط بجهد ٦٦ كيلو فولت على مستوى البلاد، وخطوط نقل بجهد ١٥٠ كيلو فولت في المنطقة الساحلية الوسطى حول بيروت وخطوط شبكة جديدة بجهد ٢٢٠ كيلو فولت تمتد من الساحل الشمالي إلى الساحل الجنوبي والمنطقة الشمالية لسهل البقاع. تخطط مؤسسة كهرباء لبنان للتحول من شبكة بجهد ١٥٠ كيلو فولت إلى ٦٦ كيلو فولت و٢٢٠ كيلو فولت كجهود نقل فرعية / نقل عادية من خلال تحديث وتوسيع الشبكة (البنك الدولي، ٢٠٢٠ب). سيساعد ذلك على استيعاب مزيج أكبر من التكنولوجيا في الشبكة وتسهيل تكامل الشبكة الإقليمية. بموجب القانون رقم ٢٠١١/١٨١، وافق مجلس النواب على عدة مشاريع كخطة طوارئ للكهرباء في لبنان. كان أول هذه المشاريع محطات جديدة تعمل بزيت الوقود الثقيل في الذوق والجية والتي بدأ تشغيلها في عام ٢٠١٧ وأدت إلى زيادة إمدادات الكهرباء. ترتبط مشاريع أخرى بالمحطات الفرعية وخطوط النقل الخاصة بها التي توفر إمدادًا مستقرًا بالكهرباء. وتشمل هذه المشاريع ست محطات فرعية بجهد ٢٢٠ كيلو فولت بالإضافة إلى محطة فرعية بجهد ٦٦ كيلو فولت في بدنايل وثلاث محطات فرعية متنقلة في عاصون (الضنية) وجزين والبترون (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩).

هناك عدد كبير من الخسائر على المستوى الفني وغير الفني والتي تؤثر بشكل كبير على الأداء المالي لقطاع الكهرباء. ينتج عن هذا فصل الأحمال على مدار العام. تصل خسائر النقل والتوزيع لشبكة كهرباء لبنان إلى حوالي ٤٠٪، منها ١٥٪ خسائر فنية (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠؛ فردون وآخرون، ٢٠١٢؛ برنامج الأمم المتحدة الإنمائي وآخرون، ٢٠١٩). تشمل أسباب هذه الخسارة عدة مشاكل على شبكة الجهد، مثل التحميل الزائد في مراكز التحميل أو محولات الجهد العالي التي تعمل في عوامل تحميل عالية تؤدي إلى انخفاض القدرة الاحتياطية والتأثير على الشبكة (فردون وآخرون، ٢٠١٢). يوجد امتيازان إلى جانب مؤسسة كهرباء لبنان، وهما شركة كهرباء زحلة (EDZ) وشركة كهرباء جبيل (EDJ) اللتان تعملان حاليًا في البلاد. أظهر منشور حديث عن مدرسة الدراسات الشرقية والأفريقية (SOAS)[٥] أن هذه الامتيازات قد اكتسبت دعمًا عامًا واسعًا داخل أراضيها المعنية بسبب سجلها الحافل في تقديم الخدمات الجيدة وقدرتها على التنقل في السياق السياسي المحلي. تتمتع أيضًا بأداء تقني وإداري أفضل بكثير، مثل خسائر أقل ومعدلات تحصيل أعلى، مما يؤدي في النهاية إلى أداء

٥ لمزيد من المعلومات: https://www.aub.edu.lb/ifi/Documents/publications/policy_briefs/2020-20/20210511_models_for_tackling_lebanon_electricity_crisis_policy_brief.pdf.

الشكل ٤-٨
شبكة نقل الكهرباء في لبنان تظهر مراكز التحميل الرئيسية



(المصدر: بيانات خاصة استنادًا إلى Energydata (٢٠١٧))

تجاري أفضل. ومع ذلك، فقد تم استخدامها على مر السنين لأخذ الإيجارات وإضعاف المؤسسات المركزية باستمرار، مثل مؤسسة كهرباء لبنان (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠).
يوضح الشكل ٤-٨ شبكة نقل الكهرباء في لبنان، بما في ذلك مراكز التحميل الرئيسية.

لتحسين الوضع، حددت وزارة الطاقة والمياه في خطتها الرئيسية للنقل ثلاثة أهداف رئيسية (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩):

١. تقليل الخسائر الفنية وغير الفنية من ٣٤٪ في العام ٢٠١٩ إلى ١١٪ في العام ٢٠٢١،

٢. تحسين نظام التوليد، بما في ذلك كفاءة وتوسيع مزيج الوقود، و

٣. زيادة التعرفة لتغطية التكاليف على مستوى التوليد والنقل والتوزيع.

يجب إضافة ست محطات جديدة لتوليد الطاقة ذات قدرة بحوالي ٣٠٠٠ ميغاواط بين عامي ٢٠١٩ و٢٠٢٦، بينما ستتم إزالة محطات توليد الطاقة المؤقتة تدريجياً (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩). تتطلع الخطة إلى توسيع الشبكة واستقرارها حتى عام ٢٠٣٠. ومن المتوقع أن تبلغ القدرة المركبة الإجمالية ٥٦٩٥ ميغاواط بحلول العام ٢٠٣٠ من القدرة المركبة الحالية البالغة ٢٤٤٩ ميغاواط في العام ٢٠١٩، بينما ستبلغ ذروة الطلب المتوقعة ٤٦٧٢ ميغاواط، مما يغطي بالكامل الطلب على الكهرباء على مدار ٢٤ ساعة (المرجع نفسه). ومع ذلك، وبسبب الأزمة الاقتصادية، يبدو أن خطة ٢٠١٩ والأهداف المعلنة تواجه تحديات بسبب قلّة الاستثمارات اللازمة وتعثر لبنان في سداد ديونه. لذلك، من المفترض إجراء مراجعة وتقييم لمحطات الطاقة المخطط لها. في وقت سابق من عام ٢٠٢٠، كلّف البنك الدولي شركة كهرباء فرنسا (EDF) بإعداد خطة توليد ذات تكلفة أقل للبنان في أعقاب تقرير إيرينا وخطة العمل الطارئة لعام ٢٠٢٠ الصادرة عن البنك فيما يتعلق بقطاع الكهرباء في لبنان. إن هذه الدراسة هي الأولى من نوعها منذ ٣٠ عامًا، حيث تقيّم كيف يمكن للبنان تحسين إنتاجه من الطاقة وتقليل التكاليف وخفض التلوث من الوقود الأحفوري، بناءً على أسس فنية واقتصادية وبيئية ومن دون تدخلات سياسية (كلّنا إرادة وآخرون، ٢٠٢٠).
في المضمون، إن شبكة الكهرباء الحالية غير مستقرة وتعكس قدرات التوليد غير الكافية الحالة القديمة لأصول الطاقة. هناك حاجة لإعادة بناء الشبكة وتوسيعها. لا يزال الطريق طويلًا أمام لبنان بالنسبة للأنظمة المتقدمة، مثل الشبكات الذكية، ولكن لكي يصل لبنان إلى أهدافه لعام ٢٠٣٠، يحتاج على الأقل إلى البدء باستكشاف حلول قصيرة الأجل غير متواضعة وتعزيز المشاركة المؤسسية. علاوة على ذلك، سيتطلب تمديد الصفقات الدولية للكهرباء أو الغاز تعاونًا وتنسيقًا أقوى على المستوى السياسي (البنك الدولي، ٢٠٢٠ب). يُظهر الوضع الحالي للبنية التحتية للشبكة أنه من الطبيعي تصنيف لبنان على أنه في بداية المرحلة الأولى من نموذج تحول الطاقة المطبق في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

المؤسسات والحوكمة

تدير وزارة الطاقة والمياه سياسة الطاقة اللبنانية، فتصوغ أهداف السياسات لقطاعات الكهرباء والوقود والمياه (مور وكولينز، ٢٠٢٠)، بينما يتحمل مجلس الوزراء المسؤولية الشاملة. يوجد لدى وزارة الطاقة والمياه ثلاثة مديريات رئيسية: ١) المديرية العامة للموارد المائية والكهربائية، ٢) المديرية العامة للاستثمار، و ٣)

المديرية العامة للنفط. يمكن اعتبار قطاع الطاقة احتكارًا للتوليد والإنتاج والتوزيع تديره مؤسسة كهرباء لبنان، تحت إشراف وزارة الطاقة والمياه (برنامج المساعدة في إدارة قطاع الطاقة، ٢٠١٣). تأسست مؤسسة كهرباء لبنان بموجب المرسوم رقم ١٦٨٧٨ (١٠ تموز/يوليو ١٩٦٤) وهي مؤسسة عامة مسؤولة عن توليد ونقل وتوزيع الكهرباء في لبنان (البنك الأوروبي لإعادة البناء والتنمية، ٢٠١٩). تُعتبر وزارة المالية أيضا مشاركًا رئيسيًا في مراقبة مؤسسة كهرباء لبنان من خلال تقييم جدوى المشاريع. تحتكر مؤسسة كهرباء لبنان أكثر من ٩٠٪ من قطاع الكهرباء في لبنان (فردون وآخرون، ٢٠١٢). إن الجهات الفاعلة الأخرى في القطاع هي المصلحة الوطنية لنهر الليطاني التي تمتلك محطات الطاقة الكهرومائية، والشركتان الخاصتان إبراهيم والبارد اللتان تشغلان محطات الطاقة الكهرمائية وتبيعان الكهرباء لمؤسسة كهرباء لبنان، وامتيازات التوزيع في زحلة وجبيل، وسابقا في عاليه وقاديشا وبحمدون (المرجع نفسه).

في العام ٢٠١٠، ومن خلال ورقة سياسة قطاع الكهرباء المعتمدة، سمحت الحكومة بتعاون الشراكات بين القطاعين العام والخاص عبر مزودي خدمة التوزيع (DSPs) واتفاقيات تأجير توليد الكهرباء ونظام صافي القياس (إيرينا، ٢٠٢٠ت).

كمشروع مشترك بين وزارة الطاقة والمياه وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، تم إنشاء المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة في العام ٢٠١١. إن المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، بالاشتراك مع وزارة الطاقة والمياه، هو الوكالة الوطنية للطاقة وهو يقدم الخبرة الفنية للمواضيع المتعلقة بكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة. تم تمويل المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة من قبل برنامج الأمم المتحدة الإنمائي حتى عام ٢٠١٣. يتم تمويله حاليًا بشكل أساسي من قبل مجموعة متنوعة من المؤسسات والشركاء الوطنيين والدوليين وتحديدًا الاتحاد الأوروبي ووزارة البيئة وحماية الأراضي والبحار الإيطالية ومصرف لبنان المركزي. يعمل المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة على أساس خطة مدتها ٥ سنوات يتم تحديثها باستمرار لدعم الحكومة في تنفيذ خططها الوطنية المتعلقة بسياسة الطاقة. على سبيل المثال، إن المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة مسؤول عن تنفيذ خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة وخطة العمل الوطنية للطاقة المتجددة ويراقب الأهداف المحددة في الخطط (شعبة الإحصاءات بالأمم المتحدة والإسكوا، ٢٠١٩).

يمثل قطاع الكهرباء في لبنان حالة واضحة عن سوء إدارة احتكار ملكية عامة منذ الحرب الأهلية. كما أعيد تحديثه بسرعة في السنوات اللاحقة (البنك الأوروبي لإعادة البناء والتنمية، ٢٠١٩). أعاقت التحديات في هياكله الإدارية، القائمة على نظام حكم طائفي، أداءه. انطلاقاً من ذلك، يتسم قطاع الكهرباء في لبنان بنقص إمدادات الطاقة مع نقص مزمن وإفلاس مرافق الطاقة وعمليات سرقة الطاقة وخسائر كبيرة في الشبكة وتعريفات الطاقة المنخفضة بسبب الدعم المرتفع والانبعاثات المرتفعة (المرجع نفسه). على الرغم من أن القانون ٢٠٠٢/٤٦٢ يفرض وجود سوق كهرباء مجزأ وتأسيس هيئة تنظيم الكهرباء وطنية مستقلة، إلا أن القانون موجود فقط على الورق، مما يؤدي إلى خلل كبير في تشغيل قطاع الكهرباء في لبنان.

يعزّز هذا الوضع تصنيف لبنان على أنه في المرحلة الانتقالية الأولى، ولكن في البدايات، وفقًا للنموذج المرحلي المطبق في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

سوق الطاقة والاقتصاد

Tيشكل قطاع الكهرباء في لبنان عبئًا ماليًا ثابتًا على المالية العامة في لبنان. يُعزى أكثر من ٤٠٪ من الدين العام إلى إنفاق ودعم قطاع الكهرباء منذ عام ١٩٩٢ (إسلامي وآخرون، ٢٠٢١). لم تتغير تعرفة الكهرباء منذ العام ١٩٩٤ عندما بلغ متوسط سعر النفط ٢٣ دولارا للبرميل الواحد (مور وكولينز، ٢٠٢٠). في الوقت الحاضر، إن التعريفات أقل بكثير من التكلفة الفعلية للكهرباء المنتجة. على سبيل المثال، بلغ متوسط تكلفة إنتاج واحد كيلوواط ساعة من الكهرباء حوالي ٢٣٠٠ سنتًا أمريكيًا في العام ٢٠١٤، في حين كان متوسط الفاتورة لكل كيلوواط ساعة ضمن تعريفة الفئات المائلة (inclining block tariff) ٨٥٠٠٠ سنتًا أمريكيًا (برجاوي وآخرون، ٢٠١٧؛ داغر وروبل، ٢٠١١؛ مور وكولينز، ٢٠٢٠). وكلما زاد عدد ساعات تزويد مؤسسة كهرباء لبنان بالكهرباء، كلما تكبدت خسائر مالية أكثر. في العام ٢٠١٨، تكبدت مؤسسة كهرباء لبنان خسائر تشغيلية بلغت ١.٨ مليار دولار أمريكي (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩). وقد بلغ دعم القطاع بين عامي ٢٠٠٨ و٢٠١٧ ما يقرب من نصف إجمالي الدين الخارجي للبنان (مور وكولينز، ٢٠٢٠). على الرغم من الدعم الهائل للقطاع، إلا أن العرض لا يمكن أن يغطي الطلب. ونتيجة لذلك، يحدث انقطاع مستمر للتيار الكهربائي يقدر أن يصل إلى ١.٥ جيغاواط.

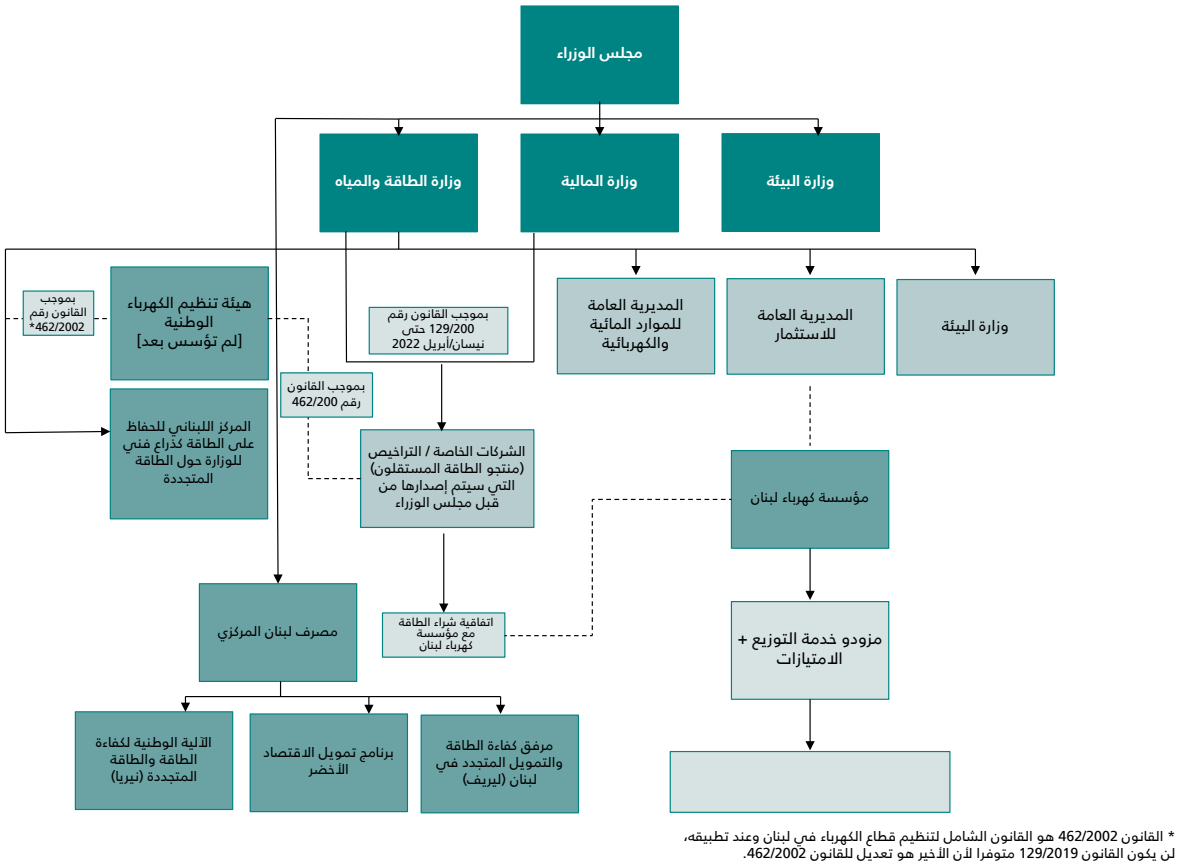
على الرغم من أهمية مولدات الديزل في الحفاظ على المتطلبات الأساسية للأسر والشركات، إلا أنها أكثر تكلفة (حوالي ٣٠٠ سنت أمريكي لكل كيلو واط ساعة)، مما يزيد من تكاليف الطاقة للأسر (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠؛ إسلامي وآخرون، ٢٠٢١). أيضًا، بسبب الانهيار الاقتصادي الحالي، تستمر الأسعار الشهرية للمولدات في الارتفاع. في العام ٢٠١٧، اعتمد حوالي ٦٦٪ من الأسر على مولدات الديزل لدعم إمدادات الطاقة. وهذا يكلف ما يقرب ١٠٪ من دخلهم (فرحات، ٢٠١٩). يدعم السياسيون تجارة مولدات الديزل، ولا توجد منافسة يمكن أن تؤثر على التسعير. بالإضافة إلى ذلك، تحتوي المباني الجديدة على مساحة للمولدات، مما يضع السكان أمام واقع دعم المولدات غير القانونية (مور وكولينز، ٢٠٢٠).

علاوة على ذلك، أدّت الاستثمارات السيئة في التوربينات الغازية الجديدة ذات الدورة المفتوحة (OCGT) بدلاً من التوربينات الغازية ذات الدورة المركبة (أو توربينات الغاز المتحدة الدورات) (CCGT) في محطات توليد الطاقة إلى زيادة الخسائر المالية. يتم التسامح مع الفواتير غير المحصلة وسرقات الكهرباء من القادة السياسيين، مما يزيد من الدين العام. إن التعاملات غير القانونية مسؤولة أيضًا عن عبء مالي قدره ٣٣٠ مليون دولار أمريكي سنويًا (مور وكولينز، ٢٠٢٠). بالإضافة إلى ذلك، يزيد عدم وجود نظام تدقيق داخلي من المشكلة المالية المؤسسية ويؤثر عدم وجود نظام محاسبة محوسب على الدقة المالية للمؤسسة (فردون وآخرون، ٢٠١٢).

بشكل عام، يفشل نظام الكهرباء اللبناني بسبب التحديات السياسية والاقتصادية العميقة الجذور (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠). تنبع الأزمة الاقتصادية بشكل رئيسي من سوء إدارة قطاع الكهرباء. لم يعد ممكننا الحفاظ على أدائه المالي الضعيف لأن القطاع يزيد بشكل مباشر النقص في العملات الأجنبية في مصرف لبنان المركزي والبنوك التجارية (إسلامي وآخرون، ٢٠٢١).

وفقاً لأحمد (٢٠٢٠)، من خلال الإلغاء التدريجي لمولدات الديزل، يمكن للشعب اللبناني توفير حوالي ٨٠٠ مليون دولار أمريكي سنويًا. حتى لو زادت تعرفة مؤسسة كهرباء لبنان مرتين، فقد تصل المدخرات إلى حوالي ٤٠٠ مليون دولار أمريكي. مع الأخذ في الاعتبار أن أنظمة الطاقة المتجددة تقدّم إمدادات موثوقة وهي أكثر قابلية للتطبيق من الناحية الاقتصادية من نظام الطاقة اللبناني الحالي، يجب على الحكومة اغتنام الفرصة وتحفيز الطاقات المتجددة على جميع المستويات (إسلامي وآخرون، ٢٠٢١).

الشكل ٤-٩
بنية سوق الكهرباء مع الهيئات والشركات ذات الصلة



* القانون 462/2002 هو القانون الشامل لتنظيم قطاع الكهرباء في لبنان وعند تطبيقه، لن يكون القانون 129/2019 متوفرا لأن الأخير هو تعديل للقانون 462/2002.

(المصدر: بيانات خاصة)

إن مخطط صافي القياس الذي تم تقديمه في العام ٢٠١١ يشجّع المواطنين على تقليل استهلاكهم للكهرباء باستخدام منشآت الطاقة المتجددة الخاصة. وهذا بدوره يقلل من فاتورة الكهرباء الفردية. يتيح هذا التنظيم للعملاء طرح الكهرباء المنتجة من الفاتورة وموازنة فائض الإنتاج مع فائض الاستهلاك. لكن هذا المخطط لم ينجح بسبب نقص العدادات والموظفين المؤهلين لتركيب المعدات. ومع ذلك، إنه يظهر استعداد لبنان للتحول نحو الأنظمة القائمة على الطاقة المتجددة.

الكفاءة

تعترف الحكومة بكفاءة الطاقة في لبنان باعتبارها ركيزة استراتيجية أساسية ثانية لتحول نظام الطاقة. لذلك، طوّرت الحكومة اللبنانية خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة ٢٠١١-٢٠١٥ واستراتيجيتها للمتابعة خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة ٢٠١٦-٢٠٢٠ من أجل الوصول إلى هدفها المتمثل بـ ١٢٪ من مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة بحلول العام ٢٠٢٠. تتضمن خطط العمل الوطنية لكفاءة الطاقة عددًا من مبادرات كفاءة الطاقة التي تستهدف قطاعات مختلفة في الاقتصاد اللبناني (فاخوري والأشقر، ٢٠٢٠؛ وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، ٢٠١٢):

- زيادة استخدام مصابيح الفلورسنت المدمجة (CFL)،
- زيادة استخدام الإنارة العامة الموفرة للطاقة،
- تطوير كود البناء،
- زيادة الوعي وبناء القدرات،
- دعم عمليات تدقيق الطاقة لشركات خدمات الطاقة (ESCOs)، و
- ترويج المعدات الموفرة للطاقة.

تُعدل خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة ٢٠١٦-٢٠٢٠ أول خطة عمل وطنية لكفاءة الطاقة وتركز على إجراءات توفير الطاقة الأولية. على سبيل المثال، تفرض توفيرًا سنويًا للطاقة من ٣٠٢٠٩ جيغاواط ساعة، وتحدد وفورات كفاءة الطاقة حسب القطاع، وتكمل تحليل التكلفة لكل إجراء، وتصوغ أهدافًا قابلة للقياس الكمي ومحددة زمنيًا (وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة، ٢٠١٦). ومع ذلك، بينما يدعم لبنان إجراءات كفاءة الطاقة، غالبًا ما يظل تحقيق هذه الإجراءات محدودًا ويتم عرقلته لأسباب متعددة يمكن إرجاعها إلى الضعف المؤسسي. يدعم هذا التقييم تصنيف لبنان على أنه في المرحلة الأولى وفق نموذج تحول الطاقة المطبق.

الجدول ٤-٣
عجز مؤسسة كهرباء لبنان من ١٩٩٢-٢٠٢٠ (بالاستناد إلى بنك عودة (٢٠٢١))

السنة	العجز السنوي (مليون دولار أمريكي)	العجز التراكمي في مؤسسة كهرباء لبنان (مليون دولار أمريكي)	العجز التراكمي شاملاً الفوائد (مليون دولار أمريكي)	العجز التراكمي لمؤسسة كهرباء لبنان شاملاً الفوائد (مليار دولار أمريكي)	الدين العام (مليار دولار أمريكي)	العجز التراكمي / إجمالي الدين في مؤسسة كهرباء لبنان
١٩٩٢					٤	٪٠
١٩٩٣					٤	٪٠
١٩٩٤	٥٠	٥٠	٥٠	٠	٧	٪١
١٩٩٥	٧٠	١٢٠	١٢٣	٠	٩	٪١
١٩٩٦	٩٠	٢١٠	٢٢١	٠	١٣	٪٢
١٩٩٧	١١٠	٣٢٠	٣٤٦	٠	١٦	٪٢
١٩٩٨	١٢٠	٤٤٠	٤٨٨	٠	١٩	٪٣
١٩٩٩	١٤٠	٥٨٠	٦٦٠	١	٢٢	٪٣
٢٠٠٠	٣٨٦	٩٦٦	١,٠٨٩	١	٢٥	٪٤
٢٠٠١	١٨٨	١,١٥٤	١,٣٤٧	١	٢٨	٪٥
٢٠٠٢	٢٠٢	١,٣٥٦	١,٦٣٧	٢	٣١	٪٥
٢٠٠٣	٢٧٤	١,٦٣٠	٢,٠١٧	٢	٣٣	٪٦
٢٠٠٤	٣٨٣	٢,٠١٣	٢,٥٣٢	٣	٣٦	٪٧
٢٠٠٥	٦٤٦	٢,٦٥٩	٣,٣٤٢	٣	٣٩	٪٩
٢٠٠٦	٩٠٩	٣,٥٦٨	٤,٤٦٨	٤	٤٠	٪١١
٢٠٠٧	٩٨١	٤,٥٤٩	٥,٧٤٠	٦	٤٢	٪١٤
٢٠٠٨	١,٦١٢	٦,١٦١	٧,٧٢٥	٨	٤٧	٪١٦
٢٠٠٩	١,٤٩٩	٧,٦٦٠	٩,٧٢٦	١٠	٥١	٪١٩
٢٠١٠	١,١٩٢	٨,٨٥٢	١١,٥٥٠	١٢	٥٣	٪٢٢
٢٠١١	١,٧٤٢	١٠,٥٩٤	١٤,٠٤٣	١٤	٥٤	٪٢٦
٢٠١٢	٢,٢٦١	١٢,٨٥٥	١٧,٢١٧	١٧	٥٨	٪٣٠
٢٠١٣	٢,٠٢٧	١٤,٨٨٢	٢٠,٣٦٣	٢٠	٦٤	٪٣٢
٢٠١٤	٢,٠٩٤	١٦,٩٧٦	٢٣,٧٨١	٢٤	٦٧	٪٣٦
٢٠١٥	١,١٣٥	١٨,١١١	٢٦,٤٦١	٢٦	٧٠	٪٣٨
٢٠١٦	٩٢٧	١٩,٠٣٨	٢٩,١٠٨	٢٩	٧٥	٪٣٩
٢٠١٧	١,٣٢٨	٢٠,٣٦٦	٣٢,٣٢٨	٣٢	٨٠	٪٤١
٢٠١٨	١,٧٥٦	٢٢,١٢٢	٣٦,١٨٥	٣٦	٨٦	٪٤٢
٢٠١٩	١,٥٠٥	٢٣,٦٢٧	٤٠,٠٤٢	٤٠	٩٢	٪٤٤
٢٠٢٠	١,٠٠٠	٢٤,٦٢٧	٤٣,٦٤٥	٤٤	٩٤	٪٤٧

انبعاثات غازات الدفيئة

تنجم انبعاثات غازات الدفيئة في لبنان بشكل رئيسي عن توليد الكهرباء (٦٠٪) وقطاع النقل (٣٢٪)، تليه الصناعة والقطاع السكني (٤٪ لكل منهما). بينما بلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في العام ٢٠٠٥ معدل ١٤ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون، فقد وصلت في العام ٢٠١٨ إلى ٢٥ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون، أي ما يمثل زيادة بنسبة ٧٨٪ (الشكل ٤-١٠). نتجت نسبة ١٥.٣ مليون طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع توليد الكهرباء والحرارة عن احتراق النفط (الشكل ٤-١١). بشكل عام، أظهرت كثافة الانبعاثات اتجاهًا تنازليًا عامًا في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي، بينما زاد نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (الجدول ٤-٤).

يمكن أن يُعزى ما يقرب من ٤٠٪ من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة من الكهرباء في العام ٢٠١٨ إلى مولدات الديزل (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠). حيث أن هذه المولدات موجودة في الغالب في مناطق سكنية كثيفة، فإن الآثار البيئية تهدد الصحة العامة (أحمد وآخرون، ٢٠٢٠). نذكر من الملوثات الرئيسية الأخرى أسطول الطاقة الحرارية لمؤسسة كهرباء لبنان. غالبًا ما تتواجد مرافق الطاقة بالقرب من المناطق المكتظة بالسكان (المرجع نفسه). على الرغم من أن الحكومة اللبنانية أبدت مخاوف بشأن زيادة انبعاثات غازات الدفيئة، إلا أنه لا توجد محاولة نشطة لتقليل استخدام المولدات (كناب والخوري، ٢٠١٢).

تتزايد انبعاثات لبنان ويبدو أن خارطة طريق ملموسة للحد من الانبعاثات غير متوفرة. وهذا يؤكد تصنيف لبنان على أنه في بدايات المرحلة الأولى لتحوّل الطاقة في النموذج المرحلي المطبق.

المجتمع

لتقييم العناصر الداعمة لعملية تحول الطاقة بما في ذلك الوعي الاجتماعي والقبول الاجتماعي والدعم الفعال، أجرى الفريق المحلي في الجامعة الأميركية في بيروت استبيانًا عبر الإنترنت مصممًا خصيصًا لهذه الدراسة للكشف عن مستوى وعي المجتمع اللبناني بالقضايا المتعلقة بالطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وتغير

المناخ. اتّبع الاستبيان طريقة أخذ العينات العشوائية مع حوالي ١٠٠ مواطن محلي من خلفيات متعددة في جميع أنحاء البلاد، ٧٠٪ منهم تقل أعمارهم عن ٣٥ عامًا و٧١٪ من جميع المشاركين كانوا من الإناث. اختلف التوزيع الجغرافي عبر المناطق؛ ٤٦٪ من المستجيبين كانوا من منطقة بيروت وتليها بعبدا (١٣٪) وطرابلس (٧.٦٪) والباقي موزعون على الأقضية الأخرى. أما بالنسبة للخلفية التعليمية لمن أجريت معهم المقابلات، فقد أكمل ٤٧٪ درجة الماجستير بينما حصل ٣٢٪ على درجة البكالوريوس في الجامعة على الأقل.

والمثير للدهشة أن ٩٦٪ من المستجيبين أكدوا أنهم اكتسبوا معرفة مسبقة عن الطاقة المتجددة من مصادر مختلفة، وخاصة المقالات والصحف (٣١٪). بالإضافة إلى ذلك، حصل ٢٨٪ على معرفتهم من المدرسة و٢٢٪ من الجامعة. تركزت خبرة المواطنين بشكل أساسي على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية. على الرغم من هذه المعرفة العالية في تكنولوجيات الطاقة المتجددة، لمس ٩٧٪ من المشاركين الحاجة إلى مزيد من حملات التوعية. ومع ذلك، فإن ٣٠٪ فقط من المستجيبين يستخدمون الطاقة المتجددة حاليًا، و٨٨٪ منهم يستخدمون الطاقة الشمسية الكهروضوئية إما لإنتاج الكهرباء أو كسخانات شمسية في أماكن العمل أو في المنزل. ومع ذلك، أكد جميع المشاركين أنهم سيستخدمون بالتأكيد الطاقة الشمسية الكهروضوئية إذا كانت الأسعار أرخص.

عند سؤالهم عن الاعتبارات المستقبلية، أكّد ٩٦٪ أنهم على استعداد لتثبيت تكنولوجيات الطاقة المتجددة إذا كان الوصول إليها متاحًا. اعتقد ٥٠.٦٪ أنه خلال هذه المرحلة الانتقالية، ستبقى مولدات الديزل جزءًا من الحياة اليومية للمواطنين أو سيتم إيقافها جزئيًا. وأعرب حوالي ٦٩٪ عن اعتقادهم بأن هذا التحوّل سيؤثر على المجتمعات على جميع المستويات وعلى البلد ككل. على مستوى كفاءة الطاقة، كان ٢١٪ فقط من المستجيبين على دراية بمعايير كفاءة الطاقة، وأشار ٣٦٪ إلى استخدامهم للأجهزة الكهربائية في منازلهم المطابقة لمعايير الكفاءة. أظهر الاستبيان أيضًا أن ٧٢٪ من المستجيبين كانوا على استعداد لدفع تكاليف رأس المال الأولية من مالهم الخاص لتثبيت تكنولوجيات الطاقة المتجددة. ومع ذلك، شملت العوائق الرئيسية التي حالت دون تنفيذ هذه التدابير التكاليف المرتفعة المدفوعة سلفًا (٧٩٪) وتكاليف الصيانة (٧٢٪) ومتطلبات المساحة (٤٥٪) والمشاكل التقنية (٣٩٪)، كما هو مبين في الشكل ٤-١٢. علاوة على ذلك، كانت التحديات الرئيسية أمام تنفيذ معايير كفاءة الطاقة على مستوى المجتمع تكمن في تكاليف النفقات الرأسمالية (٨٩٪) وتوافر التكنولوجيا (٥٩٪) ونقص المعرفة اللازمة (٧٤٪) ونقص الخبرة المطلوبة (٥٥.٥٪) (الشكل ٤-١٣).

كما تناول الاستبيان القضايا المتعلقة مباشرة بتغير المناخ؛ ذكر ٧١٪ من المشاركين أنهم شعروا بتأثير تغير المناخ على البلاد، وأكد معظمهم أهمية مواضيع تغير المناخ في حياتهم اليومية.

على المستوى المحلي، عند سؤالهم عن الوضع في لبنان فيما يتعلق بقطاع الطاقة المتجددة، لاحظ جميع المشاركين أن وضع الطاقة الحالي سيئ. علاوة على ذلك، كان ٧٪ فقط على دراية بأهداف الطاقة المتجددة المعلنة لعامي ٢٠٢٠ و٢٠٣٠، و٣٪ فقط على دراية بالقوانين وخطط العمل تجاه قضايا تغير المناخ والطاقة المتجددة. والأهم من ذلك، يعتقد ٨١٪ أن الوضع السياسي الحالي غير المستقر يؤثر بشكل كبير على قرارات التحول إلى الطاقة المتجددة. بالإضافة إلى ذلك، ٥٨٪ لا يعتقدون حتى الآن بأن منظمات المجتمع المدني على دراية بتكنولوجيات الطاقة المتجددة أو أنها مستعدة تماما للمشاركة في التحول.

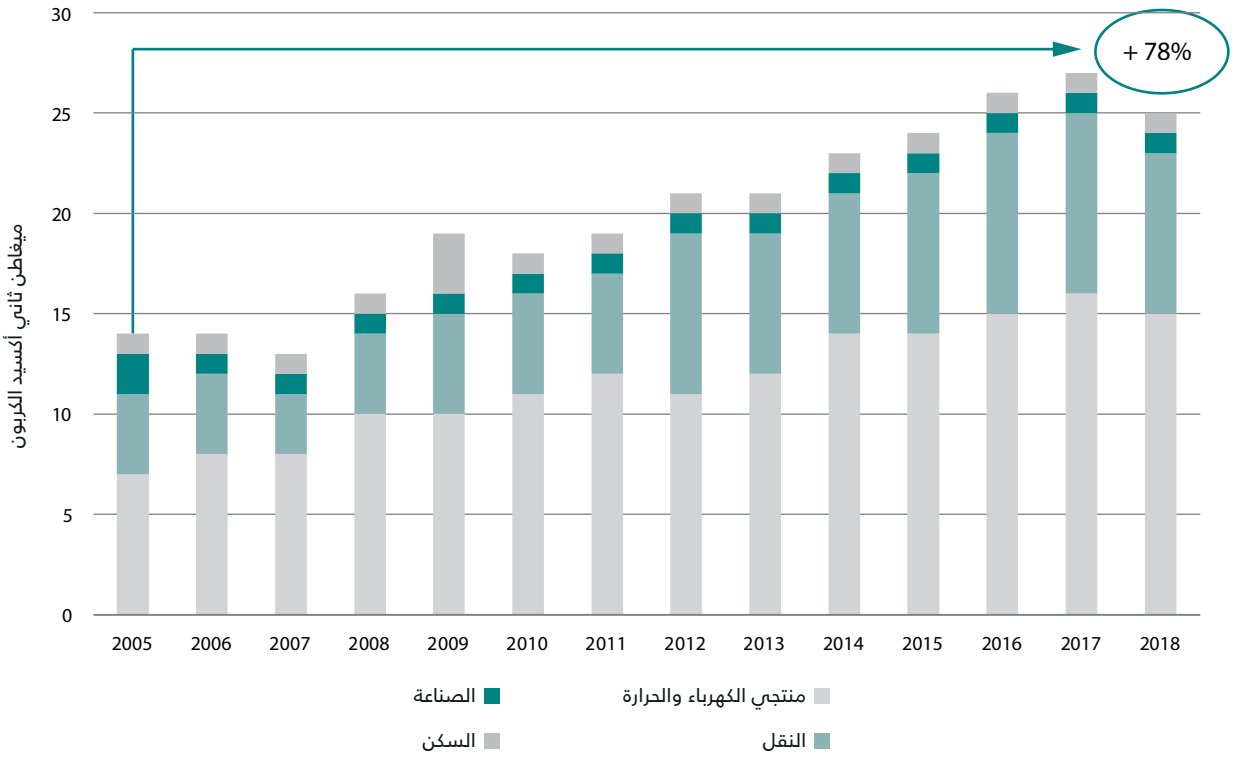
مقارنة بالدراسات السابقة التي خلصت إلى أن عامة السكان في لبنان وكذلك شطور من النخبة ليسوا على دراية بفوائد تكنولوجيات الطاقة المتجددة (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي-سيدرو، ٢٠١٥)، ترسم نتائج هذا الاستبيان صورة أكثر إيجابية. ومع ذلك، يبدو أن نقص البيانات والمعلومات ما زال يعوق تطور الطاقات المتجددة. وقد يعود أحد الأسباب في عدم وجود معلومات إلى أن الكثير من المشاريع يتم تنفيذها في دائرة ضيقة لأصحاب المصلحة؛ وبالتالي، لا تحظى الطاقات المتجددة باهتمام من عامة الشعب (أيوب وآخرون، ٢٠١٣) على الرغم من أن حملات زيادة التوعية وإجراءات بناء القدرات هي جزء من خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة. نتيجة لذلك، كانت فرص التأثير على عقلية الناس وسلوكهم فيما يتعلق بموضوعات البيئة والطاقة محدودة (المصطفى وآخرون، ٢٠١٨). حتى أن عدد أنظمة المياه الساخنة بالطاقة الشمسية وأنظمة الطاقة الشمسية المنزلية المثبتة ضئيلة. ومع ذلك، وفقًا للمصطفى (٢٠١٨)، تتمتع المشاريع الإيضاحية التي تم تجريبها بالقدرة على زيادة الوعي والثقة بين الشعب، كما يمكنها أن تساعد في نشر الكلام الشفهي الإيجابي (المرجع نفسه).

يتفاقم هذا الوضع أيضًا نظرًا لافتقار الكثير من صانعي السياسات والمصرفيين وغيرهم من صناع القرار إلى المهارات والمعرفة حول الطاقات المتجددة (المصطفى وآخرون، ٢٠١٨؛ شعبة الإحصاءات بالأمم المتحدة والإسكوا، ٢٠١٩). بالإضافة إلى ذلك، يفضل الكثير من المهندسين المهرة العمل خارج البلاد حيث تكون الرواتب أعلى (الجندي وآخرون، ٢٠٢٠). ومع ذلك، يبرز اهتمام قطاع التعليم في لبنان المتزايد بالطاقة المتجددة من خلال العروض التعليمية التي يقدمها. إن بعض برامج الدراسات العليا لنظام الطاقة المتجددة جارية بالفعل أو يجري التخطيط لها في الجامعات اللبنانية (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي- سيدرو، ٢٠١٥). في العام ١٩٩٨، أضافت إصلاحات التعليم الدراسات البيئية من بين أمور أخرى إلى مناهجها وقدمت المزيد من البرامج في هذا المجال.

عندما أدخلت الطاقات المتجددة إلى السوق اللبنانية في بداية العقد الماضي، بدأ القطاع الخاص في إحداث طلب معين على المعرفة والخبرة. نتيجة لذلك، تم إنشاء بعض الجمعيات والشبكات الصناعية: الجمعية اللبنانية لتوفير الطاقة والبيئة (ALMEE) والجمعية اللبنانية للطاقة الشمسية (LSES) ومجلس المباني الخضراء في لبنان (LGBC). من خلال المشاريع الصناعية، تم إنشاء بعض مرافق الاختبار التي تشرك معهد البحوث الصناعية (IRI) وتطور المعايير الوطنية من خلال مؤسسة المقاييس والمواصفات اللبنانية (ليبنور) (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي- سيدرو، ٢٠١٥). زد على ذلك، تهدف إلى تقديم برامج تدريبية متخصصة في مجال الطاقات المتجددة.

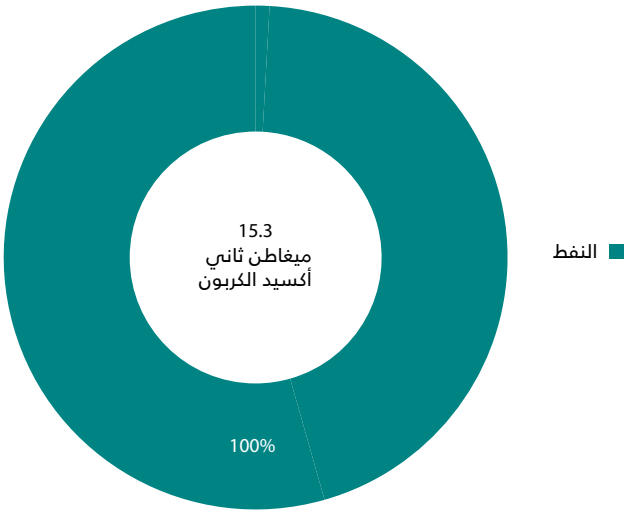
للخلاصة، فإن المجتمع اللبناني بشكل عام ليس على اطلاع كامل بعد بالقضايا البيئية والطاقات المتجددة، وهو مطلب أساسي للنجاح في تحول الطاقة. على الرغم من أن عددًا كبيرًا من المواطنين يلمسون تأثير تغير المناخ، إلا أن قلّة منهم يستخدمون مصادر الطاقة المتجددة حاليًا. يمكن للحملات والمشاريع الإيضاحية الإضافية أن تدعم استغلال الطاقات المتجددة على نطاق أوسع، وكفاءة الطاقة وتدابير الحفظ. علاوة على ذلك، تشير نتائج الاستبيان إلى أن عددًا كبيرًا من المشاركين على استعداد لاستخدام تكنولوجيات الطاقة المتجددة بشكل فعال في المستقبل عندما تكون متاحة، ولكن تكاليف رأس المال الأولية المرتفعة بشكل خاص تقف عائقًا أمام تحقيق ذلك. يوجد عامل آخر لاستغلال الطاقات المتجددة هو توافر الموظفين المؤهلين. وبالتالي، فإن إدخال البرامج التدريبية ذات الصلة لصانعي القرار والموظفين يمكن أن يدعم الاستغلال الأوسع للطاقات المتجددة. وعليه، فقد تم تأكيد تصنيف لبنان على أنه في بدايات المرحلة

الشكل ٤-١٠
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع (ميغاطن ثاني أكسيد الكربون) ، لبنان ٢٠٠٥-٢٠١٨



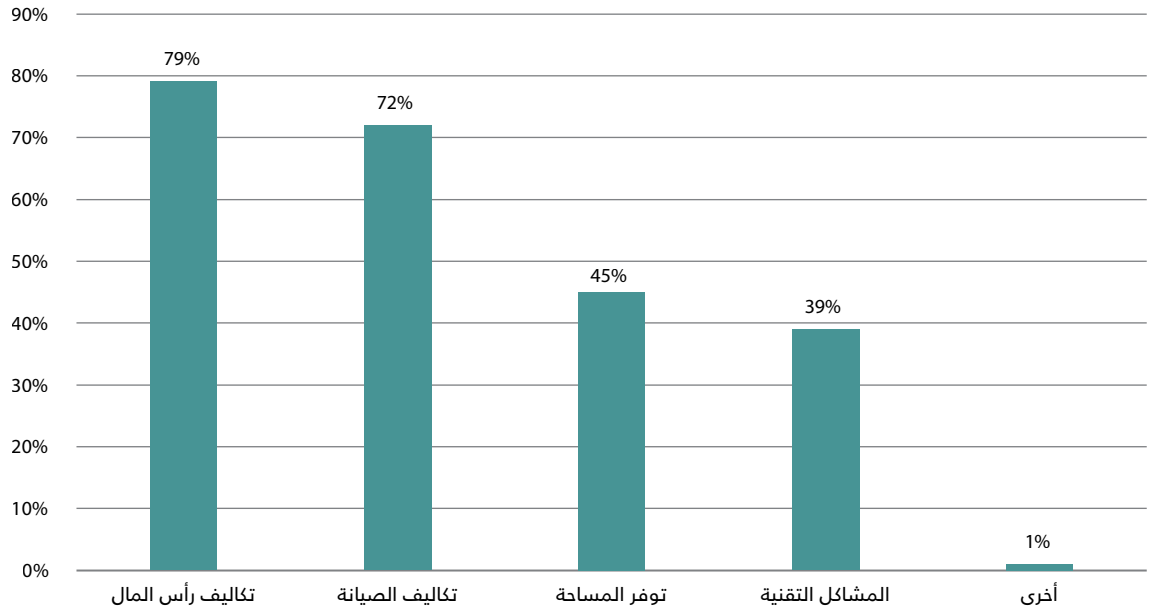
(المصدر: بيانات استنادًا إلى وكالة الطاقة الدولية (٢٠٢٠أ))

لشكل ٤-١١
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من توليد الكهرباء والحرارة حسب مصدر الطاقة (ميغاطن ثاني أكسيد الكربون)، لبنان ٢٠١٨

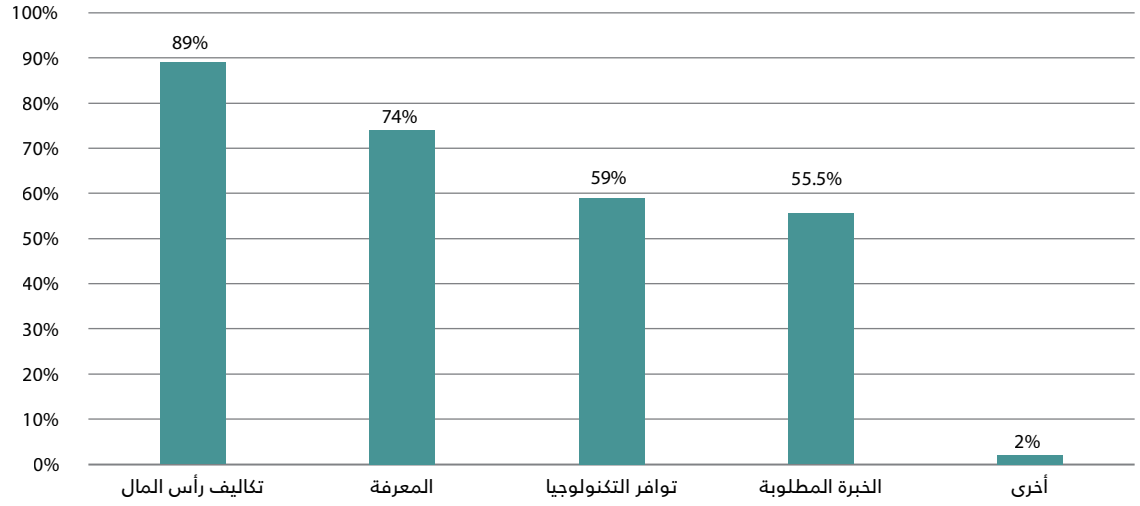


(المصدر: بيانات استنادًا إلى وكالة الطاقة الدولية (٢٠٢٠أ))

الشكل ٤-١٢
معوقات التحول إلى الطاقة المتجددة (نتائج الاستبيان)



الشكل ٤-١٣
معوقات تطبيق معايير كفاءة الطاقة (نتائج الاستبيان)



الأولى، وفقًا لنموذج مرحلة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، من حيث البعد المجتمعي.

ملخص التطورات على مستوى النظام والمنطقة

يعتبر أمن إمدادات الطاقة والكهرباء من الاهتمامات الرئيسية في لبنان. وعليه، ازداد اهتمام البلاد بتبني الطاقات المتجددة، لأنها نهج للحدّ من الاعتماد على الواردات وزيادة إنتاج الكهرباء. قد تكون المخاوف البيئية مجرد دافع ثانوي للتحول إلى الطاقات المتجددة. إلى جانب الطاقات المتجددة، يستكشف لبنان أيضًا خيارات استغلال حقول الغاز الطبيعي قبالة الساحل اللبناني. كما يتم استكشاف واردات الغاز الطبيعي أو محطات تخزين وتغويز الغاز الطبيعي العائمة (FSRUs). يمكن أن تعيق هذه التطورات التحول نحو نظام الطاقة المرتكز على مصادر الطاقة المتجددة. بالإضافة إلى ذلك، أثرت الأزمة الاقتصادية وجائحة كوفيد-١٩ بشدة على قطاع الطاقة على مستوى المنطقة، مما حدّ من القدرة والاستعداد للاستثمار في قطاع الطاقة المتجددة.

على مستوى النظام، يتأثر قطاع الكهرباء اللبناني بثلاثة تحديات رئيسية تؤثر على تحول الطاقة على المدى القصير على الأقل ولكن من المحتمل أيضًا على المدى الطويل:

١. الإدارة الضعيفة

٢. نقص الاستثمار في الإمدادات

٣. عدم الاستقرار المالي (البنك الدولي، ٢٠٢٠ب).

تحتكر مؤسسة كهرباء لبنان قطاع الكهرباء في لبنان. ويعوق أداءها بشكل قاطع التحديات في هياكلها الإدارية. نظرًا ألنها تعمل على أساس نظام حكم طائفي، فإن المهارات الملاءمة لرصد أداء المؤسسات غائبة. أدت الاستثمارات المحدودة في قدرات التوليد الجديدة إلى زيادة النقص في الإمدادات خلال السنوات الماضية. يحاول لبنان تلبية الطلب باستخدام بواخر الطاقة الكهربائية ومولدات الديزل الخاصة غير القانونية. بالمقارنة مع جميع دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، يعاني لبنان من أكبر فجوة بين تكلفة الكهرباء وتعريفات المستخدم النهائي، مما يؤدي إلى حدوث عجز مالي في القطاع. ينبع غياب الجدوى المالية بشكل خاص من تعرفة الكهرباء المنخفضة وغير المتغيرة والمدعومة ومن ارتفاع خسائر الشبكة ومشاكل تحصيل الفواتير.

إلى جانب ضعف أداء المؤسسة، تؤثر التحديات التنظيمية على تحول الطاقة على مستوى النظام. على الرغم من أن القانون ٢٠٠٢/٤٦٢ يسري على قطاع الكهرباء، إلا أنه يفشل في تفكيك القطاع. من دون إجماع سياسي والتأسيس الفعلي لهيئة تنظيم الكهرباء، يصعب تحقيق الإصلاح الناجح للقطاع.

في الخلاصة، يمكن تحديد عدة عوامل على مستوى النظام التي تعوق حاليًا تقدم لبنان في مسألة تحول الطاقة: إن الوضع الإقليمي والجيوسياسي المتوتر المؤدي إلى مشاكل خطيرة في أمن الطاقة وجائحة كوفيد-١٩ الحالية والهيكل المؤسسي يعيقون قدرة لبنان على المضي قدمًا في تحول الطاقة. ومع ذلك، مع إدخال خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة وخطة العمل الوطنية للطاقة المتجددة وآخر توقعات إيرينا لعام ٢٠٣٠ التي تشكّل مجتمعة خطة منهجية لاستغلال الطاقة المتجددة، أظهر لبنان الإرادة السياسية لزيادة استخدام الطاقة المتجددة. يمثل ذلك منعطفًا لتنويع نظام الطاقة. وفقا لذلك، يمكن تصنيف لبنان على أنه في بدايات المرحلة الأولى من النموذج المرحلي لتحول الطاقة. يلخص الجدول التالي (الجدول ٤-٤) مؤشرات مهمة في تحول الطاقة في لبنان ويقارنها عبر عدة سنوات.

٤،١،٢ تقييم الاتجاهات والتطورات على مستوى المجالات المتخصصة

تعتبر التطورات على مستوى المجالات المتخصصة خلال كل مرحلة ضرورية للوصول إلى المراحل اللاحقة من تحول الطاقة (انظر الجدول ٣-١). أحرز لبنان بالفعل بعض التقدم في بعض المجالات. ومع ذلك، يُظهر تقدمًا محدودًا للغاية في غالبية الأبعاد ذات الصلة التالية: الإمداد والطلب والبنية التحتية والأسواق/الاقتصاد والمجتمع.

■ الطاقة المتجددة

في حين وصلت قدرة مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية الصغيرة إلى ٧٨.٦٥ ميغاواط في العام ٢٠١٩ (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩)، لا يزال تطوير محطات الطاقة المتجددة على مستوى المرافق في مرحلته الأولى. حتى الآن، لم يتم اطلاق سوى عدد من المشاريع التجريبية خلال العقد الماضي. تجلّت المحاولة الأكثر تقدمًا في أول طلب ابداء اهتمام (EoI) بطاقة الرياح، والذي أطلقته وزارة الطاقة والمياه في العام ٢٠١٢ بعد قيام برنامج الأمم المتحدة الإنمائي من خلال مشروع سيدرو في العام ٢٠١١ بتطوير أطلس الرياح في لبنان (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي-مشروع سيدرو، ٢٠١١). استمرت عملية طرح العطاءات ومرحلة المفاوضات من عام ٢٠١٤ حتى عام ٢٠١٧. نتيجة لذلك، مُنحت ثلاث شركات تراخيص لتطوير ثلاث مزارع رياح في عكار شمال لبنان بقدرة إجمالية محتملة تبلغ ٢٢٦ ميغاواط (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩). ستنتج هذه المزارع الكهرباء وتبيعها إلى مؤسسة كهرباء لبنان بسعر ١٠٠٤٥ سنت/كيلوواط ساعة في السنوات الثلاث الأولى وبسعر ٩.٦ سنت/كيلوواط ساعة للأعوام السبعة عشر (١٧) المتبقية، وفقًا لاتفاقية شراء الطاقة الموقعة مع وزارة الطاقة والمياه ووزارة المالية بالنيابة عن مجلس الوزراء بموجب القانون ٢٠١٥/٥٤. على الرغم من تلقي الموافقات المالية من عدة مؤسسات تمويل دولية، لم يحرز المشروع أي تقدّم بعد وتمّ إيقافه بسبب الانكماش الاقتصادي وتعثر لبنان في سداد ديونه في آذار/مارس ٢٠٢٠.

على مستوى الطاقة الشمسية الكهروضوئية، أطلقت وزارة الطاقة والمياه في العام ٢٠١٧ طلبات ابداء الاهتمام لتركيب ١٢ مزرعة للطاقة الشمسية الكهروضوئية في أربع مناطق رئيسية (الشمال وعكار والجنوب والبقاع وجبل لبنان) بقدرات تتراوح بين ١٢ إلى ١٥ ميغاواط. أبدت مئتان وخمس وستون شركة اهتمامًا بالمشروع، وبعد مرحلة التقييم في العام ٢٠١٩، تأهلت ٢٨ شركة فقط للمرحلة النهائية. أظهر أدنى عطاء سعرا تنافسيا للغاية بلغ ٥.٧ سنت/كيلوواط ساعة في منطقة البقاع. ومع ذلك، توقفت العملية بسبب الأزمة الاقتصادية (وزارة الطاقة والمياه، ٢٠١٩). علاوة على ذلك، أطلق المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة ووزارة الطاقة والمياه طلب ابداء اهتمام في العام ٢٠١٨ لتركيب ثلاث مزارع كهروضوئية بقدرة ١٠٠ ميغاواط مع تخزين ٧٠ ميغاواط ساعة. وقد اعتُبر ذلك منعطفًا نحو تطوير قطاع الطاقة المتجددة، لكن هذا المشروع توقف أيضًا عند هذه المرحلة.

على مستوى الإدارة، لا يزال الإطار التنظيمي الوافي للطاقة المتجددة مفقودًا. ومع ذلك، يجري حاليًا إعداد مشروع قانون لتوليد الطاقة المتجددة الموزعة لتوفير أساس لإعداد مشاريع تعزز صافي القياس بجميع أشكاله، والتجارة عبر اتفاقيات شراء الطاقة المباشرة و/أو تأجير معدات الطاقة المتجددة. كل ما سبق ذكره سيكون ساري المفعول فور تصديق مجلس النواب عليه وإعلانه في الجريدة الرسمية. وبصورة مماثلة، يهدف مشروع قانون كفاءة الطاقة إلى تعزيز التغييرات السلوكية واستخدام أجهزة ومعدات أكثر كفاءة من خلال مجموعة من السياسات الاقتصادية والحوافز.

■ قطاع النقل

وفقا لإحصائيات وكالة الطاقة الدولية، شكل استهلاك لبنان من النفط في قطاع النقل في العام ٢٠١٨ أكثر من ٨٤٪ من إجمالي استهلاك النفط (وكالة الطاقة الدولية، ٢٠٢١). تقدر وزارة الداخلية والبلديات ما مجموعه ١.٥٨ مليون مركبة مسجلة في لبنان في العام ٢٠١٢ وعدد سكان يبلغ ٤،٤٢٥،٠٠٠. يتركز أربعون في المئة من سكان لبنان في منطقة بيروت الكبرى التي تتصف بمعدلات ازدحام مرتفعة خلال معظم النهار (حداد وآخرون، ٢٠١٥). يتجاهل لبنان حتى الآن دور قطاع النقل في تحقيق التزاماته بخفض انبعاثات غازات الدفيئة. وفقا لذلك، لم يكن هناك أي تطوير متخصص يذكر من حيث اقتران القطاع وكهربة قطاع النقل. هناك خياران رئيسيان للتخفيف في قطاع النقل في منطقة بيروت الكبرى، وهما نشر نظام نقل جماعي فعال واستبدال أسطول سيارات الركاب بسيارات كهربائية هجينة وموفرة للوقود. وفقا لدراسة أجرتها الجامعة اللبنانية الأمريكية (حداد وآخرون، ٢٠١٨)، تشتمل خيارات التخفيف الأكثر عملية في لبنان بين عامي ٢٠٢٠ و٢٠٤٠ على ٣ إجراءات: (١) زيادة حصة المركبات التقليدية ذات كفاءة في استهلاك الوقود (FEVs)، و(٢) زيادة حصة المركبات الكهربائية الهجينة (HEVs)، و(٣) زيادة حصة النقل الجماعي (منصور وحداد، ٢٠١٧). تدعو الدراسة إلى زيادة حصة المركبات التقليدية ذات كفاءة في استهلاك الوقود إلى ٣٥٪ لجميع المركبات في العام ٢٠٤٠، بالإضافة إلى إدخال المركبات الكهربائية الهجينة إلى السوق. وخلصت الدراسة إلى أنه إذا كانت جميع الخيارات تسير على قدم وساق، فسيؤدي ذلك إلى خفض انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة ٦٣٪ بحلول عام ٢٠٤٠، مقارنة بسنة الأساس ٢٠١٠.

الجدول ٤-٤
الاتجاهات والأهداف الحالية لتحوّل الطاقة

الفئة	المؤشر	٢٠٠٥	٢٠١٠	٢٠١٥	٢٠١٨	٢٠٢٠	٢٠٣٠	٢٠٥٠
انبعاثات الكربون (مقارنة بعام ١٩٩٠)	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي	٣٨٪–	٤٧٪–	٤١٪–	لا يوجد	لا يوجد	٢٠٪– (NDC)	–
	نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون	٥٥٪+	٨٥٪+	٩٠٪+	٨٥٪+	لا يوجد		–
الطاقة المتجددة	القدرة المركبة والمخطط لها (ميغاواط)	N/A	٢٨٢	٢٩٨	٣٢١	لا يوجد		–
	الحصة في استخدام الطاقة النهائي	٣٪	٢,٧٪	١,٤٪	١,٢٪ (٢٠١٧)	لا يوجد		–
	الحصة في مزيج الكهرباء (القائم والمخطط له)	٩٪	٥٪	٣٪	٢٪	لا يوجد		–
الكفاءة	إجمالي إمدادات الطاقة الأولية (TPES) (مقارنة بعام ١٩٩٠)	١٥٩,٥٪+	٢٢٩,٢٪+	٣٢٦,٢٪+	٣٣٩,٥٪+	لا يوجد	–	–
	كثافة الطاقة من الطاقة الأولية (مقارنة بعام ١٩٩٠)	١٠,٤٪+	٣,٣٪–	٦,٨٪+	لا يوجد	لا يوجد	–	–
	نصيب الفرد من إجمالي إمدادات الطاقة (TES) (مقارنة بعام ١٩٩٠)	٥٧,١٪+	٨٥,٧٪+	٨٥,٧٪+	٨٥,٧٪+	لا يوجد	–	–
	نصيب الفرد من استهلاك الكهرباء (مقارنة بعام ١٩٩٠)	٣٦٠٪+	٥٢٠٪+	٤٢٠٪+	لا يوجد	لا يوجد	–	–
المباني	استهلاك الكهرباء السكني النهائي (مقارنة بعام ٢٠٠٥)	٠٪	٣٤,٩٪+	٥٢٪+	٦٩,٥٪+	لا يوجد	–	–
النقل (مقارنة بعام ١٩٩٠)	إجمالي استهلاك الطاقة النهائي	١١٧,١٪+	١٧٠,٩٪+	٣٣٩,٦٪+	٣٢٨,٧٪+	لا يوجد	–	–
	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع النقل	١٠٠٪+	١٥٠٪+	٣٠٠٪+	٣٠٠٪+	لا يوجد	–	–
الصناعة	كثافة الكربون في استهلاك الصناعة (مقارنة بعام ١٩٩٠)	٢٨,٦٪–	٥٥٪–	٤٨,٨٪–	٥٢,٥٪–	لا يوجد	–	–
	القيمة المضافة (الحصة من الناتج المحلي الإجمالي مقارنة بعام ١٩٩١)	١٤,٧٪	١٣,٨٪	١٥,٧٪	١٤,٢٤٪	١٢,٧ (٢٠١٩)	–	–
أمن الإمدادات	واردات الغاز الطبيعي (تيرا جول/إجمالي)	لا يوجد	٩,٨٦٧	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	–	–
	واردات المنتجات النفطية (مقارنة بعام ١٩٩٠)	١٦٣,٧٪+	٢٢٦,٦٪+	٣٤٢,٩٪+	٣٦٢,١٪+	لا يوجد	–	–
	واردات الكهرباء (مقارنة بعام ٢٠٠٥)	N/A	١٧٤,٤٪+	٤١٪–	٩٧,٤٪–	لا يوجد	–	–
	الوصول إلى الكهرباء حسب نسبة السكان	٩٩,٦٪	٩٩,٨٪	١٠٠٪	١٠٠٪	لا يوجد	–	–
الاستثمار	استثمارات إزالة الكربون (مليون دولار أمريكي)	لا يوجد	١,٥٩	٣٥,١٣	لا يوجد	لا يوجد	–	–
الاقتصاد الاجتماعي	السكان (٢٠١٩)				٦,٨٥٥,٧١٣	–	–	
	النمو السكاني	٢,٧٪	٢,٨٪	٤,٢٪	٠,٥٪	لا يوجد	لا يوجد	–
	معدل التمدن	٨٨,٦٪	٨٧,٣٪	٨٨,١٪	٨٨,٤٪ (٢٠١٧)	لا يوجد	–	–
	نمو الناتج المحلي الإجمالي	٢,٦٪	٧,٩٪	٠,٢٪	١,٩٪–	٦,٧٪– (٢٠١٩)	–	–
	وظائف في الصناعات منخفضة الكربون	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	٢٢,٠٠٠ (٢٠١٩)	–	–
المياه	مستوى الإجهاد المائي (مقارنة بعام ٢٠٠٥)	٠٪	٣٥,٥٪+	٤٧,١٪+	٥٨,٧٪+	لا يوجد	–	–

(المصدر: استنادا إلى بيانات من بي بي (٢٠٢٠)؛ الفاو (٢٠٢٠)؛ الوكالة الدولية للطاقة (٢٠٢٠أ)؛ إيرينا (٢٠٢٠أ)؛ ستاتيستا (٢٠٢٠)؛ البنك الدولي (٢٠٢٠أ))

■ **الشبكة**

وفقًا للخبراء الذين تمت مقابلتهم، لا يزال نظام الطاقة في لبنان في مرحلة التوسع. قبل الأزمات في مصر وسوريا (٢٠١١)، كانت هناك خطة لزيادة قدرة التحول عبر إضافة محول في محطة التحويل الفرعية كسارة ٤٠٠/٢٢٠ كيلو فولت (٣٠٠ ميغاواط). تضمنت الخطة أيضًا بناء خط ثان بقدرة ٤٠٠ كيلوفولط في سوريا لربط الخط الثاني غير المستخدم في لبنان على هذا المستوى من الجهد (يوجد حاليا خط واحد فقط)، وبالتالي زيادة إمكانيات الربط البيني. مع الأسف، لا تزال هذه الخطة معلقة بسبب النزاعات في المنطقة. تتولى مؤسسة كهرباء لبنان مهمة استقرار النظام عبر المركز الوطني للتحكم بالشبكة الكهربائية اللبنانية (LENCC)، باستخدام أدوات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات عالية الجودة. مع الأسف، تم تدمير المركز الوطني للتحكم بالشبكة الكهربائية اللبنانية خلال انفجار بيروت في ٤ آب/أغسطس ٢٠٢٠.

٤,١,٣ الخطوات اللازمة لإنجاز المرحلة التالية

الوقود الأحفوري هو المصدر الرئيسي للطاقة في لبنان. لا تزال الطاقات المتجددة التي يبلغ إجمالي قدرتها المركبة أقل من ٣٥٠ ميغاواط تلعب دورا ثانويا جدا في نظام الطاقة. لقد أثرت تحديات الاقتصاد السياسي العميقة الجذور بشكل كبير على الطلب والعرض على الطاقة والكهرباء على مدى السنوات الماضية (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي-سيدرو، ٢٠١١). إن جهود إصلاح قطاع الكهرباء موجودة بشكل أساسي على الورق من دون أن يتم تنفيذها. استنادًا إلى النموذج المرحلي المطبق على الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، يمكن تصنيف تحول نظام الطاقة اللبناني على أنه في بدايات المرحلة الأولى. على الرغم من أن بعض جوانب المرحلة الانتقالية الأولى قد بدأت بالتطور، إلا أن حصة الطاقة المتجددة لا تذكر، وأي تطوير إضافي للطاقات المتجددة تعوقه حاليًا الأزمة الاقتصادية وجائحة كوفيد-١٩.

يواجه قطاع الكهرباء في لبنان ثلاثة تحديات رئيسية: إمدادات طاقة غير موثوقة ونظام دعم مشوه واستقرار مالي ضعيف على مستوى المرافق. على الرغم من الأزمة الاقتصادية في لبنان، ازداد الطلب على الطاقة الأولية نتيجة لتسريعها بشكل مطرد بسبب تدفق اللاجئين السوريين الهائل، من بين عوامل أخرى. لم يتمّ توسيع قدرة التوليد بنفس وتيرة ذروة الطلب على الطاقة، مما أدى إلى إمداد غير موثوق بالكهرباء مع انقطاع يومي للكهرباء. نتيجة لذلك، ازدادت الاستثمارات في مولدات الديزل مما جعل قطاع الكهرباء اللبناني أكثر اعتمادًا على واردات الوقود الأحفوري. شهد الأداء المالي لمؤسسة كهرباء لبنان مزيدًا من التراجع المطرد بسبب السرقة والخسائر الفنية العالية واتساع الفجوة بين التكاليف والتعريفات. لتحسين الوضع وتقديم فرص للاستثمار في الطاقات المتجددة، تحتاج الحكومة إلى وضع خطة عمل واضحة لإصلاح هيكل التعرفة بطريقة تحمي الفقراء (البنك الدولي، ٢٠٢٠ب).

سيرتكز التحول الناجح إلى سوق طاقة أكثر انفتاحًا وتنافسية يدعم انطلاق قطاع الطاقة المتجددة على إطار مؤسسي وتنظيمي قوي. على الرغم من الرؤى والخطط الحاضرة والقانون ٢٠٠٢/٤٦٢، لا تزال التحديات الهيكلية قائمة لأن هذه الآليات لم تأخذ الواقع اللبناني في الاعتبار. وفقًا للخبراء الذين تمت مقابلتهم، فإن جهود تنظيم السوق مدفوعة عمومًا من المجتمع الدولي وتفتقر إلى دعم السياسيين المحليين للمضي قدمًا. إن الهيكل المؤسسي، الذي تم تشكيله حول سوق الطاقة الاحتكاري والخاضع للسيطرة العامة إجمالا، لا يعيق مشاركة القطاع الخاص فحسب بل هو السبب أيضًا في سوء إدارة أداء القطاع بأكمله. يجب تنفيذ أنظمة صارمة لتحسين جودة ودرجة مشاركة القطاع الخاص. وتكمن الخطوة الأولى في الإنشاء الفعلي لهيئة تنظيم الكهرباء مستقلة. علاوة على ذلك، يجب تحديد أدوار ومسؤوليات المؤسسات. ومع ذلك، هناك حاجة أيضًا إلى إصلاحات هيكلية أوسع لوضع لبنان على مسار أكثر تكاملاً واستدامة. وهذا يستلزم إجراءات ملموسة والتزاماً سياسياً. على سبيل المثال، هناك حاجة إلى رؤية طويلة الأجل لقطاع الطاقة مع خارطة طريق واضحة تتضمن أهدافًا محددة كميا للقطاع. في هذا الإطار، يجب على لبنان تحديث خطة الكهرباء اعتبارًا من عام ٢٠١٩ والالتزام بقفزة نوعية نحو التحول إلى الطاقة الخضراء (كلّنا إرادة وآخرون، ٢٠٢٠).

يتطلب التحول إلى نظام طاقة أكثر مرونة أيضًا تنويع إمدادات الطاقة وإدارة الطلب على الطاقة. تقدّم الطاقة المتجددة فرصة للبنان لمواجهة التحديات المذكورة أعلاه. مع إطلاق توقعات إيرينا لعام ٢٠٣٠، أعربت الحكومة اللبنانية عن اهتمامها ودافعها لزيادة حصة الطاقات المتجددة رسميًا في مزيج الطاقة في البلاد إلى ٣٠٪ بحلول عام ٢٠٣٠. إن إنتاج كمية كبيرة من الطاقة المتجددة يمكن أن تقلل من الاعتماد على الاستيراد والبصمة الكربونية في إنتاج الطاقة في نفس الوقت. كما أن استغلال مصادر الطاقة المتجددة المحلية سيقلل من تأثر لبنان بأسعار النفط العالمية ويخفف العبء على الموازنة العامة. يجب اعتبار توليد الطاقة اللامركزية خيارًا لزيادة إمكانية الاعتماد على الإمداد ومشاركة القطاع الخاص. يجب أيضًا البحث في اعتبار ملكية المجتمع (للأحياء والأسر) كخيار (إسلامي وآخرون، ٢٠٢١). ولهذه الغاية، يجب تطوير نماذج أعمال مناسبة لأنظمة الطاقة المتجددة الصغيرة الحجم واللامركزية مثل عقود النظير للنظير. وبالتالي، يُنصح بوضع القوانين المطورة حول توليد الطاقة المتجددة الموزعة وكفاءة الطاقة موضع التنفيذ.

يحظى كل من توسيع قدرة النقل وإعادة تأهيلها بنفس القدر من الأهمية لمواكبة الطلب المتزايد وتقلّب العرض من مصادر الطاقة المتجددة في المستقبل. هناك عدة عوامل، بما في ذلك الخسائر الفنية وغير الفنية، مسؤولة عن شبكة النقل غير الموثوقة. كلما زادت حصة الطاقة المتجددة من مزيج الكهرباء، كلما أصبحت شبكة النقل غير مستقرة. وفقًا لخبراء الشبكة الذين تمت مقابلتهم، تم تطوير شبكة التوزيع بشكل مكثف في السنوات الماضية، مما أدى إلى سد فجوة كبيرة بين الطلب على الحمل وقدرة الشبكة. ومع ذلك، لا تزال الشبكة غير زائدة عن الحاجة لضخ كميات كبيرة إضافية من الطاقة وتتطلب مزيدًا من التطوير لتحقيق الاستقرار. بينما تقع مراكز التحميل الرئيسية في المنطقة الساحلية، يتم توفير إمكانات عالية من الطاقة المتجددة في لبنان في المناطق الداخلية من البلاد وفي الشمال وفي منطقة البقاع. يعتبر ربط المناطق الداخلية الشرقية بالساحل عبر شبكة قادرة عالية الجهد شرطًا مسبقًا لتطوير الطاقات المتجددة على نطاق واسع، والتي يمكنها نقل الكهرباء إلى مراكز الطلب. لذلك، هناك حاجة إلى استثمارات عالية في قدرة النقل في المستقبل لضمان إرسال الكهرباء مع تأمين استقرار الشبكة. يجب أن يشمل ذلك تطوير الشبكة الذكية للتحضير لكمية أكبر من الكهرباء المتجددة المتغيرة وزيادة حصص التنقل الكهربائي.

هناك حاجة إلى توعية المواطنين من أجل الانتقال بشكل مستدام إلى مشاركة ديمقراطية وعادلة في تحول الطاقة. يعدّ الترويج لتكنولوجيا الطاقة المتجددة من خلال حملات التوعية أمرًا أساسيا لتطوير الطاقات المتجددة. تعتبر وسائل التواصل الاجتماعي ومراكز الأنباء ضرورية لتوعية الناس حول الموضوعات البيئية. تعتبر العوامل الاجتماعية والثقافية مهمة للنشر الناجح للتكنولوجيات في السياق المحلي ويجب أيضًا أخذها في الاعتبار في السياق اللبناني (إسلامي وآخرون، ٢٠٢١). لا يقلّ التعليم والتدريب أهمية بالنسبة للمركبين والمهندسين والمصرفيين والمطورين وصناع القرار. من الضروري تقديم برامج تدريب مناسبة للموظفين في قطاع الطاقات المتجددة من أجل تحسين

تنفيذ المشروع وتقييم المخاطر والإلمام بمشاريع الطاقة المتجددة.

يمكن أن يساهم استغلال الطاقة المتجددة بشكل كبير في زيادة أمن الطاقة في لبنان، وهو المسألة الأكثر إلحاحًا في قطاع الكهرباء في لبنان. من أجل الانتقال إلى نظام طاقة قائم على الطاقات المتجددة، تحتاج البلاد إلى أن تكون فعالة في الكثير من المجالات المختلفة. يجب على البلاد تنفيذ الأنظمة والتركيز على تطوير السوق والاستثمار في تعديل الشبكة واعتماد تدابير كفاءة الطاقة، وكلها غير متوفرة حاليًا.

.

٤,٢ التوقعات للمراحل التالية من عملية التحول

يقدم التحليل المنجز أدلة وافرة حول تطوير لبنان لأطر وآليات معينة لدعم استغلال الطاقات المتجددة، لكنه يفشل في تنفيذها بشكل كامل. على الرغم من الأهداف الوطنية الاستراتيجية المشجعة والطموحة، فقد أظهر تحول الطاقة زخمًا منخفضًا لأسباب متعددة متجذرة بعمق في العوائق السياسية والاقتصادية. إن صراعات قطاع الطاقة في لبنان هي نتيجة التقاعس الأساسي للسياسات الذي يسود على مدى عقود. تكمن العوائق التي تحول دون حل أزمة الكهرباء بشكل أساسي في طبيعة الحوكمة، حيث يبدو أن جميع القرارات التي يتخذها صانعو السياسات المتعلقة بقطاع الطاقة مدفوعة بدوافع سياسية على عكس المصالح الوطنية. يتطلب بناء رؤية مستقبلية طويلة الأجل للطاقة فهماً لطبيعة هذه التحديات الهيكلية والترابط بينها. إن أمن الطاقة واستقرار الكهرباء هما في الواقع من شؤون لبنان الأساسية. يحظى اعتماد الطاقة المتجددة بالقدرة على مكافحة هذه المشاكل. وبالتالي، يحتاج كل من صانعي السياسات والمواطنين إلى فهم الفوائد التي يمكن أن تقدمها الطاقات المتجددة. يجب أن يدركوا كيف أن تخفيضات التكلفة العالمية تجعل من هذه التكنولوجيا بديلاً مثيرًا للاهتمام لاستكشافات الغاز الطبيعي إلى جانب توليد الطاقة بالديزل.

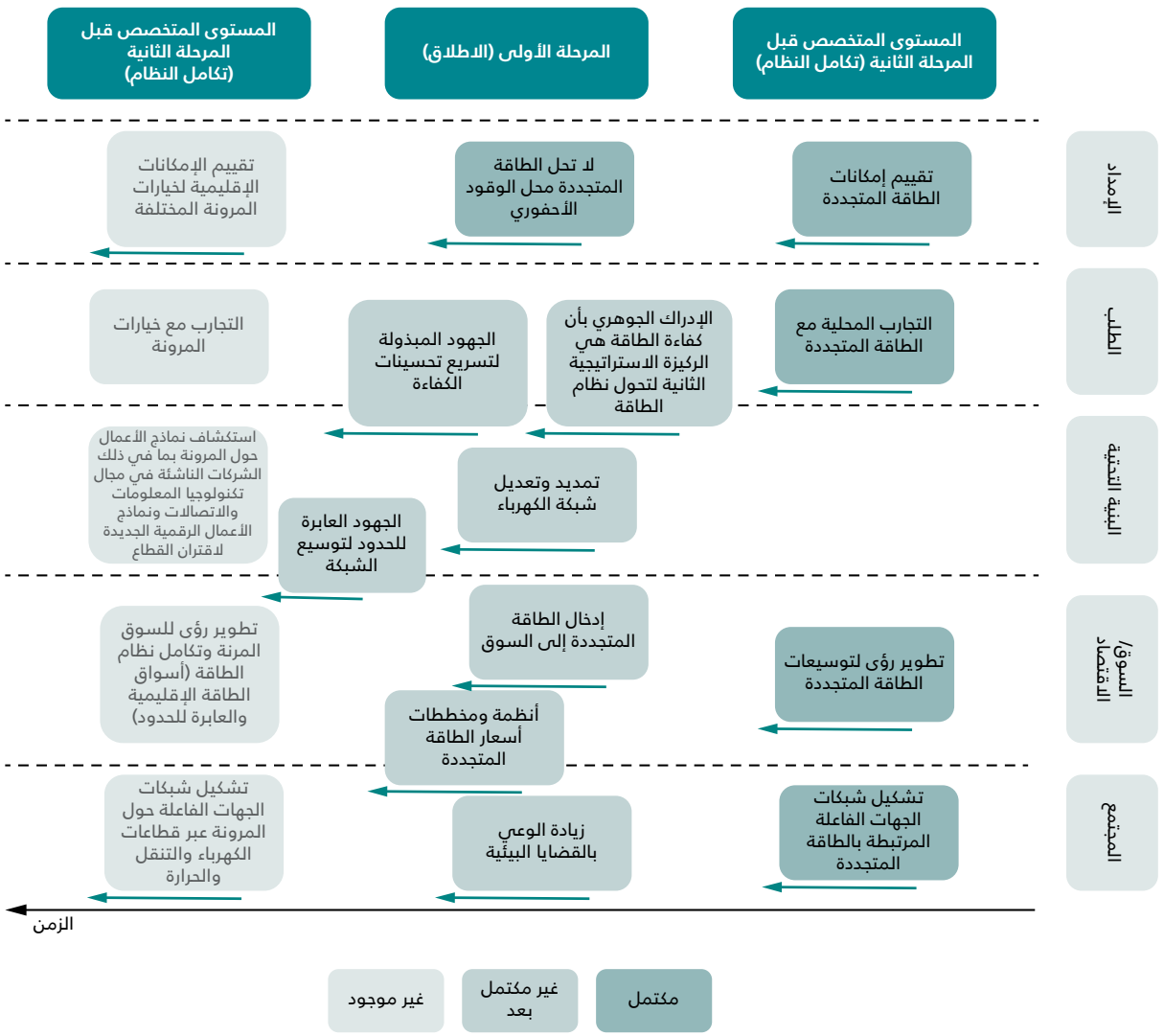
في حين أن الحاجة إلى تأمين إمدادات الطاقة الوطنية يمكن أن تصبح محركًا رئيسيًا لنشر أوسع للطاقات المتجددة، لا تعتبر العوامل البيئية حاليًا من الدوافع الأساسية لتحوّل الطاقة في لبنان. ومع ذلك، قد يتغير ذلك على المدى الطويل، إذ سيتأثر لبنان بالعواقب المتزايدة لتغير المناخ. بدلاً من الاعتماد على الاكتشافات البحرية المحتملة، يجب التركيز على خطط محدثة وفعالة من حيث التكلفة. ستؤثر الجهود العالمية لإزالة الكربون على المدى الطويل على لبنان أيضًا. لذلك، يحمل التحول في الوقت المناسب لإنتاج الوقود من مصادر الطاقة المتجددة القدرة على تقديم فرص اقتصادية جديدة. بالإضافة إلى ذلك، فإن اعتماد التكنولوجيات السليمة بيئيًا يحول دون التأثيرات التكنولوجية المحصورة والاستثمارات العالقة. على الرغم من أنه سيكون من الصعب التغلب على الحواجز السياسية والمؤسسية، إلا أن التحول إلى الطاقة المتجددة يمكن أن يحمل معه التأثيرات الإيجابية التالية على الاقتصاد والبيئة: خلق فرص العمل مع سلسلة قيمة الطاقة، والحد من تلوث الهواء والبيئة، وبالتالي الحدّ من المخاطر الصحية، وزيادة مستويات أمن الطاقة التي تعد شرطًا أساسيًا للنمو الاقتصادي (إيرينا وإسكوا، ٢٠١٨).

هناك عدة خطوات أساسية لدفع عملية التحول نحو الطاقات المتجددة. أولاً، يجب إنشاء المؤسسات والهياكل المناسبة ذات الأدوار الواضحة. من الأهمية بمكان في الحالة اللبنانية، أن تعمل المؤسسات بشكل مستقل وتتمتع بسلطة اتخاذ القرار المستقل.

بالإضافة إلى ذلك، يعد البحث والتطوير ضروريًا لإنشاء سلاسل القيمة المحلية. يجب ربط تدابير خطط التطوير بأطر زمنية محددة ومنعطفات فعلية. علاوة على ذلك، يمكن أن يؤدي إدخال أدوات وقنوات تشاركية أفضل في عملية تحول الطاقة إلى تعزيز القبول والمساهمة في ديناميكيات الطاقة العادلة وسياسات الطاقة.

في ظل هذه الخلفية، تبرز الحاجة إلى نهج طويل الأجل ومتكامل يأخذ في الاعتبار نظام الطاقة بأكمله ويعتمد على فوائد التحول نحو نظام طاقة قائم على الطاقات المتجددة بالكامل. يجب أن يدرك صانعو السياسات أن التبني المبكر لأنظمة الطاقة المتجددة يمكن أن يؤدي إلى فوائد متعددة على المدى القصير (عن طريق زيادة أمن الإمداد) وعلى المدى الطويل (كفرصة للتنمية الاقتصادية). يلخص الشكل ٤-١٤ وضع لبنان في تحول نظام الطاقة ويقدم التوقعات للخطوات المستقبلية التي يتعين اتخاذها.

الشكل ٤-١٤
لمحة عامة عن وضع لبنان في النموذج الانتقالي لنظام الطاقة



٥

الاستنتاجات والتوقعات

يعدّ الفهم الواضح والرؤية المنظمة من المتطلبات الأساسية لتعزيز وتوجيه التحول نحو نظام طاقة قائم بالكامل على الطاقات المتجددة. تم تعديل النموذج المرحلي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ليتوافق مع حالة لبنان من أجل توفير المعلومات لدعم تحول نظام الطاقة نحو الاستدامة. إن النموذج الذي بني على الحالة الألمانية وتم استكماله برؤى حول حوكمة التحول قد تم موافقته لالتقاط الاختلافات بين الافتراضات الضمنية العامة وخصائص منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا والحالة اللبنانية المحددة.

تم تطبيق النموذج، الذي يتضمن أربع مراحل («اطلاق الطاقة المتجددة» و»تكامل النظام» و»الطاقة المحولة إلى وقود/غاز (PtF/G)» و»نحو مصادر طاقة متجددة بنسبة ١٠٠٪»)، لتحليل وتحديد موقع لبنان من حيث تحول الطاقة نحو الطاقات المتجددة. يوفر تطبيق النموذج أيضًا خريطة طريق توضح بالتفصيل الخطوات اللازمة للمضي قدمًا في هذا المسار. تتمثل الدوافع لتحول لبنان إلى نظام الطاقة المستدامة أولا في الحاجة إلى تأمين إمدادات كهرباء موثوقة وبأسعار معقولة، فضلاً عن الحاجة إلى خلق فرص للتنمية الاقتصادية. يقع قطاع الطاقة في لبنان في منطقة غير مستقرة ويتأثر بالنزاعات المجاورة، سيما أن لبنان يعتمد بشكل كبير على النفط المستورد. تعاني البلاد في الوقت نفسه من ديون مرتفعة وانخفاض سيولة النقد الأجنبي. وبالتالي، من الضروري أن تستكشف البلاد بدائل في شكل طاقة متجددة محلية (كلنا إرادة وآخرون، ٢٠٢٠). تحقيقا لهذه الغاية، يجب على الحكومة أن تضع استراتيجية طويلة الأجل لمستقبل قطاع الطاقة تركز على إزالة الكربون وتدعم نمو الطاقة المتجددة.

للمضي قدمًا في هذا الاتجاه، يجب أن «تنطلق» الطاقات المتجددة وتصبح جزءًا لا يتجزأ من نظام الطاقة اللبناني. وهذا يتطلب دعم وتنفيذ الأنظمة، بدءًا من تعديلات التعريفات والمراجعات الضريبية اتوسيعات الشبكة وتعزيزها. قد تؤدي زيادة التعريفات وخفض دعم الكهرباء إلى تشجيع الاستثمارات العامة والخاصة في مشاريع الطاقة المتجددة والسماح بانتشار الطاقات المتجددة من خلال النشر على نطاق صغير ومتوسط (آيات وآخرون، ٢٠٢١). إن وجود إطار مؤسسي سليم لتحفيز التنويع، إلى جانب المزيد من الشفافية، سيزيد من الكفاءة. سيؤدي ذلك في الوقت نفسه إلى زيادة الوعي بين أصحاب المصلحة والسكان.

بينما لا يزال التحول إلى الطاقات المتجددة في بداياته في لبنان، يُنصح البلد بالاستثمار في نظام طاقة أكثر استدامة يعود بالنفع على مواطنيه والاقتصاد ككل على المدى القصير والمدى الطويل. يعتبر اتباع هذا المسار أفضل من الاستمرار في الاعتماد على هياكل إمداد الطاقة القائمة على الوقود الأحفوري. يجب أن تحفز نتائج التحليل وتدعم، إلى جانب النموذج المرحلي الانتقالي نحو ١٠٠٪ من الطاقات المتجددة، النقاش حول نظام الطاقة المستقبلي في لبنان من خلال توفير رؤية إرشادية شاملة لتحول الطاقة وتطوير استراتيجيات السياسات المناسبة.

قائمة المراجع

أحمد، أ.، مكولوش، ن.، المصري، م.، وأيوب، م. (٢٠٢٠). من الفساد الوظيفي إلى فساد الاختلال الوظيفي: سياسات الإصلاح في قطاع الكهرباء في لبنان. مدرسة الدراسات الشرقية والأفريقية.

Ahmad, A., McCulloch, N., Al-Masri, M., & Ayoub, M. (2020). From dysfunctional to functional corruption: The politics of reform in Lebanon's electricity sector. SOAS. https://ace.soas.ac.uk/wp-content/uploads/2020/12/ACE-WorkingPaper030-DysfunctionalToFunctional-201214.pdf

بنك عودة. (٢٠٢١). العجز المالي لمؤسسة كهرباء لبنان بين عامي ١٩٩٢ و ٢٠٢٠.

Audi Bank. (2021). Electricité Du Liban (EDL) fiscal deficit between 1992 and 2020.

آيات، سي، حياتيان، ل.، عبيد، ج.، أيوب، م. (٢٠٢١). إبقاء الأنوار مضاءة: خطة عمل قصيرة الأجل لقطاع الكهرباء في لبنان. الجامعة الأميركية في بيروت، كونراد أديناور شتيفتونغ، معهد إدارة الموارد الطبيعية.

Ayat, C., Haytayan, L., Obeid, J., & Ayoub, M. (2021). Keeping the lights on: A short-term action plan for Lebanon's electricity sector. AUB, KAS, NRGI. https://www.aub.edu.lb/ifi/Documents/publications/Other%20Publications/202103/2022-2021_Keeping_the_Lights_on_paper.pdf

أيوب، م، وبستاني، (٢٠١٩). إمكانية كسب الأموال من محطة طاقة شمسية شاملة في الطفيل-لبنان (موجز السياسة رقم ٢٠١٩/٥). الجامعة الأميركية في بيروت.

Ayoub, M., & Boustany, I. (2019). Bankability of a large-scale solar power plant in Tfail-Lebanon (Policy Brief Nr. 2019/5). AUB. https://static1.squarespace.com/static/5d80f7c51d0ebc135e8dfd66/t/5e1f2f98c7a87d3abb62ab6b/1579102106738/Bankability+Large+Scale+Solar+Power+Plant+Tfail+Lebanon.pdf

أيوب، م.ج.، عاصي، إ، حمود، ع، وعاصي، ع (٢٠١٣). الطاقة المتجددة في لبنان الحالة والمشاكل والحلول. المؤتمر الدولي للإلكترونيات الدقيقة.

Ayoub, M.H., Assi, I., Hammoud, A., & Assi, A. (2013). Renewable energy in Lebanon Status, problems and solutions. International Conference on Microelectronics. https://doi.org/10.1109/ICM.2013.6734950

عازار، غ. (١ نيسان/أبريل ٢٠٢١). انقطاع التيار الكهربائي قد يصل إلى ١٦-٢٢ ساعة يوميّا خلال عطلة عيد الفصح بعد إغلاق محطة رئيسية ثانية لتوليد الكهرباء. لوريون لوجور.

Azar, G. (2021, April 1). Blackouts could reach 22–16 hours per day over the Easter weekend after a second major power plant shuts down. L'Orient Today. https://today.lorientlejour.com/article/1257343/blackouts-could-reach-up-to-22-16-hours-per-day-over-the-easter-weekend-after-a-second-major-power-plant-shuts-down-an-edl-source-says.html

برجاوي، ع. ح.، نجم، س.، فاعور، غ، عبد الله، ش.، وأحمد، أ. (٢٠١٧). تقييم إمكانات الطاقة الشمسية الكهروضوئية في لبنان. معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية، الجامعة الأمريكية في بيروت.

Berjawi, A. H., Najem, S., Faour, G., Abdallah, C., & Ahmad, A. (2017). Assessing solar PV's potential in Lebanon. Issam Fares Institute for Public Policy and International Affairs, American University of Beirut. https://www.aub.edu.lb/ifi/Documents/publications/working_papers/20170808/2017-2016_solar_pvs.pdf

بريتش بتروليوم «بي بي» (٢٠١٨). توقعات الطاقة من «بي بي» - طبعة ٢٠١٨.

BP. (2018). BP energy outlook – 2018 edition. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook2018-.pdf

بريتش بتروليوم «بي بي» (٢٠١٩). توقعات الطاقة من «بي بي» - طبعة ٢٠١٩.

BP. (2019). BP energy outlook – 2019 edition. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook2019-.pdf

ببريتش بتروليوم «بي بي» (٢٠٢٠). المراجعة الإحصائية للطاقة العالمية ٢٠٢٠ - الطبعة ٦٩.

BP. (2020). Statistical review of world energy 69 – 2020th edition.

المحافظة للطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية (CEREFE) (٢٠٢٠). الانتقال الطاقوي في الجزائر.

CEREFE. (2020). Transition Energétique en Algérie.

داغر، ل.، وروبل، إ. (٢٠١١). نمذجة قطاع الكهرباء في لبنان: سيناريوهات بديلة وانعكاساتها. الطاقة، ٣٦(٧)، ٤٣١٥-٤٣٢٦.

Dagher, L., & Ruble, I. (2011). Modeling Lebanon's electricity sector: Alternative scenarios and their implications. Energy, 36(7), 4315–4326. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.04.010

البنك الأوروبي لإعادة البناء والتنمية (EBRD) (٢٠١٩). إدخال نظام الطاقة المستدامة الموزعة للجمهورية اللبنانية: تحديث تقرير الخلفية التقنية ١.

EBRD. (2019). Introducing distributed sustainable energy regulation for the republic of Lebanon: Background technical report update 1.

الجندي، ر.، بوود، م.، والشريف، م. (٢٠٢٠). رسم خرائط المناطق المحتملة لسوق كفاءة الطاقة ومصادر الطاقة المتجددة مع تأثير أكبر على الاقتصاد المحلي وخلق فرص العمل - تونس ومصر ولبنان. ميدينير، المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.

Elguindy, R., Bououd, M., & Elsharief, M. (2020). Mapping EE and RES market potential areas with higher impact on local economy and job creation – Tunesia, Egypt and Lebanon. Medener, RCREEE. https://meetmed.org/wp-content/uploads/04 /2020/v15 _3_A32_Impact-Map-Eco-and-Job_FINAL.pdf

المصطفى، ه.، هوبي، ت.، وبريسرس، ه. (٢٠١٨). فهم وجهات نظر أصحاب المصلحة وتأثير البعد الاجتماعي والثقافي على اعتماد تكنولوجيا الطاقة الشمسية في لبنان. الاستدامة، ١٠(٢)، ٣٦٤.

Elmustapha, H., Hoppe, T., & Bressers, H. (2018). Understanding stakeholders' views and the influence of the socio-cultural dimension on the adoption of solar energy technology in Lebanon. Sustainability, 10(2), 364. https://doi.org/10.3390/su10020364

إنرجي داتا. (٢٠١٧). مجموعات البيانات - ENERGYDATA.INFO. https://energydata.info/dataset

Energydata. (2017). Datasets – ENERGYDATA.INFO. https://energydata.info/dataset

إسلامي، ح.، نجم، س.، غانم، د. أ.، وأحمد أ. (٢٠٢١). إمكانات الطاقة الشمسية الموزعة في المناطق الحضرية في الاقتصادات التي تمر بمرحلة انتقالية: حالة مدينة بيروت. مجلة إدارة البيئة، ٢٨٥، ١١٢١٢١.

Eslami, H., Najem, S., Ghanem, D. A., & Ahmad, A. (2021). The potential of urban distributed solar energy in transition economies: The case of Beirut city. Journal of Environmental Management, 285, 112121. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112121

برنامج المساعدة في إدارة قطاع الطاقة (٢٠١٣). الشرق الأوسط وشمال أفريقيا - تكامل شبكات الكهرباء في الوطن العربي.

ESMAP. (2013). Middle East and North Africa – Integration of electricity networks in the Arab World.

المفوضية الاوروبية. (٢٠٢٠). استراتيجية الهيدروجين من أجل أوروبا محايدة مناخيا.

European Commission. (2020). A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwji2rLrttjvAhVmgv0HHZ7wBCsQFjABegQIBxAD&url=https3%A2%F2%Fec.europa.eu2%Fcommission2%Fpresscorner2%Fapi2%Ffiles2%Fattachment2%F2%865942FEU_Hydrogen_Strategy.pdf.pdf&usg=AOvVaw0C2qrWCJBh6z9arLPPwMjw

المديرية العامة للطاقة التابعة للمفوضية الأوروبية. (٢.١٩). مبدأ كفاءة الطاقة الأول. الجلسة العامة الخامسة لاتخاذ اجراءات منسقة لتوجيه كفاءة الطاقة، زغرب.

European Commission DG Energy. (2019). Energy efficiency first principle. 5th Plenary Meeting Concerted Action for the EED, Zagreb.

فاخوري، ر.، والأشقر، ر. (٢.٢٠). كفاءة الطاقة الوطنية وأداء الطاقة المتجددة في لبنان. In P. Bertoldi (Ed.)، تحسين كفاءة الطاقة في المباني التجارية والمجتمعات الذكية (ص ٣٣ - ٤٣). سبرينغر الدولية للنشر.

Fakhoury, R., & Al Achkar, R. (2020). National energy efficiency and renewable energy action for Lebanon. In P. Bertoldi (Ed.), Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings and Smart Communities (pp. 43 – 33). Springer International Publishing. https://doi.org/3_0-31459-030-3-978/10.1007

الفاو (٢.٢٠). ٦.٤.٢ الإجهاد المائي | أهداف التنمية المستدامة.

FAO. (6.4.2 .(2020 Water stress | Sustainable Development Goals. http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/642/en/

فردون، ف.، إبراهيم، و.، يونس، ر.، ولوهليا جوالوس، هـ. (٢.١٢). كهرباء لبنان: المشاكل والتوصيات. بروسيديا الطاقة، ١٩، ٣١٠ - ٣٢٠.

Fardoun, F., Ibrahim, O., Younes, R., & Louahlia-Gualous, H. (2012). Electricity of Lebanon: Problems and recommendations. Energy Procedia, – 310 ,19 320. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.211

فرحات، و. (٢.١٩). تقرير حالة الطاقة الشمسية الكهروضوئية لعام ٢.١٨ في لبنان. المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة.

Farhat, W. (2019). The 2018 solar PV status report for Lebanon. LCEC. https://beirutenergyforum.com/files2019/The20%202018%Solar20%PV20%Status20%Report20%for20%Lebanon.pdf

فيشيدك، م.، هولتز، غ.، فينك، ت.، عمروني، س.، وويهنجر، ف. (٢.٢٠). النموذج المرحلي للتحول المنخفض الكربون لأنظمة الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. تحولات الطاقة، ٤، ١٢٧-١٣٩.

Fischedick, M., Holtz, G., Fink, T., Amroune, S., & Wehinger, F. (2020). A phase model for the low-carbon transformation of energy systems in the MENA region. Energy Transitions, 139-127 ,4. https://doi.org/10.1007/s-00027-020-41825w

فيشيدك، م.، صمدي، س.، هوفمان، س.، هينينج، هـ- م، بريجر، ت.، ليبريتش، ي.، وشميدت، م. (٢.١٤). مراحل تحول نظام الطاقة (جمعية أبحاث الطاقة المتجددة - مواضيع). جمعية أبحاث الطاقة المتجددة.

Fischedick, M., Samadi, S., Hoffmann, C., Henning, H.-M., Pregger, T., Leprich, U., & Schmidt, M. (2014). Phasen der Energisystemtransformation (FVEE – Themen). FVEE. https://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Themenhefte/th2014/th01_03_2014.pdf

جيلز، ف. و. (٢.١٢). تحليل اجتماعي - تقني للتحولات منخفضة الكربون: إدخال المنظور المتعدد المستويات في دراسات النقل. مجلة جغرافيا النقل، ٢٤، ٤٧١-٤٨٢.

Geels, F. W. (2012). A socio-technical analysis of low-carbon transitions: Introducing the multi-level perspective into transport studies. Journal of Transport Geography, 482–471 ,24. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.021

جيلز، ف. و. ، وشوت، ج. (٢..٧). تصنيف مسارات التحول الاجتماعي التقني. سياسة البحث، ٣٦(٣)، ٣٩٩ - ٤١٧.

Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. Research Policy, 417 – 399 ,(3)36. https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003

المؤسسة الألمانية للتعاون الدولي (٢.١٤). تقرير البلاد حول إدارة النفايات الصلبة في لبنان.

GIZ. (2014). Country report on the solid waste management in Lebanon.

حداد، م.، منصور، س.، وعفيف، س. (٢.١٨). الاتجاهات المستقبلية وخيارات التخفيف لاستهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الدفيئة في دولة نامية من منطقة الشرق الأوسط: دراسة حالة عن قطاع النقل البري في لبنان. النمذجة والتقييم البيئي، ٢٣، ٢٦٣ - ٢٧٦.

Haddad, M., Mansour, C., & Afif, C. (2018). Future trends and mitigation options for energy consumption and greenhouse gas emissions in a developing country of the Middle East region: A case study of Lebanon's road transport sector. Environmental Modeling & Assessment, – 263 ,23 276. https://doi.org/10.1007/s-9579-017-10666x

حداد، م.، منصور، س.، وستيفان، ج. (٢.١٥). عدم الاستدامة في الأنظمة الناشئة: دراسة حالة النقل البري في منطقة بيروت الكبرى. وقائع المؤتمر الدولي للهندسة الصناعية وإدارة العمليات ٢.١٥.

Haddad, M., Mansour, C., & Stephan, J. (2015). Unsustainability in emergent systems: A case study of road transport in the Greater Beirut Area. Proceedings of the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

حراجلي، ح.، كابكيان، ف.، البابا، ج.، دياب، أ.، ونصاب، س. (٢.٢٠). الطاقة الشمسية الكهروضوئية الهجينة على نطاق تجاري - أنظمة الديزل في دول عربية مختارة ذات شبكات ضعيفة: تقييم متكامل. سياسة الطاقة، ١٣٧، ١١١١٩.

Harajli, H., Kabakian, V., El-Baba, J., Diab, A., & Nassab, C. (2020). Commercial-scale hybrid solar photovoltaic – diesel systems in select Arab countries with weak grids: An integrated appraisal. Energy Policy, 111190 ,137. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111190

هينينج، هـ.-م.، بالزر، أ.، بابي، س.، بورجريف، ف.، جاتشمان، هـ.، وفيشيدك، م. (٢.١٥). مراحل تحول نظام الطاقة. قضايا إدارة الطاقة اليومية، ٦٥ (الإصدار ٢/١)، ١ - ١٣.

Henning, H.-M., Palzer, A., Pape, C., Borggrefe, F., Jachmann, H., & Fischedick, M. (2015). Phasen der Transformation des Energiesystems. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 65 (Heft 13 – 10 ,(2/1.

هولتز، ج، فينك، ت.، عمروني، س، وفيشيدك، م (٢.١٨). تطوير النموذج المرحلي لتصنيف ودعم التحول المستدام لأنظمة الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. معهد فوبرتال للمناخ والبيئة والطاقة.

Holtz, G., Fink, T., Amroune, S., & Fischedick, M. (2018). Development of a phase model for categorizing and supporting the sustainable transformation of energy systems in the MENA region. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

هوغما، ر.، ويبر، م.، وإيلزن، ب. (٢..٥). استراتيجيات متكاملة طويلة الأجل للحث على تحولات النظام نحو الاستدامة: نهج الإدارة ذات الاستراتيجية المتخصصة. في ويبر م.، Hemmelskamp J. (Eds.)، نحو أنظمة الابتكار البيئي (ص ٢٠٩ - ٢٣٦). برلين: سبرينغر.

Hoogma, R., Weber, M., & Elzen, B. (2005). Integrated long-term strategies to induce regime shifts towards sustainability: The approach of strategic niche management. In Weber M., Hemmelskamp J. (Eds.), Towards Environmental Innovation Systems (pp. 236 – 209). Berlin: Springer.

IBC. (٢.١٥). حل مبتكر لمعالجة النفايات البلدية.

IBC. (2015). An innovative solution for municipal waste treatment. http://www.ibc-enviro.com/uploads/pdf/saida_municipal_waste_treatment_center.pdf

الوكالة الدولية للطاقة. (٢.١٧). توقعات الطاقة العالمية ٢.١٧.

IEA. (2017). World energy outlook 2017. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook2017-

الوكالة الدولية للطاقة. (٢.٢٠أ). البيانات والإحصاءات

IEA. (2020a). Data and statistics. https://www.iea.org/countries

الوكالة الدولية للطاقة. (٢.٢٠ب). البيانات والإحصاءات.

IEA. (2020b). Data and statistics. https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy

الوكالة الدولية للطاقة. (٢.٢١). البيانات والإحصاءات.

IEA. (2021). Data & Statistics. https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser

الوكالة الدولية للطاقة-برنامج تحليل نظم تكنولوجيا الطاقة وإيرينا (٢.١٢). تحلية المياه باستخدام الطاقة المتجددة [موجز تكنولوجي].

IEA-ETSAP & IRENA. (2012). Water desalination using renewable energy [Technology Brief]. http://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/I12IR_Desalin_MI_Jan2013_final_GSOK.pdf

إيرينا (٢.١٤). استراتيجية الطاقة المتجددة العربية ٢.٣: خرائط طريق إجراءات التنفيذ. (ص ١.٨). الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (إيرينا)؛ جامعة الدول العربية.

IRENA. (2014). Pan-Arab renewable energy strategy 2030: Roadmaps of actions for implementation. (p. 108). International Renewable Energy Agency (IRENA); League of Arab States. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2014/IRENA_Pan-Arab_Strategy_June2014-.pdf

إيرينا (٢.١٩). تكاليف توليد الطاقة المتجددة في العام ٢.١٨.

IRENA. (2019). Renewable power generation costs in 2018. https://www.irena.org/publications/2019/May/Renewable-power-generation-costs-in2018-

إيرينا (٢.٢أ). البيانات والإحصاءات.

IRENA. (2020a). Data & Statistics.

إيرينا (٢.٢ب). إحصاءات الطاقة المتجددة لعام ٢.٢.

IRENA. (2020b). Renewable capacity statistics 2020. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2020.pdf

إيرينا (٢.٢ت). توقعات الطاقة المتجددة: لبنان.

IRENA. (2020c). Renewable energy outlook: Lebanon. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Outlook_Lebanon_2020.pdf

إيرينا وإسكوا. (٢.١٨). تقييم إمكانات تصنيع الطاقة المتجددة في المنطقة العربية: الأردن ولبنان والإمارات العربية المتحدة.

IRENA & ESCWA. (2018). Evaluating renewable energy manufacturing potential in the Arab region: Jordan, Lebanon, United Arab Emirates. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Oct/IRENA-ESCWA_Manufacturing_potential_2018.pdf

جبور، م. (٢.٢١). تقرير حالة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في لبنان لعام ٢.١٩. المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة.

Jabbour, M. (2021). The 2019 solar PV status report for Lebanon. LCEC.

خليل، س. أ. (٢.١٧). استراتيجية وطنية للطاقة خاصة بلبنان. مؤتمر الطاقة الوطنية اللبنانية.

Khalil, C. A. (2017). A National Energy Strategy for Lebanon. Lebanese National Energy Conference. https://www.iptgroup.com.lb/library/assets/National20%Energy20%Strategy20%for20%Lebanon110400-.pdf

كيناب، إ، والخوري، م. (٢.١٢). استخدامات الطاقة المتجددة في لبنان: العوائق والحلول. مراجعات الطاقة المتجددة والمستدامة، ١٦(٧)، ٤٤٢٢-٤٤٣١.

Kinab, E., & Elkhoury, M. (2012). Renewable energy use in Lebanon: Barriers and solutions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(7), 4422–4431. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.030

كلنا إرادة، المؤسسة اللبنانية للطاقة المتجددة، صغير، ج.، أيوب، م.، أبي حيدر، س.، والكوري، أ. (٢.٢٠). ملخص: قطاع الكهرباء: لبنان بحاجة إلى خطة عمل فورية ونهج جديد.

Kulluna Irada, LFRE, Saghir, J., Ayoub, M., Abi Haidar, C., & Al Coury, A. (2020). Summary: Electricity Sector: Lebanon needs an immediate action plan and a new approach. http://kullunairada.s3.amazonaws.com/issues/1596017466_8806_paper_lebanonelectricitysector.pdf

مرفق كفاءة الطاقة والتمويل المتجدد في لبنان (ليريف) (٢.١٩). كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في تربية الحيوانات وزراعة المحاصيل/الفاكهة.

LEEREFF. (2019). Energy efficiency and renewable energy in animal and crop/fruit farming.

المبادرة اللبنانية للنفط والغاز. (٢.٢١). دليل المواطن لاتفاقية التنقيب عن البترول وإنتاجه في لبنان.

LOGI. (2021). A Citizen's guide to Lebanon's petroleum exploration & production agreement. https://logi-lebanon.org/uploaded/1/2021/F56WEW8K_LOGI20%Info20%Booklet20%v.20%5.2EN20%digital.pdf

لورباخ، د. (٢.٠٧). إدارة التحول: نمط جديد للحوكمة من أجل التنمية المستدامة. أوترخت: كتب دولية.

Loorbach, D. (2007). Transition management: New mode of governance for sustainable development. Utrecht: International Books.

هيئة إدارة قطاع البترول في لبنان (٢.١٨). ما الذي يتطلبه حفر بئر؟

LPA. (2018). What does it take to drill a well? https://www.lpa.gov.lb/english/sector-operations/exploration-activities/drillinginb4

محمود، م.، وحبيب، أ. (٢.١٩). المؤشر العربي لطاقة المستقبل-AFEX ٢.١٩، الطاقة المتجددة. المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.

Mahmoud, M., & Habib, A. (2019). Arab future energy index—AFEX 2019, renewable energy. RCREEE.

مجذوب، أ. (٢.٢٠). لبنان في الظلام - انقطاع الكهرباء ينتهك الحقوق. هيومن رايتس

Majzoub, A. (2020). Lebanon in the dark – Electricity blackouts affect rights. Human Rights Watch. https://www.hrw.org/news/09/07/2020/lebanon-dark

منصور، س.ج.، وحداد، م. غ. (٢.١٧). تقييم دورة الحياة لتوجيه استراتيجيات التحول نحو عربات الوقود منخفضة الكربون في البلدان النامية التي تعتمد على واردات الوقود: دراسة حالة النقل البري في لبنان. سياسة الطاقة، ١٠٧، ١٦٧-١٨١.

Mansour, C. J., & Haddad, M. G. (2017). Well-to-wheel assessment for informing transition strategies to low-carbon fuel-vehicles in developing countries dependent on fuel imports: A case-study of road transport in Lebanon. Energy Policy, 107, 167–181. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.031

وزارة الطاقة والمياه (٢.١٩). ورقة سياسة محدثة لقطاع الكهرباء.

MEW. (2019). Updated policy paper for the electricity sector. https://www.energyandwater.gov.lb/mediafiles/articles/doc-100515-25_27_04_21_05_2019.pdf

وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة (٢.١٢). خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة ٢.١١-٢.١٥.

MEW & LCEC. (2012). The national energy efficiency action plan for Lebanon—NEEAP 2015-2011. https://www.rcreee.org/content/national-energy-efficiency-action-plan-neeap-lebanon

وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة (٢.١٦). خطة العمل الوطنية للطاقة المتجددة في لبنان ٢.١٦-٢.٢٠.

MEW & LCEC. (2016). The national renewable energy action plan for Lebanon—NREAP 2020-2016. http://www.lcec.org.lb/

وزارة الطاقة والمياه والمركز اللبناني للحفاظ على الطاقة (٢.١٩). تطور سوق سخانات المياه بالطاقة الشمسية في لبنان ٢.١٢-٢.١٧ وما بعده.

MEW & LCEC. (2019). The evolution of the solar water heaters market in Lebanon—2017-2012 and beyond. https://lcec.org.lb/sites/default/files/02-2021/Lebanese20%Solar20%Water20%Heater20%Market20%Study29%281%20%2017-202012%.pdf

ميركين، ب. (٢.١٠). تقرير التنمية الانسانية العربية - مستويات السكان والاتجاهات والسياسات في المنطقة العربية: التحديات والفرص. سلسلة الأوراق البحثية. برنامج الأمم المتحدة الإنمائي.

Mirkin, B. (2010). Arab human development report – Population levels, trends and policies in the Arab Region: Challenges and opportunities. Research Paper Series. UNDP.

مور، هـ. ل.، وكولينز، هـ. (٢.٢٠). الطاقة المتجددة اللامركزية والازدهار للبنان. سياسة الطاقة، ١٣٧، ١١١١.٢.

Moore, H. L., & Collins, H. (2020). Decentralised renewable energy and prosperity for Lebanon. Energy Policy, 137, 111102. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111102

NCEA(٢.١٩). بناء القدرات لتقييم التأثير البيئي والاجتماعي والتقييم البيئي الاستراتيجي - لبنان

NCEA. (2019). ESIA and SEA capacity building—Lebanon. https://www.eia.nl/docs/os/i72/i7284/esia_review_lebanon_wind_power.pdf

سلامة، ر.، وشديد، ر. (٢.٢٠). التداعيات الاقتصادية والجيوسياسية لتصدير الغاز الطبيعي من شرق البحر الأبيض المتوسط: حالة لبنان. سياسة الطاقة، ١٤٠، ١١١٣٦٩.

Salameh, R., & Chedid, R. (2020). Economic and geopolitical implications of natural gas export from the East Mediterranean: The case of Lebanon. Energy Policy, 111369 ,140. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111369

ستاتيستا. (٢.٢٠، ١٤ كانون الأول/ديسمبر). صادرات النفط الخام العالمية لمنظمة أوبك حسب الدولة ٢.١٩.

Statista. (2020, December 14). OPEC global crude oil exports by country 2019. https://www.statista.com/statistics/264199/global-oil-exports-of-opec-countries/

توتال (٢.٢٠). شركة توتال للاستكشاف والإنتاج في لبنان تعلن عن نتائج حفر بئر استكشافية في جبيل ١/١٦ في المربع ٤.

Total. (2020). Total E&P Liban Announces Results of Byblos Exploration Well 1/16 Drilled on Block 4.

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (٢.١٩). قطاع الطاقة المتجددة في لبنان - تقييم وتحليل سلسلة القيمة.

UNDP. (2019). Renewable energy sector in Lebanon – Value chain assessment and analysis. http://www.cedro-undp.org/Publications/National%20Studies/155

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (٢.٢١أ). المساهمات المحددة وطنيا | تغير المناخ لبنان.

UNDP. (2021a). NDC | Climate change Lebanon. http://climatechange.moe.gov.lb//indctab

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (٢.٢١ب). المفاوضات | تغير المناخ لبنان.

UNDP. (2021b). Negotiations | Climate change Lebanon. http://climatechange.moe.gov.lb//negotiations

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، مملكة هولندا والجمهورية اللبنانية وزارة الطاقة والمياه. (٢.١٩). قطاع الطاقة المتجددة في لبنان - تقييم وتحليل سلسلة القيمة.

UNDP, Kingdom of the Netherlands, & Lebanese Republic Ministry of Energy and Water. (2019). Renewable energy sector in Lebanon – Value chain assessment and analysis. http://www.cedro-undp.org/Publications/National20%Studies/155

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي-سيدرو (٢.١١). أطلس الرياح الوطني في لبنان.

UNDP-CEDRO. (2011). The national wind atlas of Lebanon. http://www.undp.org.lb/communication/publications/downloads/National_Wind_Atlas_report.pdf

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي-سيدرو (٢.١٢). الاستراتيجية الوطنية للطاقة الحيوية في لبنان.

UNDP-CEDRO. (2012). The national bioenergy strategy for Lebanon.

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي-سيدرو (٢.١٥). الطاقة المتجددة والصناعة: تعزيز الصناعة وخلق فرص العمل في لبنان.

UNDP-CEDRO. (2015). Renewable energy and industry: Promoting industry and job creation for Lebanon.

شعبة الإحصاءات بالأمم المتحدة والإسكوا (٢.١٩). المساعدة التقنية للبنان لتحسين إحصاءات الطاقة من أجل التنمية المستدامة: تقرير بعثة التقييم.

UNSD & ESCWA. (2019). Technical assistance to Lebanon on improving energy statistics for sustainable development: Assessment mission report. https://unstats.un.org/unsd/energystats/events/-2019Beirut/Lebanon20%Report20%Final.pdf

فوس، ج.-ب.، سميث، أ.، وغرين، ج. (٢.٠٩). تصميم سياسة طويلة الأجل: إعادة تقييم إدارة التحول. علوم السياسة، ٤٢(٤)، ٢٧٥-٣٠٢.

Voß, J.-P., Smith, A., & Grin, J. (2009). Designing long-term policy: Rethinking transition management. Policy sciences, 302–275 ,(4)42.

ويبر، ك.م.، وروهراشر، هـ. (٢.١٢). إضفاء الشرعية على سياسات البحث والتكنولوجيا والابتكار من أجل التغيير التحويلي: الجمع بين الرؤى من أنظمة الابتكار والمنظور المتعدد المستويات في إطار شامل «للإخفاقات». سياسة البحث، ٤١(٦)، ١٠٣٧-١٠٤٧.

Weber, K. M., & Rohracher, H. (2012). Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change: Combining insights from innovation systems and multi-level perspective in a comprehensive »failures« framework. Research Policy, 1047–1037 ,(6)41. https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.015

وهبي، ن. (٢.٢١). التكاليف المستقبلية لتقنيات توليد الكهرباء المتجددة في لبنان: ما هي التوقعات لعام ٢.٣٠؟ تقييم وتطوير موارد الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا / منطقة البحر الأبيض المتوسط.

Wehbe, N. (2021). The future costs of renewable electricity generation technologies in Lebanon: What projections for 2030? Renewable Energy Resources Assessment and Development in MENA/Mediterranean Regions. https://hal.umontpellier.fr/hal02951669-

البنك الدولي (٢.١٣). تكامل شبكات الكهرباء في العالم العربي - هيكل وتصميم السوق الإقليمي (رقم التقرير: ACSV١٢٤).

The World Bank. (2013). Integration of electricity networks in the Arab World – Regional market structure and design (Report No: ACS7124). http://documents.worldbank.org/curated/en/415281468059650302/pdf/ACS71240ESW0WH0I0and0II000Final0PDF.pdf

البنك الدولي (٢.١٩). خسائر نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية (٪ من الناتج).

The World Bank. (2019). Electric power transmission and distribution losses (% of output). https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS

البنك الدولي (٢.٢٠أ). البيانات.

The World Bank. (2020a). Data. https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KD.GD?locations=IQ

البنك الدولي (٢.٢٠ب). خطة العمل الطارئة لقطاع الكهرباء في لبنان.

The World Bank. (2020b). Lebanon power sector emergency action plan. https://documents1.worldbank.org/curated/en/500281593636676732/pdf/Lebanon-Power-Sector-Emergency-Action-Plan.pdf

البنك الدولي (٢.٢٠ت). البيانات المفتوحة للبنك الدولي.

The World Bank. (2020c). World Bank Open Data. https://data.worldbank.org/indicator/sp.pop.grow?view=map

قائمة الاختصارات

AFD	الوكالة الفرنسية للتنمية
ALMEE	الجمعية اللبنانية لتوفير الطاقة والبيئة
AUB	الجامعة الأمريكية في بيروت
BDL	نهر بيروت للطاقة الشمسية» أو «ثعبان نهر بيروت الشمسي»
BRSS	الإدارة المركزية للإحصاء
CAS	مصرف لبنان المركزي
CCGT	التوربينات الغازية ذات الدورة المركبة أو توربينات الغاز المتحدة الدورات
CCS	التقاط الكربون وتخزينه
CCU	التقاط الكربون واستخدامه
CEDRO	سيدرو مشروع كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة التوضيحي لنهوض لبنان
CFL	مصابيح الفلورسنت المدمجة
CoM	مجلس الوزراء
COP	مؤتمر الأطراف
COVID-١٩	كوفيد-١٩
CSO	منظمات المجتمع المدني
CSP	طاقة شمسية مركزة
DNI	الإشعاع الطبيعي المباشر
DSM	إدارة جانب الطلب أو إدارة الطلب على الطاقة أو ترشيد الطاقة
DSP	مزود خدمة التوزيع
EBRD	البنك الأوروبي لإعادة البناء والتنمية
EDF	شركة كهرباء فرنسا
EDJ	شركة كهرباء جبيل
EDL	مؤسسة كهرباء لبنان
EDZ	شركة كهرباء زحلة
EIB	بنك الاستثمار الأوروبي
EIJLLPST	مشروع الربط الإقليمي الثماني
EoI	طلب ابداء الاهتمام
ERA	هيئة تنظيم الكهرباء
ESCO	شركات خدمات الطاقة
EU	الاتحاد الأوروبي
EV	المركبة الكهربائية
FEV	المركبة التقليدية ذات كفاءة في استهلاك الوقود
FiT	تعريفات التغذية الكهربائية
FSRU	محطات تخزين وتغويز الغاز الطبيعي العائمة
GBA	منطقة بيروت الكبرى
GDP	الناتج المحلي الإجمالي
GEF	مرفق البيئة العالمية
GEFF	برنامج تمويل الاقتصاد الأخضر
GHG	غازات الدفيئة
GHI	الإشعاع الأرضي الأفقي
GSWH	برنامج تسخين المياه بالطاقة الشمسية العالمي
HEV	المركبة الكهربائية الهجينة
ICT	تكنولوجيا المعلومات والاتصالات
IEA	الوكالة الدولية للطاقة
IFI	معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية
IOC	شركة النفط العالمية الكبرى
IPP	منتج الطاقة المستقل
IRENA	إيرينا - الوكالة الدولية للطاقة المتجددة
IRI	معهد البحوث الصناعية
LAS	جامعة الدول العربية
LCEC	المركز اللبناني للحفاظ على الطاقة
LEEREFF	مرفق كفاءة الطاقة والتمويل المتجدد في لبنان (ليريف)
LENCC	المركز الوطني للتحكم بالشبكة الكهربائية اللبنانية
LGBC	مجلس المباني الخضراء في لبنان
LIBNOR	مؤسسة المقاييس والمواصفات اللبنانية (ليبنور)
LPG	غاز البترول المسال
LSES	الجمعية اللبنانية للطاقة الشمسية
MENA	الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
MEW	وزارة الطاقة والمياه
MLP	المنظور المتعدد المستويات
MoF	وزارة المالية
NDC	المساهمات المحددة وطنياً
NEEAP	خطة العمل الوطنية لكفاءة الطاقة
NEEREA	الآلية الوطنية لكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة (نيريا)
NREAP	خطة العمل الوطنية للطاقة المتجددة
OCGT	التوربين الغازي ذات الدورة المفتوحة
PPA	اتفاقية شراء الطاقة
PtF	الطاقة المحولة إلى وقود
PtG	الطاقة المحولة إلى غاز
PtX	باور تو اكس Power to X
PV	كهروضوئية
R&D	البحث والتطوير
RCREEE	المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة
RE	الطاقة المتجددة
SDG	أهداف التنمية المستدامة
SME	المؤسسات الصغيرة والمتوسطة
SWH	نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية
UNDP	برنامج الأمم المتحدة الإنمائي
USD	دولار أمريكي
USGS	هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية
VRE	الطاقة المتجددة المتغيرة
WTE	تحويل النفايات إلى طاقة

قائمة الوحدات والرموز

٪	في المئة
$CO_٢$	ثاني أكسيد الكربون
GW	جيغاوات
GWh	جيغاوات ساعة
kgoe	كيلوغرام نفط مكافئ
ktoe	كيلو طن نفط مكافئ
kV	كيلو فولت
kW	كيلوواط
kWh	كيلوواط ساعة
$m^٢$	متر مربع
$m^٣$	متر مكعب
m/s	متر في الثانية
Mt	ميغاطن
Mtoe	مليون طن نفط مكافئ
MVA	ميجا فولت أمبير
MW	ميغاواط
MWh	ميغاواط ساعة
MWp	ميغاواط ذروة
$tCO_٢e$	طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون
TWh	تيراواط ساعة
$W/m^٢$	واط لكل متر مربع

قائمة الجداول

الجدول ٣-١ التطورات خلال مراحل التحول ١١
الجدول ٤-١ مشاريع الطاقة المتجددة التشغيلية والمخطط لها في لبنان ٢٠
الجدول ٤-٢ القدرات الفردية المستهدفة لكل تكنولوجيا ٢١
الجدول ٤-٣ عجز مؤسسة كهرباء لبنان من ١٩٩٢-٢٠٢٠ (بالاستناد إلى بنك عودة (٢٠٢١)) ٢٨
الجدول ٤-٤ الاتجاهات والأهداف الحالية لتحوّل الطاقة ٣٣

قائمة الأشكال

الشكل ٢-١ المنظور المتعدد المستويات ٥
الشكل ٢-٢ النموذج المرحلي الانتقالي لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ٦
الشكل ٤-١ إجمالي استهلاك الطاقة النهائي (كيلو طن مكافئ نفط)، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٨ ..... ١٦
الشكل ٤-٢ إجمالي إمدادات الطاقة (كيلو طن مكافئ نفط)، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٨ ..... ١٦
الشكل ٤-٣ استهلاك الكهرباء (تيراواط ساعة)، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٨ ..... ١٧
الشكل ٤-٤ توليد الكهرباء حسب المصدر (تيراواط ساعة)، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٨ ..... ١٧
الشكل ٤-٥ مزيج توليد الكهرباء (غيغاواط ساعة)، لبنان ٢٠١٨ ..... ١٨
الشكل ٤-٦ تطوير توليد الكهرباء المتجددة حسب المصدر (بالغيغاواط ساعة) وإدخال إجراءات سياسات الطاقة، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٩ ..... ٢٢
الشكل ٤-٧ صافي واردات الطاقة (بالمليون طن نفط مكافئ)، لبنان ١٩٩٠-٢٠١٨ ..... ٢٤
الشكل ٤-٨ شبكة نقل الكهرباء في لبنان تظهر مراكز التحميل الرئيسية ٢٥
الشكل ٤-٩ بنية سوق الكهرباء مع الهيئات والشركات ذات الصلة ٢٧
الشكل ٤-١٠ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حسب القطاع (ميغاطن ثاني أكسيد الكربون) ، لبنان ٢٠٠٥-٢٠١٨ ..... ٣٠
الشكل ٤-١١ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من توليد الكهرباء والحرارة حسب مصدر الطاقة (ميغاطن ثاني أكسيد الكربون)، لبنان ٢٠١٨ ..... ٣٠
الشكل ٤-١٢ معوقات التحول إلى الطاقة المتجددة (نتائج الاستبيان) ٣١
الشكل ٤-١٣ معوقات تطبيق معايير كفاءة الطاقة (نتائج الاستبيان) ٣١
الشكل ٤-١٤ لمحة عامة عن وضع لبنان في النموذج الانتقالي لنظام الطاقة ٣٦

حول المؤلفين

سيبل راكيل إرسوي (ماجستير) (Sibel Raquel Ersoy (M.Sc))
تعمل كباحث مبتدئ في وحدة الأبحاث «تحولات الطاقة الدولية» في معهد فوبرتال منذ عام ٢٠١٩. اهتماماتها البحثية الرئيسية هي مسارات التحول نحو أنظمة الطاقة المستدامة في الجنوب العالمي ونمذجة العلاقة بين المياه والطاقة. تركز في أبحاثها الإقليمية على منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

الدكتورة جوليا تيرابون بفاف (Dr. Julia Terrapon-Pfaff) هي باحث أول في معهد فوبرتال. مجال بحثها الأساسي هو تحول نظام الطاقة المستدامة في الدول النامية والناشئة مع التركيز بشكل خاص على منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

الخبراء الذين تمت استشارتهم في لبنان:

مارك أيوب هو باحث في سياسة الطاقة ومنسق برامج في معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية في الجامعة الأميركية في بيروت. يدور عمله في لبنان حول التأثير في صنع السياسات من خلال البحث القائم على الأدلة. يدعو بالتحديد إلى سياسة وطنية للطاقة تستخدم مصادر الطاقة المتجددة باعتبارها محورًا في مزيج الطاقة بدلاً من مجرد سياسة إضافية.

روان عاكوش هي مساعد باحث في معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية في الجامعة الأميركية في بيروت. لديها خلفية في الاقتصاد وقد حصلت على درجة الماجستير في دراسات الطاقة من الجامعة الأمريكية في بيروت. استهدف مشروع أطروحتها بشكل أساسي الجدوى الفنية والمالية وتقييم الأداء البيئي (مع التركيز على انبعاثات الكربون) لسيناريوهات مختلفة حول زيادة تغلغل الطاقة الشمسية الكهروضوئية في الجامعة الأميركية في بيروت، مع مراعاة السياسات المختلفة المتاحة لمصادر الشركات لأنظمة الطاقة المتجددة.

حول هذه الدراسة

أجريت هذه الدراسة كجزء من مشروع إقليمي يطبق النموذج المرحلي لتحول الطاقة الخاص بمعهد فوبرتال الألماني على دول مختلفة من منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. بتنسيق من مشروع الطاقة والمناخ الإقليمي التابع لمؤسسة فريدريش إيبرت في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ومركزه الأردن، يساهم المشروع في فهم أفضل لموضع عمليات تحول الطاقة في الدول المعنية. كما يقدم أيضًا معلومات أساسية عن المنطقة بأكملها بناءً على النتائج عبر الدول التي تم تحليلها. يتماشى ذلك مع استراتيجيات مؤسسة فريدريش إيبرت التي تجمع بين ممثلي الحكومة ومنظمات المجتمع المدني جنبًا إلى جنب مع دعم الأبحاث، بينما تقدّم توصيات السياسة لتعزيز وتحقيق تحول عادل اجتماعيًا للطاقة والعدالة المناخية للجميع.

دمغة الناشر

مؤسسة فريدريش إيبرت | مكتب لبنان

١٥٧ المرفأ - الطابق الأول شارع ٧٣ (سعد زغلول) | المجيدية | بيروت ٢٠١٢٧٣٠٦

https://www.lebanon.fes.de

لطلب المطبوعات:
info@lebanon.fes.de

لا يُسمح بالاستخدام التجاري لجميع الوسائط التي تنشرها مؤسسة فريدريش إيبرت (FES) من دون موافقة خطية من مؤسسة فريدريش إيبرت.

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