اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)

دور الطاقة المتجدّدة في الحدّ من تغيّر المناخ في منطقة الإسكوا

الأمم المتحدة

Distr.
GENERAL

E/ESCWA/SDPD/2012/1
15 October 2012
ORIGINAL: ARABIC

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)

دور الطاقة المتجدّدة في الحدّ من تغيّر المناخ في منطقة الإسكوا

الأمم المتحدة
نيويورك، 2012

12-0230

المحتويات

الصفحة

موجز تنفيذي ..... ز
مقدمة 1

الفصل

أولاً- إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة 4

ألف- طاقة الرياح..... 4
باء- الطاقة الشمسية الكهرضوئية (الفوتوفلطية) 9
جيم- الطاقة الشمسية الحرارية..... 11
دال- طاقة الكتلة الحيوية..... 19
هاء- مصادر الطاقات المتجددة الأخرى 20

ثانياً- التطبيقات الحرارية والميكانيكية للاستفادة المباشرة من مصادر الطاقة المتجددة..... 24

ألف- تطبيقات الكتلة الحيوية 24
باء- نظم التسخين والتبريد الشمسي..... 26
جيم- الاستخدام المباشر لطاقة حرارة باطن الأرض 32
دال- استخدام الطاقة الميكانيكية للرياح في ضخ المياه 32

ثالثاً- إمكانات تخفيض الانبعاثات الناتجة من توليد الكهرباء في منطقة الإسكوا..... 34

ألف- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن قطاع الكهرباء في بلدان الإسكوا في عام 2010..... 35
باء- تخفيض الانبعاثات عبر توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة... 38
جيم- التوقعات بشأن كميات الانبعاثات الناتجة من توليد الكهرباء 39

رابعاً- إمكانات التصنيع المحلي لمعدات الطاقة المتجددة المستخدمة لإنتاج الكهرباء 48

ألف- التصنيع المحلي لمكونات نظم الخلايا الشمسية الضوئية (الفوتوفلطية)..... 48
باء- التصنيع المحلي لمكونات نظم المركزات الشمسية الحرارية..... 50
جيم- التصنيع المحلي لمكونات معدات طاقة الرياح 52
دال- المعوقات أمام إنشاء صناعة محلية لمعدات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لإنتاج الكهرباء 55

المحتويات (تابع)

الصفحة

خامساً- دور التعاون الدولي والإقليمي في دعم نشر استخدام الطاقة المتجددة في بلدان الإسكوا للحد من تغير المناخ 58

ألف- المبادرات الإقليمية والدولية لنشر استخدام الطاقة المتجددة للحد من تغيّر المناخ 58

باء- ما بعد بروتوكول كيوتو: التطورات والرؤية المستقبلية 61

سادساً- الأطر القائمة والخطوات المقترحة لتعزيز دور الطاقة المتجددة في التخفيف من حدّة تغيّر المناخ 66

ألف- الأطر التشريعية والمؤسسية والتنظيمية اللازمة للاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة 66

باء- الخطوات المقترحة لتعزيز مشاريع تطبيقات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في بلدان الإسكوا 71

خلاصة 76

قائمة الجداول

1- مشاريع إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح في بلدان الإسكوا 7

2- مقارنة فنية بين تكنولوجيات المركزات الشمسية الحرارية الأربع 12

3- القدرات المركبة لمحطات المُركِزات الشمسية الحرارية قيد التشغيل والإنشاء حتى الربع الأول من 2012 13

4- مشاريع إنتاج الكهرباء عن طريق استخدام الطاقة الشمسية في بلدان الإسكوا 15

5- الكلفة الرأسمالية وكلفة وحدة الطاقة المنتجة بواسطة مصادر الطاقة المتجددة في 2011 22

6- التطبيقات المتداولة للتسخين الشمسي للمياه والمكونات الأساسية لمختلف النظم المستخدمة 26

7- كلفة وحدة الطاقة حسب استخدامات معدات التسخين الشمسي للمياه 29

8- مقارنة بين دورتي التبريد المغلقة والمفتوحة لتقنيات التكييف الشمسي 31

9- الطاقة الكهربائية المنتجة من مصادر مختلفة (2010) 36

المحتويات (تابع)

الصفحة

10- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء في بلدان الإسكوا عام 2010..... 37

11- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتيجة إنتاج كيلوات ساعة واحد، من الطاقة الكهربائية (أرقام تقديرية) 39

12- نسب الزيادة المتوقعة في الإنتاج الكهربائي 2010-2020 وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من كيلوات ساعة واحد في بلدان الإسكوا (2010)..... 40

13- الأهداف المعلنة في بلدان الإسكوا حول دور الطاقة المتجددة في توليد الطاقة الكهربائية..... 42

14- مقارنة السيناريوهات والتطور المتوقع في الفترة 2010-2020..... 46

15- المساهمة المحلية في تجهيز محطات توليد الكهرباء المتضمنة لنظم الخلايا الشمسية .. 49

16- إمكانات المساهمة المحلية في تجهيز محطات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية الحرارية المتضمنة لتكنولوجيا القطع المكافئ مع نظام تخزين حراري..... 51

17- إمكانات المساهمة المحلية في تجهيز محطات توليد الكهرباء من طاقة الرياح..... 54

18- مشاريع الطاقة المتجددة في بلدان الإسكوا المسجلة في آلية التنمية النظيفة..... 63

19- حالة الأطر 66

قائمة الأشكال

1- نسبة مساهمة الطاقة المتجددة في الإنتاج العالمي للكهرباء 4

2- تطور الإجمالي التراكمي للقدرات المركبة من مزارع الرياح على مستوى العالم (2007-2011) 5

3- نصيب أكبر خمس شركات في صناعة تربينات الرياح من السوق..... 6

4- متوسط سرعات الرياح في المنطقة عند ارتفاع 80 متراً عن سطح الأرض (2000)..... 7

5- مزارع الرياح لإنتاج الكهرباء في بلدان الإسكوا 9

6- تطور الإجمالي العالمي للقدرات المركبة من نظم الخلايا (2007-2011)..... 9

7- نصيب أكبر خمس شركات صناعية في مجال الخلايا الفوتوفلطية من السوق 10

8- تكنولوجيات المركزات الشمسية الحرارية 12

9- المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي المباشر في منطقة الإسكوا 14

10- المحطات الشمسية الحرارية قيد التشغيل والإنشاء في المنطقة العربية..... 15

المحتويات (تابع)

الصفحة

11- المساحات المطلوبة لمحطات توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة 18
12- كميات الطاقة الكهربائية في بلدان الإسكوا (2011 و2020) 35
13- كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن توليد كيلوات ساعة كهرباء في بلدان الإسكوا (عام 2010) 38
14- الانبعاثات المتوقعة لثاني أكسيد الكربون نتيجة توليد الكهرباء في بلدان الإسكوا في 2020 مقارنة بـ 2010 (السيناريو الأول) 41
15- الانبعاثات المتوقعة لثاني أكسيد الكربون نتيجة توليد الكهرباء في بلدان الإسكوا في عام 2020 مقارنة بعام 2010 (السيناريو الثاني) 44
16- الانبعاثات التقديرية لثاني أكسيد الكربون نتيجة توليد الكهرباء في بلدان الإسكوا في عام 2020 مقارنة بعام 2010 (السيناريو الثالث) 45
17- الانبعاثات التقديرية لثاني أكسيد الكربون نتيجة توليد الكهرباء في بلدان الإسكوا في عام 2020 مقارنة بعام 2010 (السيناريو الرابع) 46
18- مقارنة السيناريوهات الأربعة (2010-2020) 47
19- الخلايا الشمسية..... 48
20- المكونات الرئيسية لتربينة الرياح 53

قائمة الأطر

1- نظرة عامة على سوق طاقة الرياح 6
2- السباق بين النظم الشمسية الكهرضوئية والنظم الشمسية الحرارية 18
3- الجانب الاقتصادي من مشاريع إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة..... 22
4- العوامل المؤثرة في تحديد كلفة وحدة الطاقة المنتجة من المصادر المتجددة 23
5- تطبيقات الطاقة المتجددة القابلة للانتشار في بلدان الإسكوا 33
6- محاور عامة لتنمية القدرات التصنيعية الوطنية لمعدات الطاقة المتجددة 57

موجز تنفيذي

تمثّل ظاهرة تغيّر المناخ شاغلا يقلق العالم بأسره ويؤثر سلباً على التنمية المستدامة ويهدد مستقبل البشرية. وبالرغم من أنّ منطقة الإسكوا لم تكن يوماً مسؤولة عن تغيّر المناخ، فيُتوقّع أن تكون من أكثر المناطق معاناة منه في المستقبل. ويُتوقّع أيضا أن يتعرض أمنها المائي والغذائي لمخاطر التصحّر، وشح المياه، وارتفاع مستوى مياه البحار، وغرق مساحات لا يستهان بها على نحو يتهدّد نوعية مياهها الجوفية.

لذلك، باتت مشاركة بلدان المنطقة في المساعي العالمية للحد من تغّير المناخ أمراً ضرورياً، وذلك عن طريق تحسين كفاءة الطاقة إنتاجاً ونقلاً وتحويلاً واستهلاكاً؛ والاستفادة من الغاز الطبيعي كوقود أنظف؛ ومن الطاقة النووية عندما تتوفر ظروف السلامة اللازمة لذلك؛ والاستفادة من تطبيقات الطاقة المتجددة، لا سيما في معظم بلدان الإسكوا التي تنعم بوفرة مصادر هذه الطاقة فيها.

وتستعرض هذه الدراسة تكنولوجيات الطاقة المتجددة المتوفرة عالمياً، مع التركيز على تطبيقات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح المستخدمة لإنتاج الكهرباء، نظراً إلى أنّ قطاع الكهرباء هو الأكثر استهلاكاً للطاقة في منطقة الإسكوا ويُتوقع أن تبلغ احتياجاته خلال العشر سنوات المقبلة ضعفها اليوم.

وتشير الدراسة إلى ضخامة الاستثمارات اللازمة للاستفادة من الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء مركزياً ولتغذية الشبكة الكهربائية، وإلى ضرورة الاستفادة من الخلايا الكهرضوئية لإنتاج الكهرباء في المناطق النائية والريفية البعيدة عن الشبكة الكهربائية. وتشير أيضاً إلى أن بلدان الإسكوا تستفيد من ذلك بدرجات متفاوتة، وبشكل محدود إجمالاً نظراً إلى قلة إمكاناتها. أما الاستفادة من الطاقة المائية لإنتاج الكهرباء، فلم تبحث فيها الدراسة، نظراً إلى قلة المصادر وإلى أنّ معظم المصادر المتوفرة قد استُثمر بالفعل.

ونظراً إلى تدني كفاءة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وتدني كفاءة تخزين الكهرباء وصعوبة ذلك فنياً واقتصادياً، تتناول الدراسة إمكانيات الاستفادة من الطاقة المتجددة، وبالتالي إمكانيات تخفيض الانبعاثات، عبر الاستعمال المباشر وتوليد الطاقة الحرارية و/أو الميكانيكية من الطاقة المتجددة دون المرور بالطاقة الكهربائية. والدراسة تتناول أيضاً التبريد الشمسي، حتى وإن كان دون مستوى النضوج التجاري المرجو، لا سيما وأن احتياجات التبريد تزداد حيثما تتوفر الطاقة الشمسية بكميات أكبر.

وقطاع الكهرباء هو المستهلك الأكبر للوقود الأحفوري، إذ تفوق نسبة اعتماده 95 في المائة في بلدان الإسكوا. كما أنّ القرارات في هذا القطاع تُتّخذ مركزياً، ويمكن لدى اتخاذها التأكد من تنفيذها وفعاليتها. وانطلاقاً من ذلك، تتناول الدراسة عدة سيناريوهات يتصل كل منها بما يلي: اعتماد تطبيقات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء وفق ما هو مقرّر في بلدان الإسكوا؛ أو اعتماد السياسات اللازمة لتحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية؛ أو الجمع بين تحسين كفاءة الطاقة واعتماد الغاز الطبيعي والاستفادة من تطبيقات إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة. وتمت مقارنة نتائج هذه السيناريوهات بنتائج بقاء الأمور على ما هي عليه، مع ازدياد احتياجات قطاع الكهرباء، وهو ما تتوقعه شركات ومؤسسات الكهرباء في بلدان الإسكوا. وتبين أن سقف تخفيض الانبعاثات يبقى ضمن حدود 21 في المائة، وان الإجراءات المتخذة لتحسين كفاءة الطاقة واعتماد الغاز الطبيعي المتوفر في بعض بلدان المنطقة على نحو يكفي احتياجات المنطقة ويفيض عنها هي أكثر فعالية في تخفيض الانبعاثات (15.6 في المائة) من اعتماد تطبيقات الطاقة المتجددة المعلن عنها والمخطط لها (5.4 في المائة).

وبما أنّ الصعوبات التي تعترض نجاح انتشار تطبيقات الطاقة المتجددة في بلدان الإسكوا تتصل بارتفاع كلفة هذه التطبيقات وبمستوى المعرفة بها، تتناول الدراسة إمكانيات التصنيع المحلي لمعدات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء، مع أخذ ضخامة الاستثمارات اللازمة لمحطات توليد الكهرباء في الاعتبار. وهناك إمكانيات معقولة لتجهيز هذه المحطات محلياً. ويُتوقّع أن تؤدي زيادة المكوّن المحلي إلى خفض التكاليف وتوليد فرص العمل، وأن يؤدي نشوء صناعة محلية إلى تعزيز عملية نقل التكنولوجيا وتوطينها وإلى تحسين بناء القدرات واكتساب الخبرة. غير أنّ هذه الآفاق تصطدم بمعوقات تشريعية ومؤسسية ومالية كثيرة.

وتشدد الدراسة على أهمية التعاون الدولي والإقليمي في دعم نشر استخدام الطاقة المتجددة في بلدان الإسكوا من أجل الحد من تغير المناخ، بما أنّ ذلك مسؤولية مشتركة، حتى ولو تباينت درجاتها. ويتمحور هذا التعاون حول مسائل نقل التكنولوجيا وتأمين التمويل. وتستعرض الدراسة المبادرات الإقليمية والدولية، لا سيما المتصلة منها ببلدان المنطقة، وأيضا بروتوكول كيوتو وآلية التنمية النظيفة ومشاريع الطاقة المتجددة الممولة في بلدان الإسكوا والتي، على محدوديتها، يمكن الاستفادة من الدروس المكتسبة منها. وتتطرق الدراسة إلى آفاق تطور الطاقة المتجددة وتوجهاتها المستقبلية في بلدان الإسكوا، وموقف الأمم المتحدة من ذلك ومقرّرات مؤتمر ريو+20 التي وردت في الوثيقة الختامية للمؤتمر وعنوانها "المستقبل الذي نصبو اليه".

وتركّز الدراسة أيضاً على أهمية الأطر التشريعية والمؤسسية والتنظيمية، وتستعرض الأطر القائمة والعاملة منها، والخطوات المقترحة لتحسينها من أجل تعزيز مشاريع تطبيقات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. والجمع بين هذين المحورين الهامين تمليه العلاقة الجدلية بينهما، وأيضا أولوية ترشيد استخدام الطاقة وتحسين كفاءة إنتاجها ونقلها وتحويلها وتوزيعها واستهلاكها، كخطوة لا بد منها قبل توظيف استثمارات ضخمة لإنتاج هذه الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة.

وتخلص الدراسة إلى عدة استنتاجات تتصل بتكنولوجيات وتطبيقات الطاقة المتجددة، لناحية مستوى نضوجها وانتشارها وجدواها اقتصادياً؛ وبأهمية الاستفادة من الطاقة المتجددة دون المرور بإنتاج الكهرباء؛ وبأهمية مراجعة هياكل تسعير الطاقة؛ والأعباء التي تثقل موازنات البلدان الأعضاء نتيجة اعتماد سياسات دعم أسعار الطاقة محلياً. وتشير الدراسة إلى أهمية اعتماد نظرة تنموية شاملة، وإلى أهمية ابتكار آليات للتمويل وتهيئة المناخ الجاذب للاستثمارات من القطاع الخاص، وتطبيق المواصفات القياسية، وتعزيز التعاون الدولي والإقليمي، مع مراعاة خصوصيات كل بلد وتباين المسؤولية في الحد من تغير المناخ.

مقدمة

تشير اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ لعام 1992 (الاتفاقية الإطارية) إلى أن التغير في مناخ الأرض بات شاغلاً مشتركاً للبشرية، وأن القلق يتزايد مع تزايد غازات الدفيئة في الغلاف الجوي نتيجة للأنشطة البشرية، وأن هذه الأوضاع تؤدي إلى استفحال ظاهرة الدفيئة الطبيعية وتفاقم احترار سطح الأرض. وللاتفاقية هدف رئيسي، هو تثبيت تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند مستوى يحول دون تعريض النظام المناخي للخطر.

وتشير التقديرات إلى زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي من نحو 280 جزءاً في المليون في الفترة ما قبل الثورة الصناعية إلى نحو 390 جزءاً في المليون حالياً[1]. وإذا استمرت هذه الأرقام في الارتفاع، فسيؤدي ذلك إلى ارتفاع غير مقبول في درجة حرارة الكون، أي إلى تفاقم الاحترار العالمي وتبعاته، لا سيما في بلدان الإسكوا، وأخطرها التصحر وتعرض أمن إمدادات المياه والأمن الغذائي والأمن الاجتماعي للخطر. ويتضمن بروتوكول كيوتو الملحق باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (بروتوكول كيوتو) لائحة بالقطاعات التي تنتج غازات الدفيئة، وفي طليعتها قطاع الطاقة حيث احتراق الوقود المنتِج لثاني أكسيد الكربون.

وفي إطار من التفاهم العالمي، وبعد صدور هذين الصكّين، جرى التشديد على ضرورة تثبيت نسبة ارتفاع درجة حرارة الكون عند أقل من درجتين مئويتين، من خلال تثبيت مستوى تركيز ثاني أكسيد الكربون عند 450 جزءاً في المليون[1]. وعليه، فقطاع الطاقة باعتباره من القطاعات الرئيسة المصدرة للانبعاثات يمكنه الإسهام في الحد من تغير المناخ، عبر عدة محاور[2] أهمها اعتماد إجراءات كفاءة الطاقة (24 في المائة) ونشر استخدام الطاقة المتجددة (21 في المائة) واصطياد الكربون وتخزينه (19 في المائة) والتوسع في استخدام الوقود الأنظف (الغاز الطبيعي)، وربما أيضاً الاستفادة من الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء شرط ضمان سلامة ذلك.

وفي أيلول/سبتمبر 2011، أطلق الأمين العام للأمم المتحدة مبادرة بعنوان "الطاقة المستدامة للجميع" تتضمن ثلاثة أهداف، أحدها مضاعفة حصة الطاقة المتجددة في الخليط العالمي للطاقة.

وأشارت الوثيقة الختامية الصادرة عن مؤتمر ريو+20 والمعنونة "المستقبل الذي نصبو اليه" إلى ضرورة ما يلي: تجديد الالتزام بالتنمية المستدامة وبحماية البيئة وتحقيق الأهداف الإنمائية للألفية؛ والاعتراف بأن تغير المناخ أزمة شاملة ومستمرة؛ والإعراب عن القلق من أن الآثار السلبية لتغير المناخ تؤثر على جميع البلدان، لا سيما البلدان النامية، وتقوض قدرتها على تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية؛ والتأكيد على أن مكافحة تغير المناخ تتطلب اتخاذ تدابير عاجلة وطموحة وفقاً لمبادئ وأحكام الاتفاقية الإطارية. وفي مجال الطاقة، شدّدت مخرجات ريو+20 على أهمية موضوع زيادة حصة تكنولوجيا الطاقة المتجددة لتحقيق التنمية المستدامة؛ وعلى أن تغير المناخ هو أحد أكبر تحديات العصر؛ وأن استمرار ارتفاع مستوى انبعاثات غازات الدفيئة على الصعيد العالمي يدعو للقلق الشديد. وتضمنت هذه المخرجات ترحيباً بالإعلان عن إنشاء صندوق

---

(1) الإسكوا، السياسات والتدابير في مجال الطاقة لتعزيز التخفيف من حدة تغير المناخ في البلدان الأعضاء في الإسكوا، بيروت، 2010، E/ESCWA/SDPD/2010/IG.1/4(Part I).

(2) *Sciences et Avenir*, June 2010.

المناخ الأخضر ودعوة إلى تفعيله على وجه السرعة ليتسنى تحديد موارده؛ ودعوة للأطراف في الاتفاقية الإطارية وفي بروتوكول كيوتو إلى الوفاء الكامل بالتزاماتها وبالقرارات المتخذة بموجب هذين الصكين.

وأصبحت الطاقة المتجددة اليوم في عدد من البلدان أدوات فاعلة في الحفاظ على البيئة، وفي الحد من تغير المناخ باعتبارها مصدراً للطاقة الخضراء، وفي تأمين الإمداد بالطاقة المستدامة في جميع قطاعات الطاقة الكهربائية والحرارية والميكانيكية. وانتشر الاستخدام التجاري لبعض تكنولوجيات الطاقة المتجددة، بدرجات متفاوتة، بينما لا يزال بعضها الآخر في طور البحث والتطوير. ومما يزيد من أهمية نشر استخدام الطاقة المتجددة ملاءمتها للمناطق الحضرية والريفية والمنعزلة، لا سيما وأن 1.3 مليار نسمة (نحو 20 في المائة من سكان العالم) يفتقرون إلى خدمات الطاقة الحديثة[3]. وفي بلدان الإسكوا، يعيش نحو 70 في المائة من سكان السودان و53 في المائة من سكان اليمن من دون كهرباء[4].

ومع أن مساهمة بلدان الإسكوا في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون محدودة، فقطاع الطاقة فيها مهتم بتنويع مصادر الطاقة ودمج الطاقة المتجددة في الخليط الوطني للطاقة. ويتّضح ذلك من خلال الاستراتيجيات والسياسات والإجراءات التي يعتمدها عدد من بلدان الإسكوا.

وفي هذا الإطار، تضمن برنامج عمل الإسكوا للفترة 2012-2013 إنجاز دراسة حول دور الطاقة المتجددة في التخفيف من تغير المناخ في منطقة الإسكوا. كما أوصت لجنة الطاقة في الإسكوا في دورتها الثامنة المنعقدة يومي 13 و14 كانون الأول/ديسمبر 2010 بجملة أمور تمحورت حول تعزيز دور الطاقة المتجددة والحد من تغيّر المناخ.

وتصبّ هذه الدراسة في هذا الاتجاه. وهي موجهة إلى كافة العاملين والناشطين في مجالات الطاقة والبيئة والتنمية المستدامة من القطاعين العام والخاص، سواء أكانوا مهندسين اقتصاديين أم إعلاميين أم رجال أعمال أم مسؤولين حكوميين.

ومع التأكيد على أن تكنولوجيات تطبيقات الطاقة المتجددة صديقة للبيئة، وأن اعتمادها يدخل في صلب الإدارة السليمة للموارد الطبيعية، فهذه الدراسة تقتصر على دور الطاقة المتجددة التي تشكل مصدراً مستداماً للطاقة في التقليل من انبعاثات غازات الاحترار العالمي وبالتالي من تغير المناخ، مع التنبه إلى أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في بلدان الإسكوا تنتج بصورة رئيسة من عمليات الاحتراق في المحطات الحرارية لتوليد الطاقة الكهربائية والتي تمثل أكثر من 95 في المائة من محطات توليد الكهرباء في هذه البلدان.

ويتناول الفصل الأول من الدراسة تكنولوجيات الطاقة المتجددة لغرض إنتاج الكهرباء، ويستعرض ملامح التطور الصناعي والسوق العالمية، مع التركيز على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح باعتبار أن التطبيقات المتصلة بهذين النوعين من الطاقة باتت ناضجة تقنياً ومنتشرة تجارياً، وأن بلدان الإسكوا تزخر بإمكانيات هامة في هذين المجالين. ويتضمن الفصل الثاني عرضاً للتطبيقات الحرارية والميكانيكية الممكن اعتمادها للاستفادة مباشرة من مصادر الطاقة المتجددة (باستثناء الطاقة الكهرمائية)، دون المرور بالطاقة الكهربائية، تلافياً لخسارة الكفاءة خلال عملية إنتاج الكهرباء. ويستعرض الفصل الثالث معدلات الانبعاثات الحالية لثاني

---

(3) International Energy Agency, *World Energy Outlook 2011*.

(4) الإسكوا، تعزيز التعاون الإقليمي في مجال الطاقة من أجل تحقيق التنمية المستدامة والأهداف الإنمائية للألفية في منطقة الإسكوا، بيروت، 2009، E/ESCWA/SDPD/2009/6.

أكسيد الكربون الناتج من محطات توليد الكهرباء، وتلك المتوقعة للعام 2020 وفق عدة سيناريوهات، ويبحث الفصل الرابع في إمكانيات التصنيع المحلي لمعدات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء سعياً وراء خفض كلفتها التي تعتبر نقطة الضعف الرئيسية في تطبيقاتها؛ وخلق فرص العمل؛ والحصول على معدات تلائم البيئة المحلية. ويستعرض هذا الفصل أيضاً المعوقات التشريعية والمؤسسية والفنية والمالية الحالية. أما الفصل الخامس، فنظراً لأهمية التعاون الدولي في دعم نشر استخدامات الطاقة المتجددة بهدف تخفيض الانبعاثات والحد من تغير المناخ والحد من الاحترار العالمي، فقد خصص للبحث في المبادرات والآليات الدولية والإقليمية المتوفرة في بلدان الإسكوا. أما الفصل السادس، فيستعرض الأطر التشريعية والمؤسسية والتنظيمية الحالية للاستفادة من الطاقة المتجددة، بدءاً بخفض الانبعاثات والتخفيف من حدة تغير المناخ، وصولاً إلى اقتراح الخطوات اللازمة لتعزيز دور الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في مسارين متلازمين.

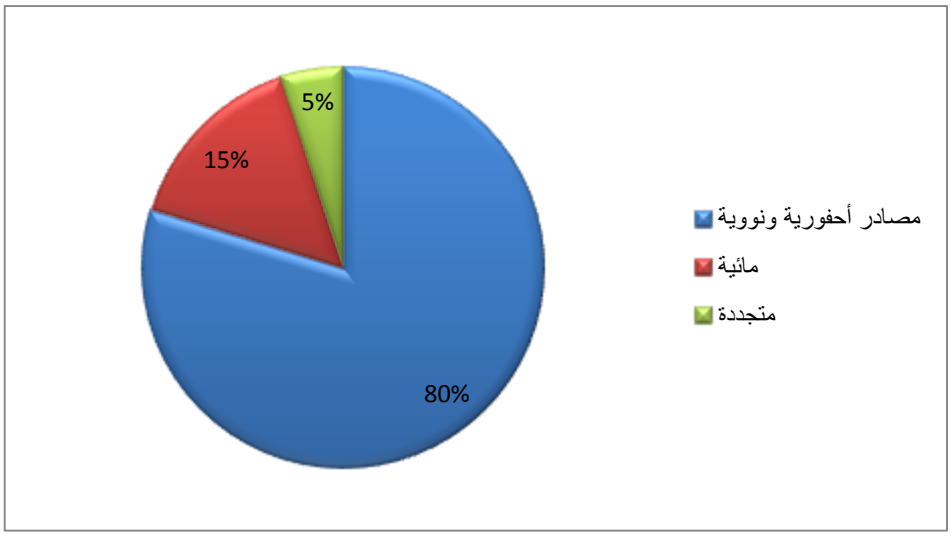
وتخلص الدراسة إلى نتائج هامة لناحية تكوين رؤية حول دور الطاقة المتجددة في بلدان الإسكوا، وإمكانيات مساهمتها في الحد من تغيّر المناخ.

أولاً- إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة

ما زالت الطاقة المتجددة تلقى اهتماماً عالمياً، في ظل نمو أسواق المعدات المتصلة بتطبيقاتها في عدد من الدول المتقدمة أو النامية، خصوصا في مجال إنتاج الكهرباء. وتدل أهم ملامح التطور في أسواق الطاقة المتجددة على زيادة القدرات المركبة لتطبيقات الطاقة المتجددة (باستثناء المصادر المائية) إلى 390 جيجاوات (ج.و.) في نهاية عام 2011 مقابل 315 ج.و. في عام 2010، أي بزيادة قدرها 23.8 في المائة تقريباً. والزيادة ملحوظة في مشاريع طاقة الرياح واستخدام نظم الخلايا الشمسية الكهرضوئية (40 ج.و و30 ج.و على التوالي خلال 2011)[5]. ومن الطبيعي أن ينعكس ذلك إيجاباً على تخفيض الانبعاثات المسببة للاحترار العالمي وتغيّر المناخ.

وفي نهاية عام 2011، بلغت نسبة مساهمة الطاقة المتجددة في الإنتاج العالمي للكهرباء نحو 20 في المائة، منها 15 في المائة من الطاقة المائية (الشكل 1).

الشكل 1- نسبة مساهمة الطاقة المتجددة في الإنتاج العالمي للكهرباء



المصدر: REN21, Global Status Report 2012.

ألف- طاقة الرياح

بدأ استغلال طاقة الرياح في إنتاج الكهرباء بواسطة تربينة، أي عنفة رياح، في القرن التاسع عشر للمرة الأولى في العالم. ومنذ ذلك الحين، تم إجراء الكثير من البحث والتطوير على هذه التربينات. ويمكن استغلال طاقة الرياح في إنتاج الكهرباء عندما لا تقل سرعة الرياح عن 3-5 متر/ثانية ولا تزيد عن 25 متر/ثانية (م/ث)[6]. ويمكن إنشاء مزارع الرياح على اليابسة وكذلك في البحر بالقرب من الشواطئ. ويتوقف اختيار الموقع على عدة عوامل، منها توزّع الرياح وتباين سرعاتها، والخصائص الجغرافية والطبوغرافية

(5) REN21, Renewables 2012, *Global Status Report*, France.

(6) ESCWA, *Promoting Large-Scale Renewable Energy Applications in the Arab Region: An Approach for Climate Change Mitigation*, Beirut, 2010.

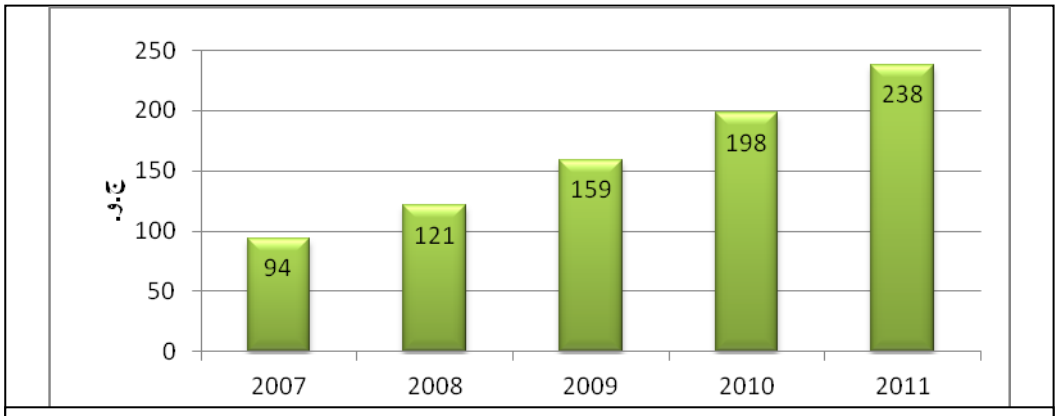
للموقع، إلى جانب القرب من الأحمال المطلوب تغذيتها والربط على الشبكة. ويمكن استخدام هذه المزارع كأنظمة مزدوجة مع نظام شمسي و/أو وقود أحفوري.

ويتأثر إنتاج الكهرباء من هذا المصدر بتغير سرعات الرياح (ارتفاعاً وانخفاضاً)، ويتطلب توفّر قدرات احتياطية من مصادر أخرى، بما أنه لا يمكن الاعتماد على طاقة الرياح فقط كمصدر للإمداد بالكهرباء. وفي حال إنشاء مزارع رياح كبرى، يجب دراسة التغيرات المناخية واستخدام برامج للتنبؤ بسرعات الرياح. ويمكن أن تساهم محطات الرياح المرتبطة بالشبكة الكهربائية بنحو 20 في المائة من الطاقة، من دون وقوع تأثير يُذكر على استقرار هذه الشبكة. ولتحقيق ذلك، يجب مراعاة توزيع محطات الرياح على مساحات جغرافية واسعة، ووجود مصادر أخرى للطاقة تمد الشبكة باحتياجاتها من الطاقة الكهربائية[7]، وبطاقة احتياطية في حال انخفضت سرعات الرياح. فإنتاج الكهرباء من طاقة الرياح يساهم في خفض الانبعاثات وفي تحقيق وفر في استهلاك الوقود الأحفوري، لكنه لا يعفي من تجهيز مجموعات الإنتاج التقليدية اللازمة لتلبية الطلب على الكهرباء خلال فترات الذروة وخارجها.

1- ملامح تطور الصناعة والسوق في العالم

في ضوء تطور صناعة التربينات، وصلت القدرة الإفرادية للتربينة إلى حدود 7.5 ميغاواط. ويبلغ حالياً متوسط سعة التربينة الأكثر انتشاراً 1.7 م.و. على الأرض و3.6 م.و. في البحر[8].

الشكل 2- تطور الإجمالي التراكمي للقدرات المركبة من مزارع الرياح على مستوى العالم (2011-2007)



المصدر: REN21,Global Status Report 2012.

في نهاية 2011، بلغ الإجمالي التراكمي العالمي للقدرات المركبة لمزارع الرياح 238 ج.و. (بما في ذلك نحو 4.1 ج.و. لمزارع الرياح في البحر، أي حوالى 1.7 في المائة من الإجمالي، يتركز نصفها تقريباً في المملكة المتحدة)، بمعدل نمو سنوي قدره 20 في المائة، مقابل 198 ج.و. في عام 2010 ومعدل نمو قدره 24.5 في المائة (الشكل 2). ومن حيث القدرات المركبة، يحتل المراكز الخمسة الأولى كل من الصين

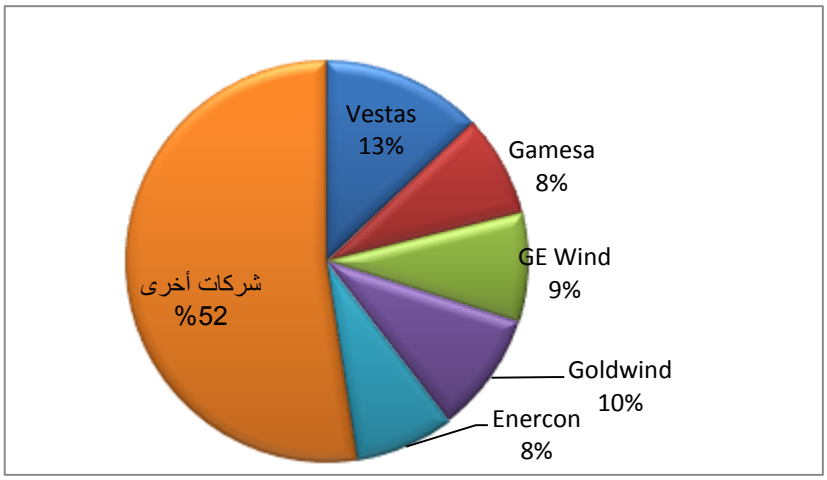
(7) Ibid.

(8) REN21, op.cit.

(62.4 ج.و.) والولايات المتحدة الأمريكية (46.9 ج.و.) وألمانيا (29.1 ج.و.) واسبانيا (21.7 ج.و.) والهند (16.1 ج.و.).

ويضم قطاع صناعة معدات طاقة الرياح 10 شركات تستحوذ تقريباً على 80 في المائة من السوق العالمية، منها 4 شركات صينية، و4 شركات أوروبية، وشركة هندية، وأخرى أمريكية. ويبيّن الشكل 3 أكبر خمس شركات استحوذت علي حوالى 48 في المائة من السوق العالمية في 2011، وهي: Vestas الدانمركية، وGoldwind الصينية، وGE Wind الأمريكية، وGamesa الإسبانية، وEnercon الألمانية. وبالتالي، فهذه التكنولوجيات أصبحت شائعة ومجرّبة.

الشكل 3- نصيب أكبر خمس شركات في صناعة تربينات الرياح من السوق (شركات Vestas وGamesa وGE Wind وEnercon وشركات أخرى)



المصدر: REN21, Global Status Report 2012.

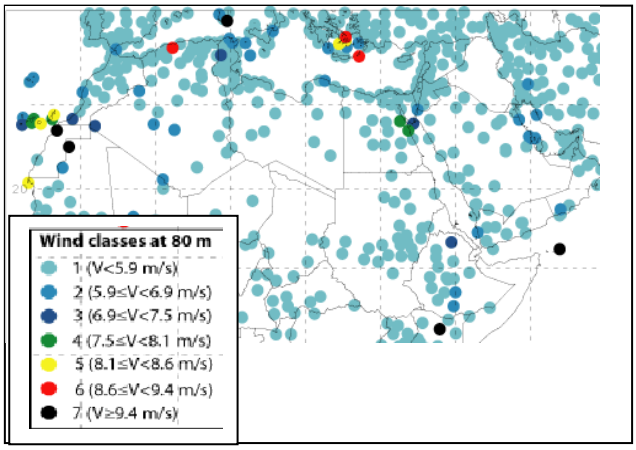
وساهمت عدة عوامل في اعتماد تطبيقات طاقة الرياح، أهمها إصدار تشريعات خاصة بالطاقة المتجددة، مثل التعريفة المميزة، وذلك في أسبانيا وألمانيا والصين، وأيضا النضج الفني لتكنولوجيات طاقة الرياح وسهولة الحصول عليها مع تزايد عدد الشركات المصنّعة وانخفاض الأسعار.

الإطار 1- نظرة عامة على سوق طاقة الرياح

تعتبر تكنولوجيا طاقة الرياح أكثر تطبيقات الطاقة المتجددة (باستثناء الطاقة المائية) انتشاراً من حيث الإجمالي التراكمي وقد أدى دخول الصين في هذا المجال إلى كسر احتكار الشركات الصناعية الدانمركية والألمانية والاسبانية والأمريكية. ويُتوقع أن يقوى دور الصين والهند في هذا المجال. ورغم التطور في زيادة سعة التربينة (وصلت إلى 7 م.و.)، فما زال الطلب يزداد على التربينات الصغيرة القدرة (100 ك.و. وما دون) لاستخدامها في المناطق الريفية والمعزولة.

2- إمكانات طاقة الرياح في منطقة الإسكوا

الشكل 4- متوسط سرعات الرياح في المنطقة عند ارتفاع 80 متراً عن سطح الأرض (2000)



تعتبر طاقة الرياح من الطاقات المحلية، أي المتاحة في مواقع يتسم فيها هيكل سرعات الرياح بخصائص محددة. وهي تتواجد في المنطقة العربية في مواقع متميزة (الشكل 4)، منها الأردن (خليج العقبة) وتونس والجزائر (ساحل المتوسط وبعض الأماكن الداخلية) والسودان (ساحل البحر الأحمر) وعُمان (ساحل المحيط الهندي) ومصر (ساحل خليج السويس) والمغرب وموريتانيا (ساحل الأطلسي) واليمن وبعض المواقع في منطقة الخليج العربي. وتوجد محطات رياح مرتبطة بالشبكة في تونس ومصر والمغرب.

ويشير الجدول 1 إلى المشاريع المنفذة وقيد التنفيذ وفي طور التخطيط، الهادفة إلى إنتاج الكهرباء باستخدام طاقة الرياح في بلدان الإسكوا.

الجدول 1- مشاريع إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح في بلدان الإسكوا

البلد	المشاريع
الأردن[أ]	• في الخدمة: محطة رياح بقدرة 1.5 م.و. • قيد الإعداد والإنشاء: مشروعان لإنشاء مزرعتي رياح بقدرة 40 و90 م.و. • مخطط: تنفيذ محطات رياح قدرتها الإجمالية 1200 م.و. بحلول عام 2020.
الإمارات العربية المتحدة[ب]	• الإعداد والإنشاء: محطة رياح (30 م.و.) في جزيرة صير بني ياس. • الدراسات: حول إنشاء محطة رياح (200 م.و.) على ساحل البحر الأحمر في مصر بالتعاون بين شركة مصدر وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة المصرية. • استثمارات خاصة: مشاركة شركة مصدر في تنفيذ مشروع مزرعة رياح بحرية في بريطانيا (1000 م.و.) وأخرى في جزر سيشيل.
البحرين[ج]	• في الخدمة: ثلاث تربينات رياح (660 ك.و.) تساهم في إمداد مبنى التجارة العالمي بالكهرباء. • مخطط: إنشاء محطة تجريبية مزدوجة شمس/رياح (5 م.و.). يتوقع تشغيلها في 2013.
تونس[د]	• في الخدمة: مزارع رياح بقدرة 174 م.و؛ وأيضاً 70 ميغاواطاً إضافياً تم تجهيزها تقريباً ولكن لم توضع في الخدمة بعد.
الجمهورية العربية السورية[ب]	• مخطط: تنفيذ مزارع رياح بقدرة 1000 م.و. بحلول 2015، ومزارع رياح بقدرة 2500 م.و. بحلول 2030.
عُمان[هـ]	• في الخدمة: مشروع تجريبي لضخ المياه في المناطق النائية باستخدام تربينات الرياح (10 ك.و.) منذ 1996. • الدراسات: تنفيذ دراسة حالة لنظام مزدوج ديزل/رياح (10 تربينات، قدرة كل منها 100 ك.و.) لإنتاج الكهرباء، وإجراء تقييم فني-اقتصادي لمشروع محطة رياح (بقدرة 9 م.و.) في منطقة دقم حيث متوسط سرعة الرياح 5.33 أمتار/ثانية ومعامل السعة 0.36.
الكويت[و]	• مخطط: مزرعة رياح بقدرة 10 م.و.
ليبيا[ز]	• الإعداد والإنشاء: ثلاثة مشاريع مزارع رياح بقدرة إجمالية قيمتها 240 م.و. لتشغيلها في عام 2014؛ • مخطط: زيادة القدرات المركبة لمزارع الرياح لتصل إلى نحو 1 750 م.و. بحلول عام 2030.

الجدول 1 (تابع)

البلد	المشاريع
مصر[أ]	• في الخدمة: مزارع رياح بقدرة 550 م.و. تقريبا ترتبط بالشبكة في موقعي الزعفرانة-الغردقة. • قيد الإنشاء: 200 م.و. في منطقة جبل الزيت على ساحل البحر الأحمر. • الدراسات: حول إنشاء 720 م.و. (مشاريع حكومية)، ومزارع رياح بقدرة 250 1 م.و. (قطاع خاص، نظام بناء، تملك، تشغيل)، و120 م.و. (استثمار أجنبي مباشر)، 200 م.و. (مع شركة مصدر في أبو ظبي). • مخطط: زيادة القدرات المركبة لمزارع الرياح لتصل إلى 200 7 م.و. تقريبا بحلول 2020.
المغرب[ج]	• في الخدمة: مزارع رياح بقدرة 291 م.و. • مخطط: زيادة القدرات المركبة لتصل إلى 000 2 م.و. تقريبا عام 2020.
المملكة العربية السعودية[د]	• تم الانتهاء من دراسة جدوى لإنشاء مزرعتي رياح بقدرات مختلفة لمنطقتي ينبع وظلم.
اليمن[أ]	• الإعداد والإنشاء: محطة رياح بقدرة 60 م.و. • مخطط: زيادة القدرات المركبة لمزارع الرياح لتصل إلى 460 م.و. بحلول عام 2025.

(أ) أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، دليل إمكانات الدول العربية في مجالات الطاقة المتجددة ورفع كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة، القاهرة، 2011.

(ب) مصدر للطاقة (في 2 آب/أغسطس 2012).

(ج) Imen Jeridi Bachellerie, Gulf Research Center, Renewable Energy in the GCC Countries, Resources, Potential, and Prospects.

(د) الاتحاد العربي للكهرباء، النشرة الإحصائية 2011، ومصادر أخرى.

(ه) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي 2011/2010، القاهرة.

(و) المرجع نفسه.

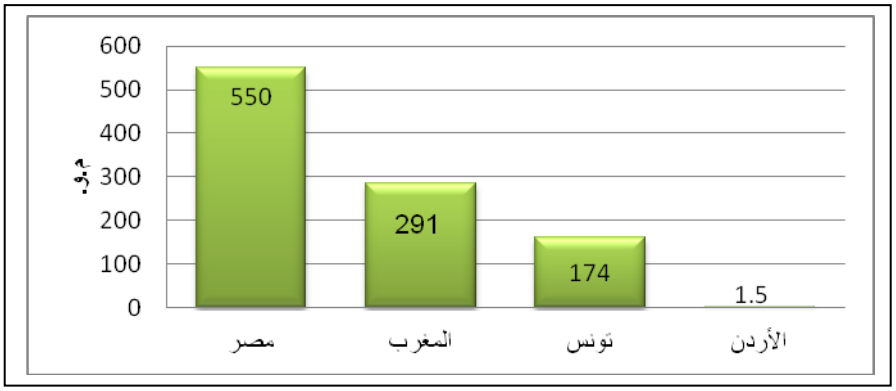
(ز) أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، "ورقة عمل لصياغة رؤية عربية تجاه الخطط والمبادرات الشمسية"، حزيران/يونيو 2011.

(ح) Global Wind Energy Council, Global Wind Report, Annual Market Update 2011.

لم يصل انتشار طاقة الرياح إلى المستوى المطلوب في منطقة الإسكوا. ويرجع سبب اعتماد هذا النوع من الطاقة في تونس ومصر والمغرب إلى الاهتمام الحكومي بتنمية استخدام طاقة الرياح، في ضوء الإمكانات الوطنية المتميزة، وبناءً على دراسات فنية مسبقة. يُضاف إلى ذلك دعم الدول الرائدة والمنظمات الدولية لذلك في إطار التعاون الدولي الثنائي، والاهتمام الرسمي بتشجيع التصنيع المحلي لبعض مكونات معدات طاقة الرياح في حالة مصر. وبدأت دولة الإمارات العربية المتحدة بالتوجه إلى الاستثمار في هذا المجال من خلال شركة مصدر أبو ظبي (التي أنشئت في عام 2006). ويبيّن الشكل 5 مزارع الرياح الموضوعة في الخدمة في بلدان الإسكوا.

ودور الحكومة ضروري في المراحل الأولى لتقديم هذه التكنولوجيا على المستوى الوطني، خصوصاً مع وجود احتكار حكومي لقطاع الكهرباء في بلدان الإسكوا، من خلال إتاحة التمويل اللازم والتنفيذ في إطار الاستثمارات الحكومية. ومن المتوقع أن يؤدي القطاع الخاص (وحده أو من خلال الشراكة بين القطاعين العام والخاص) دوراً بارزاً في هذا المجال في معظم البلدان، لا سيما مع وجود سياسات تحفيزية، بما يتناسب مع المخططات والأولويات الوطنية.

الشكل 5- مزارع الرياح لإنتاج الكهرباء في بلدان الإسكوا

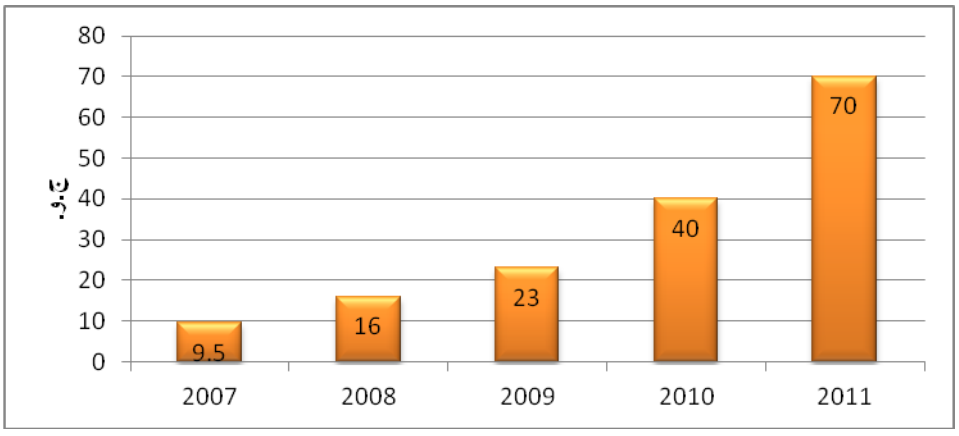


باء- الطاقة الشمسية الكهرضوئية (الفوتوفلطية)

تعتمد فكرة الخلايا الشمسية الكهرضوئية على الاستفادة المباشرة من أشعة الشمس، المباشرة أو المشتتة، لتحويلها إلى طاقة كهربائية. ويتم تجميع الخلايا في وحدات، ويتم ربط الوحدات مع بعضها البعض في لوحات ليتم بعد ذلك تجميعها في مصفوفات. وتُعتبر نظم الخلايا ملائمة للاستخدام في المناطق الريفية والنائية كأنظمة معزولة، كما يمكن ربطها بالشبكة في حالة المحطات الكبرى.

وتُعتبر نظم الطاقة الشمسية الكهرضوئية (نظم الخلايا الفوتوفلطية) لإنتاج الكهرباء أسرع تطبيقات الطاقة المتجددة نمواً في السنة. فقد وصل إجمالي القدرات المركبة في نهاية 2011 إلى حوالى 70 ج.و.، بمعدل زيادة 75 في المائة، مقابل 40 ج.و. ومعدل زيادة قدره نحو 72 في المائة في عام 2010. ويرجع ذلك إلى الحوافز المالية التي قدمتها كثير من الدول المتقدمة والنامية لنشر استخدام تطبيقات الطاقة المتجددة، ومن بينها هذه النظم. ويشير الشكل 6 إلى تطور الإجمالي التراكمي للقدرات المركبة عالمياً في الفترة 2007-2011[(9)].

الشكل 6- تطور الإجمالي العالمي للقدرات المركبة من نظم الخلايا (2007-2011)



المصدر: REN21, Global Status Report 2012.

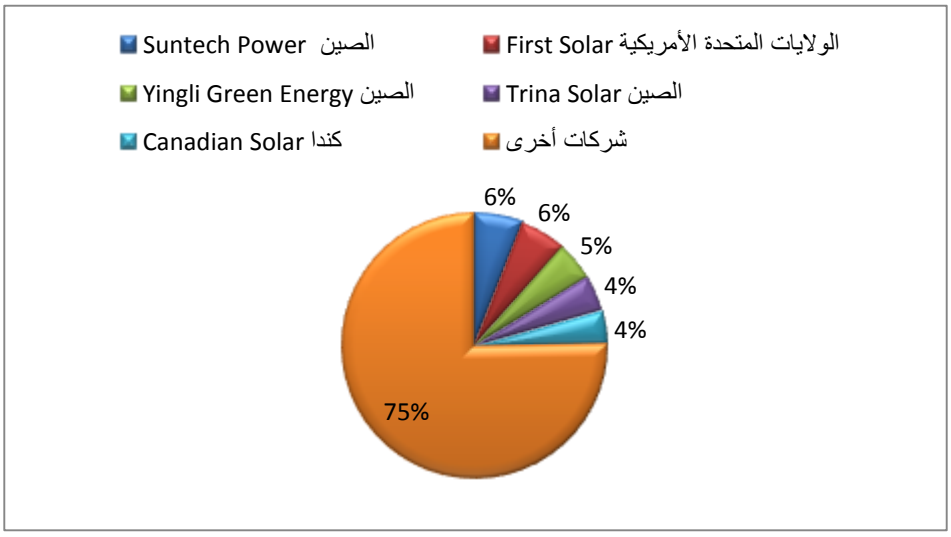
(9) REN21, op.cit.

واحتلت ألمانيا (24.8 ج.و.) وإيطاليا (12.8 ج.و.) واليابان (4.9 ج.و.) وأسبانيا (4.5 ج.و.) والولايات المتحدة الأمريكية (4 ج.و.) المراكز الخمسة الأولى عالمياً من حيث القدرات المركّبة في نهاية عام 2011.

1- ملامح تطور السوق والصناعة في العالم

تزايد الطلب على نظم الخلايا الكهرضوئية بشكل كبير خلال عام 2011، كما انخفض سعر الوحدة (module) بنسبة تعدت 40 في المائة خلال العام نفسه، وتراجعت أيضاً أسعار نظم الخلايا المركبة على الأسطح بنسبة 20 في المائة تقريبا. وسبب ذلك زيادة الإنتاج والتطوير في التكنولوجيا، فضلاً عن المنافسة بين المصنعين. وانخفض سعر مادة السيليكون، المكون الرئيسي للخلايا. وتهيمن الخلايا السيليكونية المتبلرة على السوق، حيث تضاعف إنتاجها في الفترة 2008-2010 مع تراجع النصيب السوقي لخلايا الفيلم الرقيق من 21 في المائة في 2009 إلى 13 في المائة في 2011. كما تزايد الاهتمام بنظم الخلايا الفوتوفلطية المركزة (Concentrating Photovoltaic-CPV) التي تعتمد على وضع سطح عاكس على الخلية قد يكون عدسة أو مرآة ذات قطع مكافئ أو عواكس جانبية تعمل على زيادة تركيز كل الإشعاع الشمسي الساقط. وقد تم تنفيذ مشاريع إنتاج الكهرباء باستخدام هذه النظم بقدرة إجمالية بلغت 33 ميغاواط ربطاً بالشبكة في ما لا يقل عن 20 بلداً في العالم (مثل أسبانيا وأستراليا والمملكة العربية السعودية والولايات المتحدة الأمريكية)، ويشهد استخدام نظم الخلايا الفوتوفلطية في المباني اهتماما متناميا[10].

الشكل 7- نصيب أكبر خمس شركات صناعية في مجال الخلايا الفوتوفلطية من السوق



وهناك نحو 15 شركة استحوذت على 49 في المائة من السوق العالمية في عام 2011، منها 9 شركات صينية، وأخرى شركات أمريكية ويابانية وكندية ومن النرويج. ويشير الشكل 7 إلى النصيب السوقي لأكبر خمس شركات صناعية، تصل حصتها العالمية الإجمالية إلى حوالى 25 في المائة، بما فيها ثلاث شركات صينية. وقد يكون ذلك مفيداً للسوق إذ يخلق منافسة تؤدي إلى خفض الأسعار وعدم احتكار

(10) Ibid.

بعض الدول المتقدمة للتكنولوجيا، كما يُعتبر مؤشراً على انتقال صناعة نظم الخلايا الفوتوفلطية إلى القارة الآسيوية بأسواقها الضخمة، وبالتالي على زيادة العرض والطلب.

2- إمكانات الطاقة الشمسية الضوئية في منطقة الإسكوا

بلدان الإسكوا غنية بالطاقة الشمسية. وقد تزايد الاهتمام باستغلال هذا المصدر في السنوات الأخيرة، لا سيما مع تقلّب أسعار الطاقة في السوق العالمية والاهتمام بقضايا البيئة وتغير المناخ، بالإضافة إلى الدور الذي يمكن أن تؤديه نظم الطاقة الشمسية الكهرضوئية في تحسين الظروف الحياتية في التجمعات السكنية الريفية والمعزولة عن الشبكات. وتوجد مصانع لتجميع مكونات هذه النظم في عدد من بلدان الإسكوا، منها الأردن وتونس والجمهورية العربية السورية والسودان ومصر. وتوجد أكبر محطة لنظم الخلايا الفوتوفلطية (10 م.و.) في أبو ظبي، كما توجد تطبيقات لنظم الخلايا الشمسية في معظم البلدان. وقد وصل إجمالي النظم المركبة في المنطقة العربية إلى حوالى 22 م.و. في عام 2010[11]. وأعلنت إحدى الشركات في المملكة العربية السعودية عن عزمها إنشاء محطة كهرباء بقدرة 1-2 م.و. بنظم الخلايا، وأعلنت أخرى عن مشروع لإنشاء محطة لنزع ملوحة مياه البحر بقدرة 10 م.و. من خلال استخدام نظم الخلايا[12].

جيم- الطاقة الشمسية الحرارية

تعتمد فكرة المركزات الشمسية الحرارية (Concentrating Solar Power-CSP) على تجميع الأشعة الشمسية المباشرة وتركيزها في مساحة معينة (بما أنه لا يمكن تركيز الأشعة المشتتة) للحصول على درجة حرارة عالية تتراوح بين 400 و1 000 درجة مئوية. وبالتالي، فمن المجدي ألا تقل كثافة الإشعاع الشمسي المباشر في موقع المشروع عن 2 200 ك.و.س. على المتر المربع في السنة، مع توافر المساحة الكافية والبنى الأساسية اللازمة من خطوط نقل الطاقة الكهربائية ومصادر المياه والطرق الممهدة، وربما الوقود الأحفوري أيضاً في حال اعتماد محطات الدارة المركبة التي تتضمن مكونا شمسيا[13]. وتتراوح سعة المحطات الموجودة حالياً بين 50 و280 م.و. ويمكن تصميم محطات متصلة بالشبكة الكهربائية لتعمل مع وجود نظام تخزين حراري، أو بالتهجين مع الوقود الأحفوري لتلبية الأحمال. وتوجد حالياً أربع تكنولوجيات للمركزات الشمسية لإنتاج الكهرباء تتسم كلها بالنضج التقني (الشكل 8)، هي[14]:

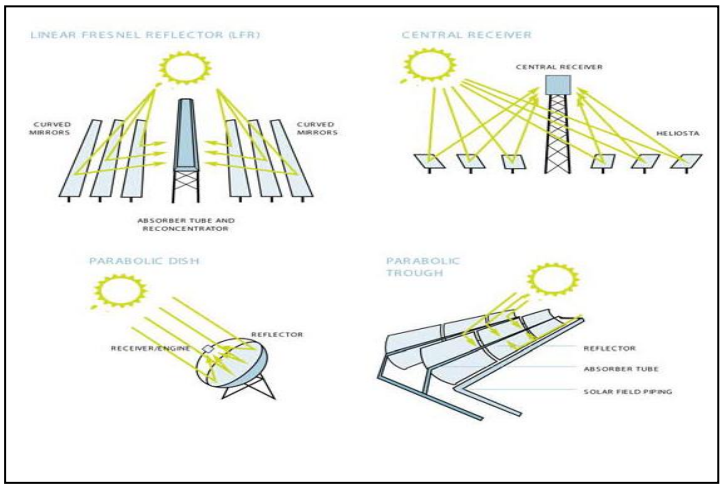
(11) الإسكوا، التصنيع المحلي لمعدات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح: الإمكانات والآفاق في المنطقة العربية، بيروت، 2011.

(12) REN21, op.cit.

(13) السياسات والتدابير في مجال الطاقة لتعزيز التخفيف من حدة تغير المناخ في البلدان الأعضاء في الإسكوا، إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة، مرجع سبق ذكره.

(14) Solar PACES, ESTELA & Green peace، مستقبل تكنولوجيا تركيز الطاقة الشمسية في العالم 2009، أسباب التهافت على الطاقة المتجددة، 2009.

الشكل 8- تكنولوجيات المركزات الشمسية الحرارية



- القطع المكافئ (Parabolic Trough)؛
- البرج المركز (Solar Tower)؛
- القطع الطبقي (Parabolic Dish)؛
- عاكس فرينل ذو المرايا المستوية (Linear Fresnel Reflector).

وتنتشر تكنولوجيات المركزات الشمسية الحرارية تجارياً بدرجات متفاوتة.

الجدول 2- مقارنة فنية بين تكنولوجيات المركزات الشمسية الحرارية الأربع[15]

التكنولوجيا/ القدرة الافرادية (م.و.)	المتوسط السنوي للكفاءة الشمسية (القدرة المنتجة نسبة إلى الإشعاع الشمسي الساقط) (٪)	التبريد عبر مكثف البخار	معامل القدرة الشمسي (عدد ساعات تشغيل المكون الشمسي في السنة/عدد ساعات السنة أي 8 760 ساعة)	إمكانية التخزين الحراري	استخدام الأرض مقدراً بالمتر المربع لكل ميجاوات ساعة في السنة (م^2/م.و.س/سنة)
القطع المكافئ (10-200 م.و.)	10-15، متوقع أن تزيد إلى 17-18	المياه*/ التبريد الجاف (الهواء)	24 في المائة، متوقع أن يصل إلى 25-90 في المائة (نتيجة وجود نظام تخزين حراري).	نعم	6-8 (أرض مستوية)
البرج المركزي (10-150 م.و.)	8-10، متوقع أن تزيد إلى 15-25	المياه*/ التبريد الجاف (الهواء)	متوقع أن يصل إلى 25-90 في المائة (نتيجة وجود نظام تخزين حراري).	نعم	8-12 (أرض مستوية، ويصلح على السفح الجنوبي للجبال في شمال الكرة الأرضية، والعكس صحيح)
عاكس فرينل ذو المرايا المستوية (10-200 م.و.)	9-10 (متوقع)	المياه*/ التبريد الجاف (الهواء)	متوقع أن يصل إلى 25-90 في المائة (تبعاً لوجود نظام تخزين حراري).	نعم	4-6 (أرض مستوية)
القطع الطبقي (0.01-0.4)	16-18، متوقع أن تزيد إلى 18-23	لا يوجد	متوقع أن يصل إلى 25 في المائة (حسب وجود السحب والغيوم أو ندرتها).	لا	8-12 (أرض مستوية ويصلح على السفح الجنوبي للجبال في شمال الكرة الأرضية، والعكس صحيح)

(15) German Aerospace Center and the Federal Ministry for the Environment, *Nature Conservation and Nuclear Safety, Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region*, 2005.

1- ملامح تطور السوق والصناعة في العالم

بلغ الإجمالي العالمي للقدرات المركبة للمحطات الشمسية الحرارية نحو 1.76 ج.و. في عام 2011، مقابل 1.3 ج.و. عام 2010، أي أنه ارتفع بمعدل 35 في المائة تقريباً. وتُعتبر أسبانيا والولايات المتحدة الأمريكية السوقين الرئيسيين للمركزات الشمسية من حيث القدرات المركبة في العالم، وقد وصل الإجمالي فيهما إلى حوالى 1.15 و0.507 ج.و. على التوالي. ويُتوقع استمرار النمو المطرد في هاتين السوقين[16].

وتشهد السوق توسعاً خارج أسبانيا والولايات المتحدة، نتيجة للاهتمام المتنامي باستخدام المركزات الشمسية الحرارية عن طريق تكنولوجيا القطع المكافئ في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وكذلك في أستراليا وتايلند وجنوب أفريقيا وشيلي والصين والمكسيك والهند. ولا تزال تكنولوجيا مُركِزات القطع المكافئ هي الأكثر انتشاراً، بنسبة 90 في المائة تقريباً. ويشير الجدول 3 إلى القدرات المركبة لمحطات المُركِزات الشمسية قيد التشغيل أو الإنشاء لغاية الربع الأول من 2012[17]، بما في ذلك في الإمارات العربية المتحدة ومصر والمغرب والمملكة العربية السعودية في منطقة الإسكوا.

الجدول 3- القدرات المركبة لمحطات المُركِزات الشمسية الحرارية قيد التشغيل والإنشاء حتى الربع الأول من 2012

البلد	قيد التشغيل (م.و.)	قيد الإنشاء (م.و.)
الإجمالي	**1875.8**	**2902.2**
اسبانيا	1253.4	952.5
استراليا	5	47
ألمانيا	1.5	-
الإمارات العربية المتحدة	**-**	**100**
إيران	17	-
إيطاليا	5	-
تايلند	5	9
الجزائر	25	-
شيلي	-	7
الصين	2	114
فرنسا	-	1.4
مصر	**20**	**-**
المغرب	**20**	**-**
المكسيك	-	14
المملكة العربية السعودية	**-**	**0.3**
الهند	5.5	340
الولايات المتحدة الأمريكية	509.3	1317

(16) REN21, op.cit.

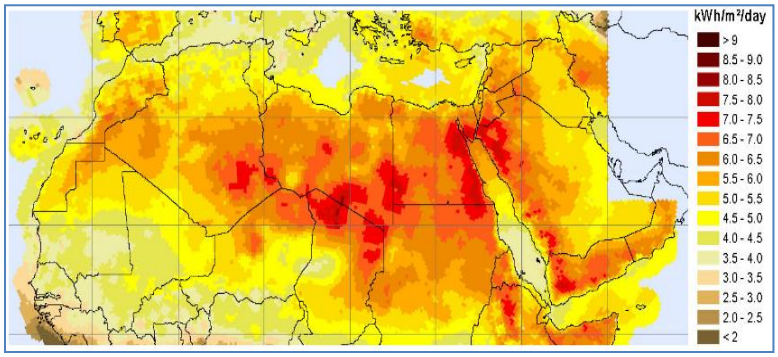
(17) Power Generation Magazine, Energetica INTERNATIONAL, No. 123, July-August 2012.

تبقى الأنشطة الصناعية للمركزات الشمسية، عموماً، حكراً على عدة شركات، أغلبها في اسبانيا والولايات المتحدة، وبدرجة محدودة في ألمانيا. وتعمل عدة مؤسسات في مجال تطوير التكنولوجيا، مثل Bright Source الأمريكية التي تنوي إضافة نظم تخزين حراري (يعتمد على الأملاح المنصهرة) لثلاث محطات شمسية حرارية في الولايات المتحدة. وكشفت شركة General Electric – GE الأمريكية عن مشروع لإنشاء محطة شمسية متكاملة مع نظام الدورة المركبة، بالتعاون مع الشركة الأمريكية e-Solar. وتطوّرت القدرة النمطية للمحطة في الولايات المتحدة الأمريكية وأصبحت تتراوح بين 150 و250 م.و.، وهو ما قد يؤدي إلى تحسين اقتصاديات المشاريع[18].

ومن المتوقّع دخول شركات هندية وصينية إلى مجال صناعة المركزات الشمسية في الفترة القادمة، (بعد دخولها في سوقي معدات طاقة الرياح ونظم الخلايا الشمسية، مما قد يؤدى إلى فتح الحلقة الصناعية المغلقة حالياً على الشركات الاسبانية والأمريكية وإلى نشر التكنولوجيا. ومن المُقدر أن يصل الإجمالي التراكمي إلى نحو 4.8 ج.و. خلال الفترة 2012-2014.

2- إمكانات الطاقة الشمسية الحرارية في منطقة الإسكوا

الشكل 9- المعدلات السنوية للإشعاع الشمسي المباشر في منطقة الإسكوا



تقع بلدان الإسكوا في نطاق الحزام الشمسي، حيث تتعرض لإشعاع شمسي مباشر يتراوح بين حوالى 4-8 كيلوات ساعة/متر مربع/يوم (الشكل 9)[19].

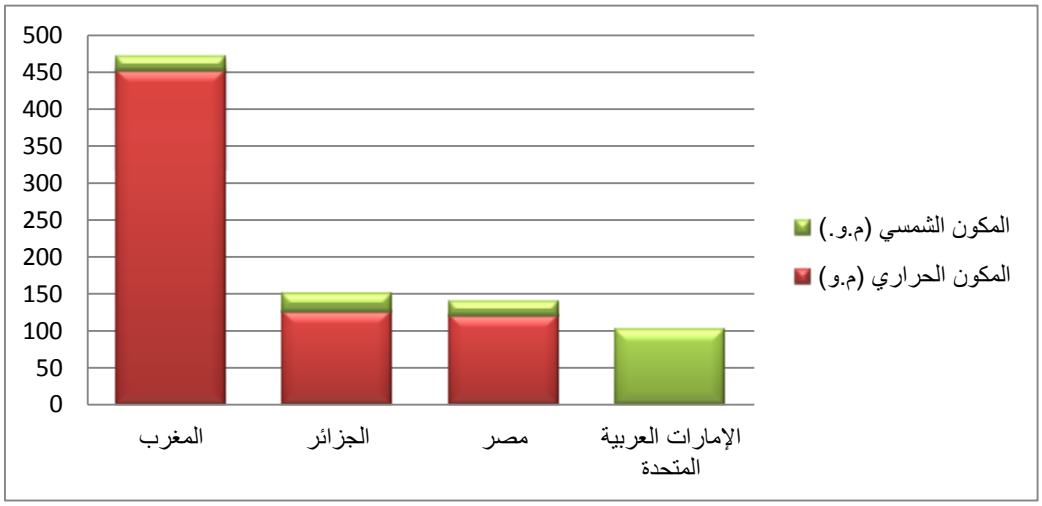
وقد بدأ الاهتمام بإنتاج الكهرباء باستخدام المركزات الشمسية الحرارية في بعض بلدان المنطقة منذ العقد الماضي، حيث قام المغرب ومصر، بالتعاون مع مرفق البيئة العالمي، بإنشاء محطتين لإنتاج الكهرباء باستخدام تكنولوجيا مُركزات القطع المكافئ التي تتكامل مع الدورة المركبة، بحيث يقتصر عملها ليلاً على الاعتماد على الوقود الأحفوري، وذلك بقدرتي 470 م.و. (منها 20 م.و.) مكون شمسي في المغرب و140 م.و. (منها 20 م.و.) مكون شمسي في مصر[20]. وقد انتقل الاهتمام بهذه التكنولوجيا إلى منطقة الخليج، حيث يجري تنفيذ محطة بقدرة 100 م.و. في أبو ظبي في الإمارات العربية المتحدة (الجدول 3).

(18) REN21, op.cit.

(19) National Renewable Energy Laboratory, http://www.nrel.gov.

(20) التصنيع المحلي لمعدات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح: الإمكانات والآفاق في المنطقة العربية، مرجع سبق ذكره.

الشكل 10- المحطات الشمسية الحرارية قيد التشغيل والإنشاء في المنطقة العربية



ويتضمن الجدول 4 ملخصاً لأهم مشاريع إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية، سواء الحرارية أو الكهرضوئية، في بلدان الإسكوا.

الجدول 4- مشاريع إنتاج الكهرباء عن طريق استخدام الطاقة الشمسية في بلدان الإسكوا

البلد	المشاريع
الأردن[أ]	- في الخدمة: نظم خلايا فوتوفلطية بقدرة 5.5 + 0.5 م.و.؛ - مقرر: إنشاء محطة شمسية حرارية (8.5 م.و.)، ومحطة شمسية بقدرة 100 م.و. في المرحلة الأولى ترتفع إلى 200 م.و. في المرحلة الثانية.
الإمارات العربية المتحدة[ب]	- في الخدمة: نظم خلايا على أسطح مباني مدينة مصدر قدرتها 1 م.و. للمساهمة في 30 في المائة من إمدادات بالطاقة الكهربائية المطلوبة، ومحطة شمسية بنظم خلايا فوتوفلطية قدرتها 10 م.و.؛ - أنشطة بحثية ودراسات: برنامج بحثي Beam-Down Solar Tower؛ ومشروع بحثي لمركز شمسي (100 ك.و.) بنظام البرج المركزي، للحصول على بخار يستخدم في إدارة التربينات؛ - استثمارات خاصة: مشاركة شركة مصدر في ملكية محطة خيما سولار في اسبانيا (بقدرة 20 م.و. تقريبا، تكنولوجيا البرج المركزي) وتشغيلها رسمياً في 2011؛ - في مرحلة الإنشاء: محطة شمسية حرارية (شمس1) بقدرة 100 م.و.؛ ومحطة شمسية بنظم الخلايا الفوتوفلطية (نور1) بقدرة 100 م.و.
البحرين[ب]	- قامت إحدى شركات النفط بإنشاء محطة مزدوجة من الطاقة الشمسية (4 ك.و.) وطاقة الرياح (1.7 ك.و) لتخزين الطاقة وإنتاج الهيدروجين الذي يتم تحويله بواسطة خلية وقود (1.2 ك.و.) إلى كهرباء تستخدم في تشغيل وإنارة أحد المعامل؛ - الدراسات: تم في تموز/يوليو 2011 التعاقد مع استشاري ألماني لتقديم خدمات استشارية بشأن استخدام الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء (اعتماداً على طاقتي الشمس والرياح)، مع الربط على الشبكة.
تونس[ج]	- في الخدمة: نظم خلايا شمسية بقدرة إجمالية 1 م.و.؛ - مخطط: إنشاء مشروعين للمركزات الشمسية الحرارية لإنتاج الكهرباء بقدرتي 25 م.و. (قطاع عام) و75 م.و. (قطاع خاص).

الجدول 4 (تابع)

البلد	المشاريع
الجمهورية العربية السورية[ج]	- في الخدمة: نظم خلايا بقدرة 0.08 م.و. ويوجد خط لإنتاج ألواح كهرضوئية بقدرة 15 م.و. سنوياً؛ - مخطط: تركيب نظام كهرضوئي بقدرة 1 م.و.، وتركيب نظم خلايا بقدرة 700 م.و. بحلول 2020، وأيضاً بقدرة 2000 م.و. بحلول عام 2030.
السودان[ا]	- في الخدمة: نظم خلايا فوتوفلطية بقدرة 0.5 م.و. في ألف قرية.
العراق[ج]	- في الخدمة: منظومة لإنارة الطرق الخارجية، مع تغذية العلامات المرورية بنظم الخلايا الفوتوفلطية؛ - في مرحلة الإعداد: تغذية مجمعات سكنية وصناعية ومحطات شمسية لإنتاج الكهرباء في المناطق المعزولة بقدرة 50 م. و.
عُمان[ب]	- في الخدمة: تطبيقات محدودة لنظم الخلايا بهدف استخدامها للإنارة وضخ المياه وفي محطات رصد الزلازل؛ - في مرحلة الإجراءات: في تموز/يوليو 2011، تعاقدت شركة تنمية بترول عمان مع شركة أمريكية لتنفيذ مشروع شمسي حراري يقضي باستخدام مُركِز شمسي بقدرة 7 م.و. يكون متكاملاً مع وحدة إنتاج بخار باستخدام الغاز. كما طرحت الهيئة العامة للكهرباء والمياه في 2011 مناقصة لمشروع محطة شمسية حرارية/نظام خلايا فوتوفلطية (قدرة 200 م.و.) حسب نظام بناء- تملك- تشغيل، على أن ينتهي التنفيذ في أواخر 2013؛ - مخطط: أن يقوم القطاع الخاص بالاستثمار في مجال الطاقة الشمسية المباشرة، وفي إنتاج السيليكون والألواح الشمسية والحامل المعدني وإنشاء محطة شمسية (400 م.و.).
فلسطين[د]	- في الخدمة: نظم خلايا فوتوفلطية بقدرة 80 ك.و. ونظم خلايا بقدرة 300 ك.و.؛ - مخطط: إنتاج طاقة كهربائية (240 ج.و.س.) من المصادر المتجددة في الضفة الغربية عام 2020.
قطر[ه]	- في مرحلة الإعداد والإنشاء: أعلنت شركة قطرية في تشرين الأول/أكتوبر 2011 عن توقيع عقد لإنشاء مصنع لإنتاج "بولي سيليكون" في قطر بقيمة مليار دولار أمريكي تقريباً، بهدف إنتاج 000 8 طن متري من البولي سيليكون المتعدّد البلورات العالية النقاوة سنوياً، كمرحلة أولى. ومن المزمع الانتهاء من التنفيذ في النصف الثاني من عام 2013؛ - مقرر: استخدام الطاقة الشمسية في إنارة وتبريد الملاعب وأماكن المشجعين في أثناء بطولة كأس العالم لكرة القدم المقرر أن تستضيفها قطر عام 2022.
الكويت[ب]	- في الخدمة: إجمالي القدرات المركبة لا يزيد عن 400 ك.و. من النظم الشمسية؛ - في مرحلة الإجراءات: أعلنت الشركة الكويتية للبترول عن عزمها طرح مناقصة في الربع الأول من 2012 لتنفيذ محطة شمسية (5 م.و.) بنظم الخلايا الفوتوفلطية، ومحطة أخرى بنظم المركزات الشمسية لإنتاج البخار؛ - في مرحلة الدراسات: كلّفت وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة منظمة التجارة الخارجية اليابانية إعداد دراسة جدوى لمشروع محطة شمسية حرارية تكون متكاملة مع الدورة المركبة بقدرة 280 م.و.، تبلغ قدرة المكون الشمسي (بنظام القطع المكافئ) 60 م.و. منها؛ - مخطط: قيام وزارة الكهرباء والمياه بإنشاء مجمع كهرباء (70 م.و.) ربطاً بالشبكة، من خلال استخدام مصادر الطاقة المتجددة (10 م.و. لمحطة خلايا، 10 م.و. لمزرعة رياح، 50 م.و. لمحطة شمسية حرارية) في موقع بالقرب من الحدود مع العراق.
لبنان[ج]	- في الخدمة: نظم خلايا فوتوفلطية بقدرة 3 م.و. في عدة مدارس حكومية؛ - مقرر: إنشاء نظم خلايا فوتوفولطية بقدرة 50 م.و.، وتنفيذ مبادرة حكومية لإنارة الشوارع باستخدام الطاقة الشمسية.
ليبيا[ج]	- في الخدمة: 0.218 م.و. نظم خلايا شمسية؛ - مقرر: إنشاء نظم خلايا بقدرة 000 1 م.و.، منها 100 م.و. ربطاً بالشبكة خلال الفترة 2010-2015، ومركزات شمسية حرارية بقدرة 1200 م.و.، منها 300 م.و. خلال الفترة 2010-2015.

الجدول 4 (تابع)

البلد	المشاريع
مصر[و]	- في الخدمة: محطة شمسية حرارية بقدرة 140 م.و.، ونظم خلايا فوتوفلطية بقدرة 10 م.و.؛ - في مرحلة الدراسات: حول محطة شمسية حرارية بقدرة 100 م.و.، مع نظام تخزين حراري في جنوب مصر، وحول مشروعين لإنشاء محطتين شمسيتين بنظم الخلايا كل منهما بقدرة 20 م.و.
المغرب[ز]	- في الخدمة: محطة شمسية حرارية بقدرة 470 م.و.، منها 20 م.و. مكون شمسي؛ - مقرر: إنشاء محطات مركزات شمسية حرارية بقدرة 000 2 م.و. في عام 2020.
المملكة العربية السعودية[ج]	- الإنشاء: محطة شمسية (10 م.و.) بنظم الخلايا تهدف إلى تغذية محطة تحلية بنظام التناضح العكسي لإنتاج 000 30 متر مكعب من المياه المحلاة يومياً بحلول نهاية 2012، وذلك كمرحلة أولى. وتنتهي المرحلة الثانية بإنشاء محطات كهرضوئية بقدرة 100 م.و. لتغذية محطات تحلية هدفها إنتاج 000 300 متر مكعب يومياً، على أن يتم تعميم التجربة في نهاية المرحلة الثالثة، وهي إنشاء محطة شمسية حرارية بقدرة 0.3 م.و. (الجدول 3)؛ - استثمارات خاصة: إنشاء مصنع لإنتاج حوالى 350 3 طنا متريا من ألواح السيليكون المتعدد البلورة في السنة، اعتباراً من عام 2014.
اليمن[ح]	- في الخدمة: مشاريع نظم خلايا فوتوفلطية في المناطق الريفية؛ - مخطط: تنفيذ مشروع نظم خلايا في الريف (واحد م.و. تقريبا).

(أ) الإسكوا، السياسات والتدابير في مجال الطاقة لتعزيز التخفيف من حدة تغير المناخ في البلدان الأعضاء في الإسكوا.

(ب) Imen Jeridi, Renewable Energy in the GCC Countries, resources, Potentials, and Prospects.

(ج) أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، دليل إمكانات الدول العربية في مجالات الطاقة المتجددة ورفع كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة.

(د) المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، النشرة الإعلامية، العدد 7، القاهرة، حزيران/يونيو 2011.

(هـ) جريدة الراية، http://www.raya.com/site/topics/printArticle.asp?cu_no=2&item_no=632527&version=1&template_id=35&parent_id=34.

(و) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي 2010/2009، مصر.

(ز) الإسكوا، التصنيع المحلي لمعدات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح: الإمكانات والآفاق.

وتلقى تكنولوجيات الطاقة الشمسية اهتماماً كبيراً في بلدان الإسكوا عموماً، لعدة أسباب، منها التوجه نحو تنويع مصادر الطاقة، والحد من استنزاف الموارد النفطية الوطنية، والتقلبات الحادة في أسعار الطاقة، بالإضافة إلى تقلّب أسواق الطاقة الذي يمثّل عنصر ضغط على برامج التنمية في البلدان غير النفطية. وقد اقتصر الأمر على تنفيذ بعض المشاريع الريادية في عدد من البلدان، بينما كان الاهتمام أكبر في بلدان أخرى. على سبيل المثال، تمثل الطاقة الشمسية خياراً حتمياً لفلسطين التي توجد لديها محطة حرارية تقليدية واحدة فقط قدرتها 140 م.و ونظم خلايا كهرضوئية بقدرة 0.35 م.و.[21]. وهي تعتمد لسد احتياجاتها على استيراد الطاقة الكهربائية من السلطات الإسرائيلية المعنية بشكل أساسي. أما في مصر، فإن طاقة الرياح والطاقة الشمسية هما ضرورة حيوية وتشكلان بعداً استراتيجياً، حيث الموارد الأحفورية محدودة الأجل ولا تفي بالاحتياجات التنموية والاجتماعية المتزايدة في ظل الكثافة السكانية العالية. وتمثل تطبيقات الطاقة الشمسية حلاً مناسباً لتزويد المناطق الريفية والنائية المتناثرة بخدمات الطاقة الحديثة في السودان واليمن، حيث نفّذت الإسكوا في عام 2009 مشروع كهربة قرية قعوة النائية في الريف اليمني، باستخدام نظم الخلايا

(21) الاتحاد العربي للكهرباء، النشرة الإحصائية 2011.

الكهرضوئية، من أجل تأمين الكهرباء للاحتياجات الحياتية الضرورية (إنارة المنازل والمركز الصحي والجامع والطريق العام، وتبريد اللقاحات في المركز الصحي، وتغذية أجهزة التلفاز والمذياع في المنازل).

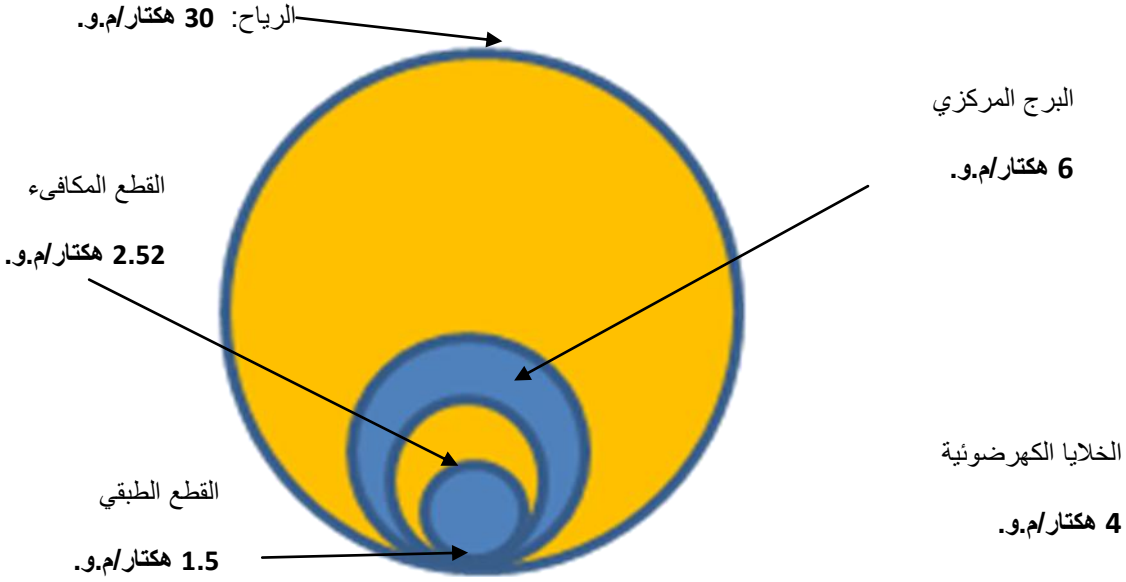
الإطار 2- السباق بين النظم الشمسية الكهرضوئية والنظم الشمسية الحرارية

نظم الخلايا الفوتوفلطية هي الأسرع انتشاراً، نظراً إلى الانخفاض النسبي في أسعارها. وقد أدى ذلك إلى انخفاض كلفة الطاقة الكهربائية المنتجة بواسطتها، وإلى تنفيذ مزيد من المشاريع التي تعتمدها. ويُتوقع أن يستمر هذا التوجه مستقبلاً مع تشجيع استخدامها كنظم متكاملة في المباني.

ويُتوقع أن تحقق الشركات اليابانية والصينية والكورية لنظم الخلايا الفوتوفلطية نمواً بارزاً في السوق الآسيوي. ويُتوقع أيضا أن تظل تكنولوجيا المركزات الشمسية ذات القطع المكافئ هي المهيمنة خلال الفترة القادمة في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية الحرارية لإنتاج الكهرباء، مع التوجه نحو استخدام التخزين الحراري لعدد ساعات أعلى. وهناك اهتمام باستخدام هذه التكنولوجيا في أبو ظبي والأردن والجزائر والكويت ومصر والمغرب. ولا تزال الملكية الفكرية لتكنولوجيا بعض المكونات الرئيسية للمركزات الشمسية حكرا على عدد محدود جداً من الشركات(*)، مما يحول دون انخفاض سعر هذه المكونات. وتهيمن نظم الخلايا الفوتوفلطية على سوق الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء، ربما لأن إنشاء المحطة الشمسية الحرارية يحتاج إلى وقت أطول (قد لا يقل عن ثلاث سنوات)، مع ضرورة توفر بنى أساسية ومصدر مياه لاحتياجات التبريد وتنظيف المرايا. أما نظم الخلايا فهي التطبيق المناسب والملائم للمناطق الريفية والمعزولة، حيث الأحمال أقل والتجمعات السكنية متناثرة، إضافة إلى أنها تستفيد من الطاقة الشمسية ذات الأشعة المباشرة أو المشتتة. وهناك اهتمام أيضا بتكنولوجيات استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء في بلدان الإسكوا، حيث توجد خبرات جيدة في مجال تجميع مكونات النظم الشمسية الكهرضوئية وتنفيذ هذه النظم وتشغيلها وصيانتها. وتتفاوت المساحات المطلوبة لمحطات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وفقاً للنظام المعتمد (الشكل 11).

(*) تحتكر شركتان صناعة الماص الحراري في العالم. وتقوم عدة شركات بتصنيع مرايا القطع المكافئ، بينما ما زال عدد الشركات التي تقوم بأعمال التصميم والتوريد والإنشاء (EPC) محدوداً.

الشكل 11- المساحات المطلوبة لمحطات توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة



المصدر: الندوة العالمية حول الطاقة المتجددة، المغرب، Menasol 2011.

دال- طاقة الكتلة الحيوية

هي الطاقة الكامنة في النباتات والمحاصيل ومخلفات الغابات والمخلفات البشرية والحيوانية. ويمكن الاستفادة من هذه الطاقة إما عن طريق احتراقها من أجل إنتاج الطاقة الحرارية، وإما عبر إنتاج وقود سائل أو غازي يطلق عليه اسم الوقود البيولوجي أو الحيوي لاستخدامه في محطات توليد الطاقة الكهربائية. ويجب استخلاص الوقود الحيوي من المخلفات العضوية، وليس من المحاصيل الزراعية الغذائية، تلافياً لخلق أزمة غذاء في البلدان الفقيرة، لا سيما في ضوء محدودية الموارد المائية المتجددة والأراضي الصالحة للزراعة.

1- ملامح تطور الصناعة والسوق في العالم

في نهاية 2011، بلغ إجمالي القدرات المركبة لمحطات إنتاج الكهرباء من مصادر طاقة الكتلة الحيوية المختلفة حوالى 72 ج.و. وتأتي في مقدمة البلدان التي تستخدم هذه الطاقة دول الاتحاد الأوروبي (26.2 ج.و.)، تليها الولايات المتحدة الأمريكية (13.7 ج.و.)، وبعد ذلك البرازيل (8.9 ج.و.). وتحتل الصين المركز الأول آسيوياً (حوالى 4.4 ج.و.) ثم الهند (3.8 ج.و.). وهناك اهتمام بالكتلة الحيوية كمصدر للطاقة الكهربائية اعتماداً على مخلفات قصب السكر في عدة دول أفريقية، مثل أوغندا والكاميرون وكينيا وغيرها. وتُستخدم مخلفات الغابات المضغوطة في شكل قطع خشبية جافة كوقود لبعض محطات توليد الكهرباء في الولايات المتحدة الأمريكية ودول الاتحاد الأوروبي والصين، وفي كوريا الجنوبية واليابان. وتُستخدم القوالب المصنوعة من مخلفات المحاصيل الزراعية ونشارة الخشب (وصل حجم الإنتاج العالمي منها إلى حوالى 1.3 مليون طن) كوقود نباتي في تايلند والصين وماليزيا والهند[22]. ويُستخدم الغاز الحيوي في بعض الدول الأوروبية على نطاق تجاري، كمصدر للطاقة الكهربائية في المنازل وأيضا في المشاريع الخاصة الصغيرة مثل محطات توليد الكهرباء المحدودة القدرة (4.5-1000 ك.و.)، وفي محطات بسعات تتراوح بين 250 ك.و.–45 م.و.، لإمداد المرافق والصناعة بالكهرباء[23].

2- الإمكانات المتوفرة في منطقة الإسكوا

لا تتوفّر بيانات وإحصاءات دقيقة حول الكتلة الحيوية وتطبيقات الاستفادة منها في بلدان الإسكوا، وذلك لمساهمتها المحدودة في مجال إنتاج الطاقة الكهربائية. ويوجد عدد من المشاريع التجريبية المحدودة لإنتاج الكهرباء في الأردن (استخراج الغاز الحيوي من موقع للنفايات الصلبة لتشغيل محطة توليد كهرباء بقدرة 4 م.و.)، ومصر (استخراج الغاز الحيوي من محطة لمعالجة المياه والصرف الصحي لتشغيل محطة توليد بقدرة 18.5 م.و.)، ولبنان (هناك إمكانية لاستخدام الغاز الحيوي الناتج من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في طرابلس لتغطية نصف احتياجات المحطة من الطاقة الكهربائية)، والإمارات العربية المتحدة (مشروع لإنتاج الكهرباء من محطة معالجة مياه الصرف الصحي)، واليمن (مشروع لإنتاج الكهرباء من المخلفات الحضرية في صنعاء)[24]. وتوجد إمكانيات في بلدان الإسكوا للاستفادة من المخلفات الزراعية. مثلا، يمكن استخلاص الوقود الحيوي من: (أ) مخلفات صناعة الزيتون (6 ملايين شجرة في لبنان، و10 ملايين شجرة في الأردن، و60 مليون شجرة في الجمهورية العربية السورية)؛ (ب) مخلفات صناعة السكر

---

(22) REN21, op.cit.

(23) Ibid.

(24) Walid Al-Deghaili, ESCWA, *Developing Renewable Energy in the Arab Countries*, presentation for the Lebanon Sustainability Week, Beirut, June 2011.

من قصب السكر والشمندر السكري. ففي عام 2007، قُدِرَ إنتاج المحاصيل السكرية بحوالى 21.8 مليون طن في مصر، و7.5 ملايين طن في السودان، و3.9 ملايين طن في المغرب، و1.1 مليون طن في الجمهورية العربية السورية، و37 ألف طن في لبنان، و55 ألف طن في العراق؛ (ج) مخلفات صناعة الألبان[25].

ويتطلب الانتشار التجاري لمشاريع إنتاج الكهرباء من الطاقة الحيوية وضع سياسات حكومية تتضمن حوافز تشجيعية (إعفاءات من الضرائب والجمارك، إتاحة أراضي المشروع بأسعار رمزية، ضمانات حكومية لمعالجة مخاطر الاستثمار، إجراءات إدارية سهلة) لجذب القطاع الخاص الذي يمكنه أن ينشط في هذا المجال.

هاء- مصادر الطاقات المتجددة الأخرى

بالإضافة إلى ما تقدم، هناك مصادر طاقة متجددة أخرى، بعضها تقليدي وشائع الاستخدام عالمياً على المستوى التجاري، مثل المصادر المائية؛ وبعضها محدود الاستخدام لارتباطه بالموقع الجغرافي، مثل طاقة حرارة باطن الأرض؛ وبعضها لم ينتشر تجارياً بسبب كلفته العالية. وهناك عدد محدود من المشاريع الاسترشادية المتصلة بطاقة المحيطات (الأمواج، المد والجزر).

1- الطاقة المائية

تسهم المصادر المائية في 150 دولة تقريباً بنحو 15 في المائة من الإنتاج العالمي للكهرباء. ويُقدر إجمالي القدرات المركبة عالمياً بحوالى 970 ج.و.، تمثل حصة البلدان الأعضاء في الإسكوا واحد في المائة منها[26].

(أ) ملامح تطور الصناعة والسوق في العالم

تعتبر صناعة المعدات الكهرمائية ناضجة وشائعة تجارياً. وتحتل الصين المرتبة الأولى في هذه الصناعة، إلى جانب دول أخرى مثل ألمانيا وفرنسا والنمسا واليابان. وتتجه الشركات المصنعة نحو فتح مصانع في البرازيل والصين والهند، لوفرة اليد العاملة بكلفة زهيدة فيها وللمهارات الفنية التي تنعم بها.

كما يتزايد الاهتمام بتكنولوجيا الضخ والتخزين، التي تقضي بدفع المياه إلى خزان مرتفع والاحتفاظ بها لحين الحاجة إلى طاقة كهربائية. وتُستخدم هذه التقنية في أوروبا والصين والولايات المتحدة واليابان. وقد بلغ إجمالي القدرات المركبة بين 130-140 ج.و. في عام 2011[27].

(ب) الإمكانات في بلدان الإسكوا

تستفيد الجمهورية العربية السورية وتونس والسودان والعراق ولبنان ومصر والمغرب من المصادر المائية لإنتاج الكهرباء، وهناك إمكانات للاستفادة من مياه نهر النيل في المستقبل، في إطار التعاون بين أثيوبيا والسودان ومصر (حوالى 3200 م.و.)، فضلاً عن التعاون مع باقي دول حوض النيل حيث تقدر الإمكانات

---

(25) الإسكوا، زيادة تنافسية المؤسسات الصغيرة والمتوسطة من خلال استخدام التكنولوجيات السليمة بيئيا، تقييم إمكانية تطوير الجيل الثاني من الوقود الحيوي في منطقة الإسكوا، 2009، E/ESCWA/SDPD/2009/5.

(26) REN21, op.cit.

(27) Ibid.

من مشروع سد إنجا في الكونغو بحوالى 100 ألف م.و.[28]. وإمكانيات لبنان محدودة على صعيد المحطات الصغيرة[29]. وباستثناء مياه حوض النيل، ونظراً لتغير المناخ وشح المياه في المنطقة، من الصعب الاعتماد على المصادر المائية لتوليد كميات كبيرة من الطاقة، خاصة وأن الأفضلية ستكون للري بالجاذبية ولتأمين الاحتياجات من المياه المطلوبة للاستهلاك.

2- طاقة حرارة باطن الأرض (الحرارة الجوفية)

تنتج حرارة باطن الأرض من تصدّع قشرة الأرض وتشققها. وتتسرب المياه الجوفية عبرها إلى أعماق الأرض حيث تلامس مناطق شديدة السخونة فتسخن وتصعد إلى السطح وهي فوارة ساخنة. ويمكن الاستفادة من المياه الجوفية الحارة في توليد الطاقة الكهربائية، باستخدام تربينات بخارية. وقد بلغ إجمالي القدرات العالمية لمحطات حرارة باطن الأرض لإنتاج الكهرباء حوالى 11.2 ج.و. في نهاية عام 2011. وليس لدى بلدان الإسكوا أي من هذه القدرات[30].

(أ) ملامح تطور الصناعة والسوق في العالم

يتأثر معدل استخدام طاقة حرارة باطن الأرض بالنقص في اليد العاملة والفنية الماهرة، وبعدم توفّر المعدات اللازمة لحفر الأعماق والمستخدمة في مجال التنقيب عن الوقود الأحفوري، وهو ما يعوّق استكشاف مزيد من المواقع العالية الحرارة.

وتتراوح القدرات الافرادية لمحطات طاقة حرارة باطن الأرض بين 50-200 م.و.، وتستغرق تنمية الموقع بحيث يصبح صالحاً للإنتاج التجاري فترة تتراوح بين 5 و7 سنوات. وتتمثل المخاطر في أنه لا يمكن التأكد من جدوى الموقع إلا بعد الحفر. وتهيمن الشركات الأمريكية على هذه الصناعة، بالإضافة إلى الشركات اليابانية التي تسيطر على نحو 70 في المائة من سوق صناعة التربينات البخارية لمحطات إنتاج الكهرباء باستخدام طاقة حرارة باطن الأرض[31].

(ب) الإمكانات في بلدان الإسكوا

لدى بعض بلدان الإسكوا إمكانيات تخوّلها استخدام هذا المصدر لإنتاج الكهرباء. ففي اليمن مثلا، تُقدر درجة الحرارة في بعض المواقع بحوالى 295 درجة مئوية عند عمق 000 5 متر تحت سطح الأرض، وكذلك في المملكة العربية السعودية (275 درجة مئوية) ومصر (180 درجة مئوية). وتشير الدراسات إلى أن استغلال هذا المصدر يكون مجدياً اقتصادياً في إنتاج الكهرباء، إذا تعدت درجة الحرارة 180 درجة مئوية على عمق 5000 متر[32].

---

(28) الإسكوا، تعزيز التعاون الإقليمي في مجال الطاقة من أجل تحقيق التنمية المستدامة والأهداف الإنمائية للألفية في منطقة الإسكوا، مرجع سبق ذكره.

(29) Walid Al-Deghaili, ESCWA, *Developing Renewable Energy in the Arab Countries*, op.cit.

(30) REN21, op.cit.

(31) Ibid.

(32) German Aerospace Center and the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region, op.cit.

3- طاقة المحيطات

تتضمن طاقة المحيطات لإنتاج الكهرباء طاقة الأمواج وطاقة المد والجزر. وقد وصل إجمالي القدرات المركبة إلى حوالى 0.5 ج.و. في أسبانيا وفرنسا وكوريا الجنوبية وكندا والمملكة المتحدة والصين[50]. وباستثناء بعض الحالات النادرة في العالم، لم تصل هذه التكنولوجيا إلى مستوى الانتشار التجاري بعد، ولا تزال مشاريعها استرشادية. وقد يرجع السبب إلى كلفتها العالية والصعوبات الفنية فيما يتعلق بتشغيل وصيانة المعدات التي يجب أن تتحمل ملوحة مياه البحر.

وحتى اليوم، لم تبدِ بلدان الإسكوا أي اهتمام بتقييم هذا المصدر والاستفادة منه.

الإطار 3- الجانب الاقتصادي من مشاريع إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة

لا تزال الكلفة الاستثمارية لمشاريع الطاقة المتجددة، باستثناء الطاقة المائية وطاقة الرياح في بعض المواقع، عالية، رغم الانتشار التجاري لبعض التطبيقات. وتعتبر كلفة وحدة الطاقة المنتجة من المصدر المتجدد من المحددات الرئيسية في نشر استخدامها وجذب القطاع الخاص للدخول في مجالها. ومن المفيد تقدير الكلفة الاستثمارية للقدرة المركبة (ك.و.) وكلفة إنتاج وحدة الطاقة (سنت دولار/ك.و.س). ويلقي الجدول 5 نظرة عامة على المواصفات النمطية والكلفة الرأسمالية وكلفة وحدة الطاقة المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة المختلفة في عام 2011.

الجدول 5- الكلفة الرأسمالية وكلفة وحدة الطاقة المنتَجة بواسطة مصادر الطاقة المتجددة في 2011[33]

المصدر/نوع التكنولوجيا	المواصفات النمطية	الكلفة الرأسمالية (دولار/ك.و.)	كلفة وحدة الطاقة (سنت دولار/ك.و.س)
طاقة الرياح (على الأرض):			
• المحطات الصغيرة	سعة التربينة (ك.و.): حتى 100.	6000-3000	20-15
• محطات الرياح الكبرى على الأرض	سعة التربينة (م.و.): 1.5-3.5. قطر دوران الريشة (م): 60-110 وما فوق معامل السعة (%):20-40.	2475-1410	16.5-5.2
طاقة الرياح في البحر	سعة التربينة (م.و.): 1.5-7.5. قطر دوران الريشة (م): 70-125. معامل السعة (%): 35-45.	5870-3760	22.4-11.4
خلايا فوتوفلطية على سطح المبنى	أقصى سعة: 3-5 ك.و. (سكني): 100 ك.و. (تجاري)؛ 500 ك.و. (صناعي)؛ كفاءة التحويل (%): 12-20.	3270-2480	44-22
محطة كهرباء بنظم الخلايا الفوتوفلطية	أقصى سعة: 2.5-100 م.و. كفاءة التحويل (%): 15-27.	2350-1830	37-20
مركزات شمسية حرارية:			29-18.8
• قطع مكافئ	50-500 م.و. معامل السعة (%): 20-25 (بدون نظام تخزين حراري).	4500	
• برج مركزي	40-50 (مع نظام تخزين لمدة 6 ساعات) 50-300 م.و.	9000-7100	

(33) REN21, op.cit.

المصدر/نوع التكنولوجيا	المواصفات النمطية	الكلفة الرأسمالية (دولار/ك.و.)	كلفة وحدة الطاقة (سنت دولار/ك.و.س)
• قطع طبقي	معامل السعة (%): 40-80 (مع نظام تخزين لمدة 6-15 ساعة) حتى 25 ك.و.	10500-6300	
الكتلة الحيوية: - محطة تعتمد على غلاية عادية/تربين بخاري ومائع	25-100 م.و. كفاءة التحويل (%): 27. معامل السعة (%): 70-80.	4660-3030	17.6-7.9
مصادر أخرى: - المصدر الكهرومائي • السعات الصغيرة (بدون ربط بالشبكة الكهربائية) • السعات الكبرى (مربوطة على الشبكة الكهربائية) - طاقة حرارة باطن الأرض - طاقة المحيطات (المد والجزر)	0.1 ك.و. – 1 م.و. 10-18000 م.و. فأكثر ○ محطة أكبر من 300 م.و. (خزان، نهر) ○ محطة أقل من 300 م.و. معامل السعة (%): 30-60 1-100 م.و. معامل السعة (%): 60-90 معامل السعة (%): 23-29	3500-1175 أقل من 2000 4000-2000 6100-2100 5870-5290	40-5 10-5 10.7-5.7 28-21

الإطار 4- العوامل المؤثرة في تحديد كلفة وحدة الطاقة المنتجة من المصادر المتجددة

يعود التباين في كلفة وحدة الطاقة المنتجة بواسطة طاقة الرياح عموماً (براً أو بحراً) إلى عدة عوامل، منها موقع المحطة وطبوغرافية هذا الموقع ودرجة الحرارة والرطوبة؛ بالإضافة إلى هيكل الرياح ومتوسط سرعاتها في السنة؛ وارتفاع كلفة إنشاء محطات الرياح البحرية نظرا إلى متطلباتها الخاصة على صعيد قواعد التربينات والكابلات المستخدمة ومعدات الحفر والإنشاء وكلفة الصيانة. ويعود الاختلاف في كلفة وحدة الطاقة المنتجة بواسطة الطاقة الشمسية (الضوئية/الحرارية) في حديها الأدنى والأعلى إلى عدة عوامل، منها كثافة الإشعاع الشمسي الساقط في موقع المشروع؛ ودرجة الرطوبة والحرارة في الموقع وطبيعته الجغرافية؛ والحاجة إلى وجود بطارية/نظام للتخزين أو الربط على الشبكة؛ وكلفة الإنشاء والصيانة. ومن العوامل الأخرى التي تؤثر على كلفة وحدة الطاقة المنتجة من المصدر المتجدد وجود تشريعات أو سياسات أو حوافز رسمية داعمة للطاقة المتجددة؛ وتوفر التمويل اللازم للمشروع ومصادر هذا التمويل؛ وكلفة المشروع؛ ودرجة المخاطر؛ والضرائب والجمارك؛ وكلفة العمالة؛ ومعدل التضخم؛ ونسبة المكون المحلي؛ وكلفة الربط على الشبكة؛ ومستوى النضج الفني للتكنولوجيا المستخدمة؛ ونسبة هامش الربح المطلوب تحقيقها؛ وعامل المنافسة؛ والكفاءة السياسية والإدارية.

ثانياً- التطبيقات الحرارية والميكانيكية للاستفادة المباشرة من مصادر الطاقة المتجددة

ما زال من الصعب الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء، نتيجة لتدنّي كفاءة الإنتاج؛ والفاقد الفني الناتج من نقل الطاقة الكهربائية وتخزينها وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية أو طاقة حرارية. لذلك، من الأجدى الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة لإنتاج الطاقة الحرارية أو الطاقة الميكانيكية لاستعمالهما مباشرة، من دون المرور عبر الطاقة الكهربائية. ويمكن استخدام تكنولوجيات طاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية وطاقة حرارة باطن الأرض وطاقة الرياح بشكل طاقة حرارية أو ميكانيكية، من دون المرور بالطاقة الكهربائية، وذلك لتلبية احتياجات التسخين والتبريد وضخ المياه وفي المركبات (قطاع النقل). وينعم عدد من بلدان الإسكوا بإمكانات تخوّلها استخدام بعض هذه المصادر والمساهمة في خفض انبعاثات غازات الاحترار العالمي وتخفيف حدة تغير المناخ.

ألف- تطبيقات الكتلة الحيوية

تُعتبر الكتلة الحيوية مصدراً للطاقة تنتشر تطبيقاته عالمياً. وتُستخدم الحرارة الناتجة من حرق المخلفات العضوية لأغراض الطبخ وتسخين المياه والتدفئة في المناطق الريفية والنائية. وتُستخدم طاقة الكتلة الحيوية الحديثة لإنتاج الحرارة وللاستخدامات الصناعية. وتشير الإحصاءات إلى أن القدرة المركبة العالمية لإنتاج الحرارة بلغت نحو 290 ج.و. حراري تقريبا في نهاية عام 2011[34].

1- ملامح تطور الصناعة والسوق

القارة الأوروبية هي المستخدِم الأكبر لطاقة الكتلة الحيوية الحديثة لغرض التدفئة، وذلك عن طريق استخدام الوقود الحيوي والقوالب الخشبية (مخلفات الغابات والمخلفات الزراعية المضغوطة) كوقود لمحطات الإنتاج المشترك للكهرباء والحرارة؛ وللاستخدام الواسع النطاق في القطاعين السكني والتجاري.

واستخدام المخلفات الزراعية كوقود أمر شائع في كثير من بلدان العالم، لا سيما النامية. ويُعتبر مصدرا لإنتاج الغاز الحيوي الذي يُستخدم كوقود للطهو والتدفئة عن طريق الهاضمات اللاهوائية المحدودة والمتوسطة السعة في الريف.

ويشهد دور الكتلة الحيوية في قطاع النقل تنامياً ملحوظاً، من خلال ما يلي: (1) استخدام الغاز الحيوي/الميثان في وسائل النقل (القطارات والحافلات والمركبات) في بعض الدول؛ (2) استخدام الوقود الحيوي السائل: (أ) الإيثانول، وينتج من المحاصيل الزراعية، لا سيما الذرة وقصب السكر. وقد وصل إجمالي الإنتاج العالمي إلى نحو 86 مليون متر مكعب في 2011. وتساهم الولايات المتحدة الأمريكية والبرازيل بنسبتي 63 و24 في المائة من هذه الكمية، تليها الصين وفرنسا وألمانيا؛ (ب) وقود الديزل الحيوي وينتج من النباتات الزيتية ومخلفاتها والشحوم الحيوانية. وبلغ إجمالي الإنتاج العالمي حوالى 21 مليار لتر في 2011. وتندرج ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية على قائمة الدول المنتجة، فضلاً عن الأرجنتين والبرازيل وفرنسا. وشهد عام 2011 افتتاح بورصتين للكتلة الحيوية في هولندا والولايات المتحدة الأمريكية من المقرر أن تعملا في جميع المجالات المتصلة بالكتلة الحيوية ومعداتها[35].

---

(34) Ibid.

(35) Ibid.

وتُطلق على هذا النوع من الوقود الحيوي تسمية الجيل الأول. ويُستخدم معظمه في النقل البري بعد خلطه مع وقود المركبات. وقد وصلت نسبة مساهمته في هذا القطاع على المستوى العالمي إلى حوالى 3 في المائة في عام 2011. وهناك اهتمام باستخدامه في قطاع النقل الجوي أيضا، حيث قامت بعض شركات الطيران التجارية بخلطه مع وقود الطائرات واستخدامه في رحلاتها (مثل الخطوط المكسيكية والفنلندية والتايلندية والألمانية والملكية الهولندية).

ويُلاحظ تشابه بين بعض خصائص كل من الإيثانول والجازولين/البنزين، وبين خصائص وقود الديزل الحيوي وزيت الديزل المنتج من النفط، وذلك من حيث الكثافة النوعية. ويوجد حد للمستوى المسموح به لمزج الإيثانول أو الديزل الحيوي مع البنزين أو زيت الديزل في حال استخدام هذه الأنواع كوقود للمركبات التقليدية. ويجب ألا تزيد هذه النسبة عن 10 في المائة؛ وإذا تجاوزتها، كما حدث في البرازيل حيث بلغت 25 في المائة، فيجب إجراء بعض التعديلات في مكونات المحرك وفي التصميم[36].

ويُطلق مصطلح الجيل الثاني على الوقود الحيوي المنتَج من نباتات غنية بالنشا والزيت والسكر، مثل الجاتروفا والكسافا؛ وعلى الوقود المنتج من بعض المخلفات الزراعية، كالقش والخشب والأعشاب، وهما يُستخدمان عن طريق تكنولوجيات الكيمياء العضوية والكيمياء الحرارية التي لا تزال بمعظمها في مرحلة البحث والتطوير. ويُطلق مصطلح الجيل الثالث على الوقود الحيوي الناتج من الطحالب والهيدروجين الناتج من استخدام بعض التقنيات لتحويل الكتلة الحيوية إلى الهيدروجين. وما زالت تقنيات هذا الجيل في مرحلة البحث والتطوير أيضاً، ولم ينتشر استخدامها تجارياً بعد لارتفاع تكلفتها الاستثمارية.

2- الإمكانات في بلدان الإسكوا

لا توجد إحصاءات رسمية عن حجم استخدام طاقة الكتلة الحيوية في بلدان الإسكوا. لكن المؤكّد عموماً هو أنه يتم استخدام المخلفات في المناطق الريفية والنائية لإغراض الطهي والتدفئة، وذلك من خلال الحرق المباشر أو الحرق بمعزل عن الهواء لإنتاج الفحم النباتي. وتُنفّذ بعض المشاريع الريادية في عدد من البلدان للحصول على الغاز الحيوي من المخلفات الزراعية والحيوانية وتدوير ومعالجة المخلفات الصلبة للصرف الصحي في الأردن والإمارات العربية المتحدة والجمهورية العربية السورية والسودان ومصر. وتوجد إمكانات كبيرة لاستغلال هذا المصدر في البلدان ذات الإنتاج الزراعي، مثل الأردن وتونس والجمهورية العربية السورية والسودان والعراق وفلسطين ولبنان والمغرب ومصر واليمن.

ويقضي الموقف الرسمي لبلدان الإسكوا بالاستفادة من المخلفات العضوية لإنتاج الوقود البيولوجي، وبعدم زراعة المحاصيل المنتجة للوقود الحيوي عوضا عن الغذاء، نظراً لشح المياه ومحدودية الأراضي الصالحة للزراعة. وقد حذّر الإعلان الوزاري العربي حول تغير المناخ الصادر عام 2007 من عواقب اتجاه الدول المتقدمة إلى تشجيع الدول النامية على ذلك، ومضاعفات ذلك على أزمة الغذاء العالمية. وقد أشارت دراسة الإسكوا المعنونة "السياسات والتدابير للترويج للاستخدام المستدام للطاقة في قطاع النقل في منطقة الإسكوا" (E/ESCWA/SDPD/2011/2) الصادرة في عام 2011 إلى استعمال الوقود البيولوجي في قطاع النقل.

---

(36) السياسات والتدابير في مجال الطاقة لتعزيز التخفيف من حدة تغير المناخ في البلدان الأعضاء في الإسكوا، إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة، مرجع سبق ذكره.

باء- نظم التسخين والتبريد الشمسي

تعتمد تكنولوجيا التسخين والتبريد الشمسي على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة حرارية يتم توظيفها لتسخين المياه، أو لتدفئة أو تبريد الفراغات الداخلية، أو تدفئة أحواض السباحة، وغيرها من التطبيقات الأخرى التي تتطلب درجات حرارة منخفضة إلى متوسطة لتحقيقها. ويمكن اعتماد هذه الأنواع من التطبيقات في المباني السكنية وغير السكنية، وكذلك في بعض العمليات الصناعية أو الزراعية، مما قد يؤدي إلى تحقيق وفورات في الطاقة التقليدية المستخدمة لهذه الأغراض كالكهرباء والغاز والمشتقات النفطية الأخرى.

وتُعتمد المياه في أغلب الأحيان كوسيط لنقل الحرارة. لكن بعض النظم الشمسية تعتمد الهواء كوسيط لنقل الحرارة، لا سيما تلك المستخدمة في مختلف تطبيقات عمليات التجفيف. ويعرض الجدول التالي النظم التي تعتمد المياه كوسيط لنقل الحرارة:

الجدول 6- التطبيقات المتداولة للتسخين الشمسي للمياه والمكونات الأساسية لمختلف النظم المستخدَمة

	درجة الحرارة المئوية للاستخدام										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100>
نوع الاستخدام النهائي	تسخين مياه أحواض السباحة.		- تسخين المياه الصحية؛ - تدفئة الهواء أو الفراغات الداخلية؛ - استعمالات صناعية مختلفة.			- تدفئة الهواء والفضاءات الداخلية؛ - نظم التبريد الشمسي في مرحلة واحدة؛ - استعمالات صناعية/تحلية مياه.			- استعمالات صناعية تتطلب درجات حرارة مرتفعة؛ - نظم التبريد الشمسي ثنائية المرحلة.	
المجالات والقطاعات المعنية بالاستخدام النهائي	أحواض السباحة الخاصة والعامة (خاصة الخارجية منها).		- فنادق، منشآت سياحية، مطاعم؛ - محلات سكنية، إقامات جامعية، ثكنات عسكرية؛ - مراكز استشفائية، منشآت رياضية وترفيهية، حمامات عامة؛ - صناعات غذائية.				- الأبنية المخصصة للمكاتب، المحلات التجارية، وغيرها من الأبنية؛ - المنشآت الصناعية.		- الأبنية المخصصة للمكاتب؛ - المحلات التجارية وغيرها من الأبنية غير السكنية؛ - المنشآت الصناعية.	
نوع اللواقط الشمسية المستخدمة عادة	لواقط شمسية غير مزججة (بدون غطاء) مصنوعة من مواد بلاستيكية مرنة.		- لواقط مسطحة ومزججة (طلاء عادي أو طلاء انتقائي)؛ - لواقط أنبوبية مفرغة، ذات كفاءة متوسطة.				- لواقط أنبوبية مفرغة ذات كفاءة عالية.		- لواقط مركزة لأشعة الشمس؛ - لواقط أنبوبية مفرغة ذات كفاءة عالية جداً.	
نوع النظم الشمسية وآليات تخزين المياه وتدويرها	نظام لتدوير المياه عبر الضخ الآلي، وخزان المياه هو حوض المسبح.		- سخان فردي يعتمد السيفون الحراري أو مجموعة مترابطة من هذا النوع من السخانات الفردية: يتم تدوير المياه دون اللجوء إلى مضخة، وخزان المياه هو جزء من السخان الفردي. - نظم تسخين شمسي مركبة يكون فيها خزان المياه مستقلاً عن اللواقط الشمسية، ويعتمد الضخ الآلي لتدوير المياه بين اللواقط الشمسية وخزان/خزانات المياه.				- نظم تسخين شمسي مركبة تعتمد خزان مياه مستقل، وتدوير المياه بالضخ الآلي.		- نظم تسخين شمسي مركبة تعتمد خزان مياه مستقل، وتدوير المياه بالضخ الآلي.	
ملاحظات	يتم تسخين المسابح الخارجية في فصلي الخريف والربيع.		يُعد استعمال السخان الشمسي الفردي الاستخدام الأكثر انتشاراً في أنحاء العالم.				لا يمكن استخدام السخان الفردي لهذا النوع من الاستعمالات.		يمكن اللجوء إلى سائل حراري غير المياه عند الاقتضاء.	

ويعتبر استخدام تكنولوجيا التسخين الشمسي للمياه والتدفئة من أكثر تطبيقات الطاقة المتجددة انتشارا في العالم، حيث قُدرت السعة العالمية المجهزة بحوالى 232 ج.و. حراري بنهاية 2011، أي بزيادة بنسبة 27 في المائة عن عام 2010[37].

1- نظم التسخين الشمسي

تنتشر تكنولوجيا التسخين الشمسي للمياه في كثير من الدول المتقدمة والنامية، وهي تتسم بعدم التعقيد وسهولة الاستخدام، ويمكن تصنيع المعدات اللازمة لها محلياً. ويمثل تسخين المياه باستعمال الطاقة الشمسية أكثر التطبيقات انتشاراً وأكثرها جدوى من الناحية الاقتصادية، خاصة في بلدان الإسكوا، حيث يمكن الحصول على درجة الحرارة المطلوبة (45-65 درجة مئوية) بسهولة من خلال لواقط شمسية مسطحة ذات غطاء زجاجي أو لواقط أنبوبية مفرغة ذات نجاعة/كفاءة متوسطة. وتتكون أي منظومة للتسخين الشمسي للمياه من خمسة أجزاء رئيسية:

- جزء يؤمن تحويل أشعة الشمس إلى طاقة حرارية، ويتكون أساساً من اللواقط الشمسية؛
- جزء يؤمن نقل الحرارة التي تم التقاطها إلى محل تخزينها، ويتكون من مجموعة من القنوات والمضخات والمبادلات الحرارية؛
- جزء يؤمن تخزين الحرارة التي تم جمعها ونقلها، يتكون من خزان/خزانات للمياه يتم تسخينه بالطاقة الحرارية الناتجة عن اللواقط الشمسية؛
- جهاز احتياطي يؤمن توفير ما عجز عن توفيره النظام الشمسي من الطاقة الحرارية، كي تستمر الخدمة حتى في غياب طاقة شمسية كافية. ويوصى بأن يكون هذا الجهاز منفصلاً عن دورة التسخين الشمسي عبر اللواقط، حتى لا يخفف من كفاءتها وحتى يتم استخدام مصدر الطاقة الاحتياطي حصرياً عند الحاجة إليه؛
- جزء يؤمن توزيع المياه الساخنة إلى مختلف نقاط الاستخدام النهائي، ويتكون أساساً من قنوات التوزيع ومضخة أو مضخات إعادة التدوير.

ويُعتمد نوعان من النظم الشمسية في تسخين المياه:

(أ) نظم تعتمد جهازاً أو مجموعة من الأجهزة المقدمة من المصنع، وهي أجهزة فردية مصنعة في أحجام محددة، تتضمن مزيجا من الأجزاء الثلاثة الأولى المذكورة أعلاه، مع توفير الجهاز الاحتياطي بشكل اختياري. وأكثر هذه النظم انتشاراً هو نظام السيفون الحراري للتسخين الشمسي، وهو جهاز يجمع بين اللاقط الشمسي (أو اللواقط) وخزان المياه الساخنة وقنوات الربط بينهما في طاقم واحد يُستعمل إما بشكل فردي في الاستعمالات المنزلية، وإما بتوصيل مجموعة من الطواقم الفردية لتوفير المياه الساخنة للاستعمالات الجماعية؛

(ب) نظم يتم تركيبها حسب الحاجة، وتعتمد تركيبة النظام الشمسي والأحجام والمواصفات نفسها التي تكتسبها أجزاؤه الأربعة: اللواقط الشمسية، وقنوات الربط مع الخزان/الخزانات وما يلزم من أجهزة ضخ وتحويل حراري، وخزان أو خزانات المياه الساخنة، وجهاز أو أجهزة الحرارة الاحتياطية. ويتم تصميم هذه النظم بناءً على:

(37) REN21, op.cit.

- تحديد احتياجات المشروع إلى المياه الساخنة شهرياً ويومياً وأسبوعياً؛
- تحديد درجة الحرارة المطلوبة عند الاستخدام النهائي؛
- تحديد نسبة مساهمة الطاقة الشمسية في تلبية احتياجات الاستخدام المستهدَف، بناءً على المعطيات الاقتصادية والمالية للمشروع، ليتمكن النظام الشمسي من توفير الحل الأجدى اقتصادياً لصاحب المشروع؛
- تحديد أحجام حقول اللواقط الشمسية وخزان/خزانات المياه الساخنة اللازمة لتوفير نسبة المساهمة المعتمدة للطاقة الشمسية ومن ثم تحديد أحجام ومواصفات بقية المكونات.

وتُعتمد هذه النظم المركبة حسب الحاجة في جميع الاستخدامات التي تتطلب توفير طاقة حرارية محددة، منها تسخين المياه والتبريد الشمسي والعمليات الصناعية.

ويعد اللاقط أو المجمع الشمسي المكون الرئيسي لنظام التسخين الشمسي. وهناك نوعان رئيسيان من هذه اللواقط التي تعتمد السوائل كوسيط لنقل الحرارة: (1) المجمعات المستوية (الأفقية)، وهي الأكثر انتشاراً، وتتكون من صندوق معدني يشمل قاعهُ وجوانبه عازلاً حرارياً، وفي واجهته غطاء زجاجي من ورائه سطح يمتص أشعة الشمس مطلي بطلاء أسود اللون أو بطلاء له خاصية امتصاصية انتقائية يمكّن السطح من تحويل نسبة مرتفعة من أشعة الشمس إلى طاقة حرارية، مع التقليل من الفقد الحراري من هذا السطح. وتتخلل هذا السطح أنابيب معدنية (نحاس/ألمنيوم) يجري فيها السائل الذي يعتمد كوسيط لنقل الحرارة (غالباً مياه)؛ (2) المجمعات الأنبوبية المفرغة: وتتألف من عدة صفوف متوازية من الأنابيب الزجاجية المتكونة من طبقة واحدة أو مزدوجة من الزجاج. ويشمل الفراغ الذي بداخل الأنبوب السطح الماص لأشعة الشمس، والذي يكون مطلياً بطلاء له خاصية امتصاصية انتقائية، ويَحتوي على أنبوب معدني يجري فيه وسيط نقل الحرارة. وهناك ما لا يقل عن خمسة أنواع من هذه المجمعات الأنبوبية المفرغة، تتراوح كفاءتها بين متوسطة (درجات حرارة أقل من 120 درجة مئوية بالنسبة لوسيط نقل الحرارة) وعالية (درجات حرارة تصل إلى حدود 200 درجة مئوية بالنسبة لوسيط نقل الحرارة). ويُستخدم هذا النوع من اللواقط للحصول على درجات حرارة مرتفعة.

ويعتبر الخزان الحراري ثاني أهم مكوّن للنظم الشمسية، ويُستخدم لحفظ الحرارة التي تم تجميعها في شكل مياه ساخنة. ويصنع هذا الخزان الحراري من مادة تقاوم الصدأ، ويكون مطلياً من الداخل بطلاء مقاوم للتآكل الكيميائي وقادر على الحفاظ على خاصياته في درجات الحرارة القصوى المحتملة للمياه الساخنة. كما يتم عزل الخزان حرارياً من الخارج، ويوضع عليه غطاء خارجي يمكن من حماية العزل الحراري. وبالتالي، فنوعية المادة التي صنع منها الخزان ونوعية الطلاء الداخلي وسماكة العزل الحراري ونوعية غطائه الخارجي كلها تحدد جودة الخزان وتؤثر في عمره الافتراضي. أما بالنسبة لأحجام الخزان الواحد، فهي تتراوح بين 100-500 لتر في حالة النظم الفردية المقدمة من المصنع وحوالى 800-10000 لتر في حالة النظم التي يتم تركيبها حسب الحاجة .

من جهة أخرى، ورغم النضج التقني لاستخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه اللازمة للعمليات الصناعية، فما زال اعتماد هذا التطبيق في قطاع الصناعة لأغراض تجارية غير منتشر عالمياً.

(أ) ملامح تطور السوق والصناعة

تحتل الصين المركز الأول عالمياً في مجال التسخين الشمسي للمياه (118 ج.و. حراري)، وتهيمن على سوق تصنيع معدات التسخين الشمسي، وتهدف إلى تلبية احتياجات السوق الصينية المحلية وإلى التصدير (إلى الدول النامية خصوصا). وتأتي ألمانيا في مقدمة السوق الصناعية الأوروبية. أما في بلدان الإسكوا، فهذه السوق تنمو في الأردن وتونس والجمهورية العربية السورية وفلسطين والمغرب ومصر. ويبيّن الجدول 7 كلفة الطاقة لدى استخدام التسخين الشمسي للمياه.

الجدول 7- كلفة وحدة الطاقة حسب استخدامات معدات التسخين الشمسي للمياه

التكنولوجيا	المواصفات النمطية	كلفة وحدة الطاقة (سنت دولار/ك.و. س. حراري)
السخانات الشمسية للمياه (المجمع الشمسي الأفقي/المجمع الشمسي بنظام الأنابيب المفرغة)	(1) الحجم الصغير (سخان منزلي): 2-5 أمتار مربعة؛	20-2
	(2) الحجم المتوسط (تسخين مياه لعدة عائلات/نظم متوسطة الحجم): 20-200 متر مربع؛	15-1
	(3) الحجم الكبير (نظم كبيرة الحجم/تدفئة مركزية): 0.5-2 ميغاواط حراري (أنابيب مفرغة).	8-1

(ب) الإمكانات في بلدان الإسكوا

تنعم المنطقة العربية بوفرة في مصادر الطاقة الشمسية. ومنذ ثمانينات القرن الماضي، يهتم عدد من بلدان الإسكوا بنشر استخدام نظم التسخين الشمسي للمياه للأغراض المنزلية والخدمية. وعلى صعيد الاستخدام في القطاع المنزلي، تأتي فلسطين في المقدمة، حيث يُستخدم السخان الشمسي في أكثر من 70 في المائة من المنازل (منها حوالى 67.7 في المائة في الضفة الغربية، ويتم تصنيع حوالى 90 في المائة منها محلياً[38]). وتشير الإحصاءات إلى وجود 1.5 مليون متر مربع من نظم التسخين الشمسي للمياه في الخدمة[39]. وفي الأردن، يوجد حوالى مليون متر مربع من نظم التسخين الشمسي المركبة في القطاعين السكني والتجاري. وتضم مصر نحو 650 ألف متر مربع من المجمعات الشمسية المركبة؛ والجمهورية العربية السورية حوالى 200 ألف سخان شمسي (بما يعادل نحو 500 ألف متر مربع من المجمعات الشمسية). وتضم تونس أكثر من 400 ألف متر مربع من المجمعات الشمسية يُتوقع أن تصل إلى 750 ألف متر مربع بحلول عام 2014. ويوجد في المغرب نحو 240 ألف متر مربع من النظم الشمسية؛ وفي لبنان حوالى 200 ألف متر مربع. وفي لبنان، أنشئت آلية تمويل ميسرة لدعم نشر استخدام السخانات الشمسية، بهدف الوصول إلى مليون متر مربع تقريباً من نظم التسخين الشمسي عام 2020. وتنوي ليبيا نشر مجمعات شمسية على مساحة 40 ألف متر مربع. وفي الخليج العربي، نفّذت المملكة العربية السعودية التي تنتشر فيها عدة تطبيقات في المناطق الجبلية، التشغيل الابتدائي في أوائل 2011 لنظام بقدرة 30 ميغاواط حراري لتوفير المياه الساخنة والتدفئة لمكان يستوعب حوالى 40 ألف طالب جامعي[40].

(38) نادر البيطار، اتحاد الغرف التجارية والصناعية والزراعية، عرض بعنوان "القياس الصافي، أفق استثماري واعد" جرى تقديمه خلال مؤتمر الاستثمار في الطاقة المتجددة، فلسطين، في 20 آذار/مارس 2012.

(39) المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، النشرة الإعلامية، العدد 7، القاهرة، حزيران/يونيو 2011.

(40) REN21, op.cit.

وفي عام 1981، قامت المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس التابعة للمنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين التابعة لجامعة الدول العربية، بتشكيل اللجنة الفنية للطاقة الشمسية. وأصدرت هذه اللجنة خمس مواصفات قياسية للسخان الشمسي المسطح، وست مواصفات قياسية حول نظم التسخين الشمسي لمياه الاستخدام المنزلي[41]. كما صدرت عدة تشريعات ولوائح، ووُضعت سياسات وحوافز في عدة بلدان من أجل دعم نشر استخدام السخان الشمسي للمياه، وطوّر الأردن وتونس وفلسطين ولبنان ومصر والمغرب مواصفات خاصة بهذه السخانات، مما أدى إلى إنشاء شركات للصناعة المحلية وأخرى للاستيراد من الخارج. وهناك إمكانات كبيرة لإنشاء سوق إقليمية متكاملة لصناعة السخانات الشمسية.

ويطبّق البلدان التاليان تكنولوجيا التسخين الشمسي للمياه في العمليات الصناعية: (1) مصر، التي نفّذت مشروعين استرشاديين للتسخين الشمسي للعمليات الصناعية ذات الحرارة المنخفضة، مع نظم استعادة الحرارة المفقودة (60 درجة مئوية) في قطاعي الصناعات الغذائية وصناعة الغزل والنسيج في أوائل تسعينات القرن الماضي، ومشروعاً ثالثاً تجريبياً في قطاع صناعة الأدوية لدرجات الحرارة المتوسطة (175 درجة مئوية)[42]، بدأ تشغيله في العقد الماضي؛ (2) الأردن، الذي نفّذ مشروعاً لتسخين المياه في صناعة الألبان[43].

2- نظم التبريد الشمسية

تعتمد فكرة التبريد الشمسي على الاستفادة من حرارة الشمس في آلات التبريد التي تعمل بالحرارة، عن طريق نظام يتكون من مجمعات شمسية (مستوية أو ذات أنبوب مفرغ) ومن خزان ووحدة تحكّم ومواسير ومضخات موصلة بآلة التبريد. ويشتغل نظام التبريد الحراري عادة على ثلاثة مستويات لدرجة الحرارة، هي: (1) الحرارة العالية، لتوفير درجة الحرارة اللازمة للتشغيل وتوفير مصدر إضافي للحرارة (موقد غازي أو غيره) إذا لزم الأمر؛ (2) الحرارة المنخفضة، لعملية التبريد؛ (3) الحرارة المتوسطة، للتخلص من الحرارة الناتجة من دورة تبريد المياه وحرارة التشغيل باستخدام برج للتبريد[44]. وتُعتمد التقنيات الثلاث التالية للاستفادة من حرارة الشمس في عملية التبريد:

- الامتصاص (Absorption Chiller): تقوم هذه التقنية على دورة تبريد مغلقة تعتمد على استخدام محلول سائل يتكون من عنصرين: وسيط التبريد ومادة ماصة له، مثل المياه وبروميد الليثيوم أو الأمونيا/المياه. ومع أنّ هذين العنصرين يُستخدمان تجارياً، فالمحلول الأول أكثر استخداما في المبردات الامتصاصية؛
- الامتزاز (Adsorption Chiller): تقوم هذه التقنية على دورة تبريد مغلقة، يتم امتزاز وسيط التبريد على سطح مادة سهلة الاختراق، مثل المياه أو السليكا الهلامية المستخدمة تقريباً في جميع المبردات الامتزازية المنتشرة تجارياً؛
- التجفيف (Desiccant Cooling): يقوم هذا النظام على دورة تبريد مفتوحة لتجفيف الهواء باستخدام مواد مجففة جامدة (غالباً مادة السليكا الهلامية) أو سائلة (غالباً محلول مياه/كلوريد الليثيوم)، ثم

(41) المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، توصيف الحالة الراهنة للتوصيف القياسي والاعتمادية لنظم تسخين المياه بالطاقة الشمسية في الدول الأعضاء في المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، 2010.

(42) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة المصرية في مصر، التقرير السنوي 2007/2006.

(43) الإسكوا، تنمية استخدامات الطاقة الجديدة والمتجددة، أوراق موجزة (5)، 2002.

(44) European Solar Thermal Industry Federation, *Solar Assisted Cooling- State of the Art*, 2006.

تبريده تبخيرياً برفع درجة رطوبته، وتمرير هذا الهواء الجاف بشكل مباشر أو غير مباشر في دورة التكييف. ونظراً لاعتماد هذه التقنية على دورة مفتوحة يتم فيها إلقاء وسيط التبريد في الهواء لرفع درجة رطوبته، فالمياه هي السائل الوحيد المستعمل لهذا الغرض[45].

الجدول 8- مقارنة بين دورتي التبريد المغلقة والمفتوحة لتقنيات التكييف الشمسي

الدورة المفتوحة		الدورة المغلقة		الآلية
المياه المجمدة معرضة للجو		مغلقة		دورة التجميد
تعتمد على هواء جاف وتبريد بالتبخر		تعتمد على مياه مبردة		المبدأ
سائل	جامد	سائل	جامد	مرحلة الامتصاص
مياه - كلوريد الكالسيوم؛ مياه - كلوريد الليثيوم.	مياه - سليكا؛ مياه - كلوريد الليثيوم.	مياه - مياه/بروميد الليثيوم؛ أمونيا/مياه.	مياه - هلام السليكا.	مادة المركب
على وشك دخول السوق	التبريد الجاف	مبرد امتصاصي	مبرد امتزازي	التكنولوجيا المنتشرة تجارياً
-	20-350 ك.و. (للنموذج)	مبرد امتصاصي: 15ك.و.-5 م.و.	مبرد امتزازي: 50-430 ك.و.	السعة النمطية للتبريد
1 <	0.5-> 1	0.75-0.6	0.7-0.5	معامل الأداء النمطي
70-45 مئوية	95-45 مئوية	80- 110 مئوية	60-90 مئوية	درجة حرارة التشغيل
المجمعات المستوية السطح؛ مجمعات الهواء	المجمعات المستوية السطح؛ مجمعات الهواء	الأنبوب المفرغ	الأنبوب المفرغ؛ المجمعات المستوية السطح	المجمع الشمسي

واعتمدت بعض التجارب الحديثة في استخدام الطاقة الشمسية للتبريد الضواغط المستخدَمة للتبريد والتسخين، وهي عالية الكفاءة ومتوفرة تجارياً، وربطها بنظم للخلايا الكهرضوئية لإمدادها بالكهرباء (وقد تُدخل تعديلات طفيفة على أجهزة التبريد لتتمكن من استعمال التيار الكهربائي المباشر). وهذه النظم العاملة بالضواغط تتميز بكفاءة عالية تصل إلى خمسة أضعاف كفاءة غيرها من الأجهزة الحرارية الامتصاصية والامتزازية، ويمكن عبرها بلوغ كفاءة إجمالية في تحويل الطاقة الشمسية إلى الخدمة النهائية (تبريد أو تسخين) تفوق كفاءة النظم الحرارية الأخرى. ويمكن دائماً الاستفادة من الطاقة الكهربائية المولَّدة والفائضة، عبر استيعابها في الشبكة الكهربائية. وغالبا ما يتم التخلص من فائض الطاقة الحرارية المولدة في النظم الحرارية.

(أ) ملامح تطور السوق والصناعة

لم تنتشر تكنولوجيا نظم التدفئة والتبريد الشمسية عالمياً بعد، وتكاد تقتصر تطبيقاتها على الفنادق وأماكن الإيواء الأخرى والمحطات الكبرى في أوروبا.

(ب) الإمكانات في بلدان الإسكوا

رغم توفّر مدى واسع للاستفادة من تكنولوجيا التبريد الشمسي في منطقة الإسكوا، في المباني وفي بعض الصناعات الغذائية (مثل صناعات الألبان) وفي قطاع الزراعة وفي قطاع الصحة (في المناطق الريفية والنائية لحفظ الأمصال واللقاحات)، فاستخدام الطاقة الشمسية في التبريد لم ينتشر إلا على نطاق محدود،

(45) المرجع نفسه.

وذلك في الإمارات العربية المتحدة والكويت، حيث تعمل بعض الشركات الخاصة على تطوير ونشر استخدام تكنولوجيا التبريد الشمسي. وفي هذا المجال، تبرز شركة مصدر الإماراتية التي قامت في 2010، بالتعاون مع شركات أخرى، بتدشين نظام شمسي تجريبي لتبريد مساحة مكتبية بحدود 1700 متر مربع في مدينة مصدر، وبالحد من انبعاث نحو 70 طنا من ثاني أكسيد الكربون سنوياً، عبر نظام من المقرّر تقييمه لسنتين[46]. وتخطط دولة قطر لاستخدام الطاقة الشمسية في تبريد الملاعب وأماكن المشجعين أثناء بطولة كأس العالم لكرة القدم التي ستستضيفها عام 2022[47].

ورغم أهمية هذا التطبيق كإحدى أدوات الحد من تغير المناخ، لا سيما في دول الخليج العربية ذات المناخ الحار، فهو لم يحظ بالاهتمام الكافي، ربما نظرا إلى الدعم الحكومي لسعر الطاقة الكهربائية على مستوى المستهلك، وعدم انتشار هذه التقنية تجاريا على نطاق عالمي بعد.

جيم- الاستخدام المباشر لطاقة حرارة باطن الأرض

يمكن الاستفادة من هذا المصدر في تسخين المياه عندما يكون قريباً من سطح الأرض أو على صورة ينابيع حارة حيث تبلغ درجة الحرارة 65 درجة مئوية تقريبا، وتكون كلفة استخراجها واستخدامها معقولة، ويمكن استعمالها في بعض المجالات الصناعية والزراعية الأخرى من خلال التسخين المباشر.

وفي 2011، قُدر الاستخدام المباشر لحرارة باطن الأرض بنحو 58 ج.و. حراري. وتستعمل هذه الحرارة مباشرة في تسخين المياه للأغراض المنزلية والصناعية وتجفيف المحاصيل وإذابة الثلج، ويستخدمها 78 بلدا في العالم[48].

وبالرغم من توفر إمكانات محدودة للاستفادة من هذا المصدر في بعض بلدان الإسكوا، منها مصر والمملكة العربية السعودية واليمن، فلم تنفذ حتى الآن أية مشاريع في هذا المجال.

دال- استخدام الطاقة الميكانيكية للرياح في ضخ المياه

بدأت الاستفادة من طاقة الرياح منذ زمن بعيد. ويمكن استخدامها في ضخ المياه عندما تتراوح سرعات الرياح بين 2.5-3 أمتار/ثانية، بنسبة هبوب لا تقل عن 60 في المائة من الوقت. ويتطلب الأمر وضع تربينة الرياح في مكان خال من العوائق على برج يرتفع عن سطح الأرض بنحو 4.5-6 أمتار[49].

وتم تطوير تربينات الرياح الصغيرة السعة، التي يمكن تصنيعها محلياً، لتبسيط استخدامها وصيانتها. مثلا، يمكن اعتماد مضخات الرياح ذات الحبل (Wind rope pumps)، التي تربط بين المضخة ذات الحبل وتربينة الرياح الحديثة، وتعمل بسرعات رياح تبدأ من 3.5 أمتار في الثانية، وهي خفيفة الوزن (ثلث وزن

---

(46) شركة مصدر: http://www.masdar.ae/ar (11 كانون الأول/ديسمبر 2012).

(47) جريدة الراية:

http://www.raya.com/site/topics/printArticle.asp?cu_no=2&item_no=632527&version=1&template_id=35&parent_id=34.

(48) REN21, op.cit.

(49) www.samsamwater.com.

المضخات الهوائية التقليدية)، وتستطيع أن تصل إلى عمق يتراوح بين 25-45 مترا، والحصول على تدفق مياه يتراوح بين 25-50 ليتراً في الدقيقة (يتوقف ذلك على التصميم الهندسي وكمية المياه المطلوبة)، وتتضمن نظاما يدويا احتياطيا يعمل عند غياب الرياح. ويتراوح سعر الوحدة بين 450-800 دولار أمريكي[50].

ويعتَبر استخدام طواحين الهواء في ضخ المياه من أقدم تطبيقات الطاقة المتجددة انتشاراً في منطقة الإسكوا. وتتسم هذه التقنية بعدم التعقيد وبسهولة التشغيل والصيانة، ولا يتطلب تشغيلها سرعات رياح عالية. وتتوفر خبرات في مجال استخدام تربينات الرياح لضخ المياه في مصر[51] والأردن والجمهورية العربية السورية، وتتوفر دراسات حول هذا المجال. وهناك إمكانات جيدة في بلدان الإسكوا لنشر استخدام هذا التطبيق، كما توجد قدرات تصنيعية في بعض البلدان يمكن تعزيزها من خلال نقل المعرفة.

الإطار 5- تطبيقات الطاقة المتجددة القابلة للانتشار في بلدان الإسكوا

يشكّل التسخين الشمسي للمياه في القطاعين السكني والخدماتي أكثر التطبيقات ملاءمة لمنطقة الإسكوا التي تتضمن قدرات تصنيعية وخبرات فنية جيدة وممارسات ناجحة، وتشهد وعيا عاما بأهمية السخان الشمسي. ولنشر هذه التطبيقات، لا بد من تطوير آليات التمويل الميسر؛ وتعزيز أنشطة البحث والتطوير لتحسين المنتج وتقليل كلفة الإنتاج وتحفيز السوق لتوليد الطلب؛ وتوفير برامج منهجية ومتكاملة لتأهيل الأجهزة وتأهيل المصممين والمصنعين والقائمين بأعمال التركيب والصيانة، لإنشاء صناعة وطنية تعتمد على بيئة حاضنة؛ وتعزيز التعاون الإقليمي في توحيد المواصفات القياسية؛ وتبادل الخبرات المتصلة باختبارات كفاءة الأداء الحراري وتشغيل نظم التسخين الشمسي وإصدار شهادات الاعتماد المعترف بها إقليمياً، ومن ثم الوصول إلى مرحلة الإنتاج الكبير؛ ونشر المعلومات حول الممارسات الناجحة والدروس المكتسبة. ويمكن تعظيم الاستفادة من طاقة الرياح، من خلال نشر استخدام: (أ) تربينات رياح صغيرة السعة (أقل من 100 ك.و.) لضخ المياه (كنظام مزدوج مع نظام تقليدي أو مع مصدر متجدد كالطاقة الشمسية)؛ (ب) مضخات الرياح ذات الحبل، التي تتسم بالبساطة في التقنية الفنية والسهولة في التشغيل والصيانة وتدني الكلفة، بما أنها ملائمة للمناطق الريفية والنائية، مع مراعاة إمكانية التصنيع المحلي، بما أنهما لا تتطلبان تكاليف استثمارية ضخمة، ويمكن نشرهما تجارياً من خلال توفير آلية تمويل معقولة لتشجيع المستثمر الصغير على ذلك. ونفّذت الإسكوا مشروعا للتدريب المتكامل الخاص بتصنيع أجهزة التسخين الشمسي للمياه، بالتعاون مع الجمعية اللبنانية للطاقة الشمسية ومعهد البحوث الصناعية اللبناني، عقدت خلاله عدة دورات تدريبية في الفترة 2009-2012. كما شاركت معهما في عام 2009 في إصدار كتيب "دليل المصنع حول أجهزة التسخين الشمسي – اللواقط الشمسية المسطحة"[*].

(*) الإسكوا، الجمعية اللبنانية للطاقة الشمسية، دليل المصنّع حول أجهزة التسخين الشمسي، اللواقط الشمسية المسطحة، بيروت، 2009.

(50) http://ecosustainablevillage.com.

(51) Small-scale wind turbines for water pumping and electricity generation (in Egypt), http: www.hy-pa.org.

ثالثاً- إمكانات تخفيض الانبعاثات الناتجة من توليد الكهرباء في منطقة الإسكوا

يمكن العمل على عدة محاور لتخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في بلدان الإسكوا. وفي قطاع الطاقة، يستدعي ذلك تحسين كفاءة الإنتاج والنقل والتوزيع والاستهلاك والتوسع في استخدام الغاز الطبيعي والاستفادة من تطبيقات الطاقة المتجددة، واعتماد تقنيات اصطياد الكربون وتخزينه، والاستفادة من الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء.

ويعالج هذا الفصل إمكانات المساهمة في التخفيف من حدة تغير المناخ في بلدان الإسكوا، عبر تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من محطات توليد الكهرباء فيها، إنطلاقاً من الحقائق التالية:

(أ) تنتج انبعاثات غازات الدفيئة المؤدية إلى الاحترار العالمي وتغير المناخ من عدة مصادر، في مقدمتها (على المستوى العالمي) قطاع إنتاج الكهرباء، الذي تبلغ حصته عالمياً 21.3 في المائة، تليه العمليات الصناعية (16.6 في المائة) وقطاع النقل (14 في المائة)، ثم الإنتاج الزراعي (12.5 في المائة)، واستخراج الطاقة الأحفورية وتوزيعها (11.3 في المائة)، ثم المنازل وقطاع التجارة (10.3 في المائة)، واحتراق الكتلة الأحيائية واستثمار الأراضي (10 في المائة) ثم النفايات (3.40 في المائة)[52]. ويسهم قطاع الكهرباء في بلدان الإسكوا بحوالى 38 في المائة من الانبعاثات[53]؛

(ب) ويتميز قطاع الكهرباء في بلدان الإسكوا بأنه يعتمد بنسبة 90 في المائة تقريبا على مصادر الإنتاج الحراري من الوقود الاحفوري. وتتراوح متوسطات كفاءة محطات الإنتاج الحراري بين 21 في المائة في السودان و40 في المائة في مصر[54]؛

(ج) يشهد قطاع الكهرباء في بلدان الإسكوا نمواً متسارعاً، والأرقام الإحصائية المتوقعة للاتحاد العربي للكهرباء في عام 2011 تشير إلى أن إجمالي كميات الطاقة الكهربائية في هذه البلدان ستبلغ في عام 2020 حوالى 216 في المائة مما كانت عليه في عام 2011[55]؛

(د) يمكن لمحطات توليد الكهرباء تخفيض الانبعاثات اللازمة لتأمين الاحتياجات المطلوبة من الشبكة عبر اعتماد سياسة تحسين كفاءة الانتاج و/أو استعمال الغاز الطبيعي، و/أو عبر اعتماد مصادر الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء، و/أو عبر اصطياد الكربون و/أو الاستفادة من الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء. ويتوقع أن يستمر توليد الكهرباء في المحطات الحرارية اعتماداً على الوقود الاحفوري لعدة عقود في بلدان الإسكوا التي تمتلك 56.8 في المائة من الاحتياطات المؤكدة للنفط الخام و26.15 في المائة من الاحتياطات المؤكدة للغاز الطبيعي في العالم[56]؛

---

(52) E/ESCWA/SDPD/2010/IG.1/4(Part I).

(53) E/ESCWA/SDPD/2010/IG.1/4(Part II).

(54) E/ESCWA/SDPD/2010/Technical Paper. 4.

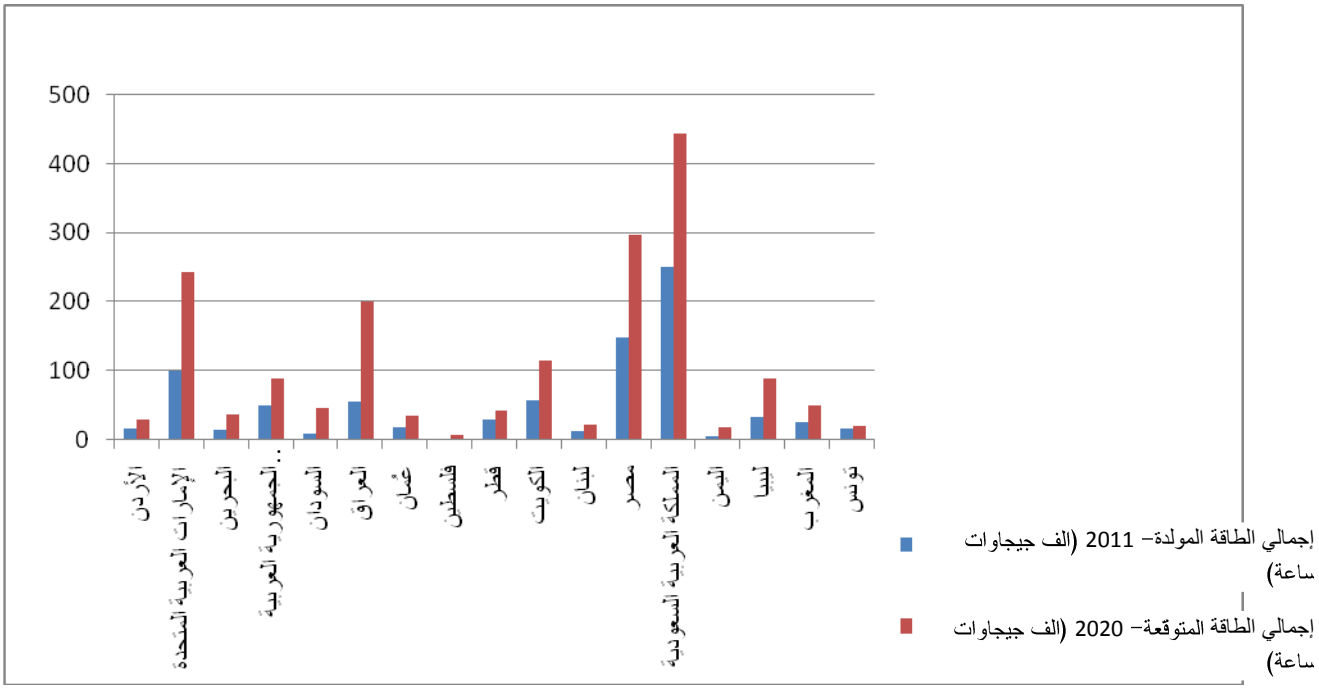
(55) الاتحاد العربي للكهرباء، النشرة الإحصائية، 2010 و2011.

(56) منظمة الأقطار العربية المصدّرة للبترول (الأوابك)، التقرير الإحصائي السنوي 2011.

(هـ) مع أن معظم بلدان الإسكوا نجحت في توفير خدمات الكهرباء للمواطنين بنسب وصلت إلى 100 في المائة، فما زال 50 في المائة من سكان اليمن و75 في المائة من سكان السودان (معظمهم في المناطق الريفية والنائية) يفتقرون إلى هذه الخدمات. ويمكن تأمين احتياجاتهم من الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة، بما يحقق التنمية الاقتصادية والاجتماعية والتنمية البيئية في الوقت نفسه؛

(و) أي جهد حقيقي يُبذل في قطاع الكهرباء لتخفيض الانبعاثات الناتجة من توليد الكهرباء، مثل اتخاذ قرار موحّد باعتماد مصادر الطاقة المتجددة، ستكون له نتائج إيجابية، نظراً إلى مركزية هذا القرار ووجود مرجعيات محددة تتولى تنفيذه، مع أهمية مراجعة سياسات تسعير الطاقة التقليدية ودعمها. ويتطلب تخفيض الانبعاثات من القطاعات الأخرى (القطاع المنزلي، قطاع الخدمات، القطاع الزراعي) إقناع ملايين المستخدمين ذوي المستويات الثقافية والاقتصادية والاجتماعية المتباينة بذلك، وتضافر الجهود بين مختلف الجهات والشركات والتنسيق بينها، وهو أمر لا يخلو من الصعوبات.

الشكل 12- كميات الطاقة الكهربائية في بلدان الإسكوا (2011 و2020)



ألف- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من قطاع الكهرباء في بلدان الإسكوا في عام 2010

يشير الجدول 9 إلى كميات الطاقة الكهربائية المنتجة من مختلف المصادر في بلدان الإسكوا في عام 2010 وفق إحصاءات الاتحاد العربي للكهرباء.

الجدول 9- الطاقة الكهربائية المنتجة من مصادر مختلفة (2010)[57]

البلد	الطاقة الكهربائية المنتجة من المحطات الحرارية (ج.و.س.)	الطاقة الكهربائية المنتجة من مصادر متجددة (ج.و.س.)	إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة (ج.و.س.)
الأردن	14713	64 (مصدر مائي، شمس، رياح)	14777
الإمارات العربية المتحدة	88184	-	88184
البحرين	13230	-	13230
تونس	14632	189 (مصدر مائي، شمس، رياح)	14821
الجمهورية العربية السورية	43809	2604 (مصدر مائي)	46413
السودان	1241	6275 (مصدر مائي)	7498
العراق	44140	4766 (مصدر مائي)	48906
عُمان	14597	-	14597
فلسطين	431	-	431
قطر	26362	-	26362
الكويت	57029	-	57029
لبنان	10374	837 (مصدر مائي)	11211
ليبيا	32559	-	32559
مصر	124786	13996 (مصدر مائي، رياح)	138782
المغرب	18391	4290 (مصدر مائي، شمس، رياح)	22681
المملكة العربية السعودية	239892		239892
اليمن	6400	-	6400
الإجمالي	**750752**	**33021**	**783773**

وبعد حساب كميات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من احتراق مختلف أنواع الوقود الأحفوري في المحطات الحرارية التقليدية لإنتاج الكهرباء، تم تحديد حصيلة إنتاج كل كيلوات ساعة من هذه الانبعاثات، في ضوء المعطيات التالية:

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من احتراق كيلوغرام من زيت الديزل = 3.2033 كلغ؛ وتلك الناتجة من احتراق كيلوغرام من زيت الوقود الثقيل = 3.143 كلغ؛ وتلك الناتجة من احتراق كيلوغرام من الغاز الطبيعي = 2.6993 كلغ؛ وتلك الناتجة من احتراق كيلوغرام من الفحم الحجري = 2.6 كلغ.

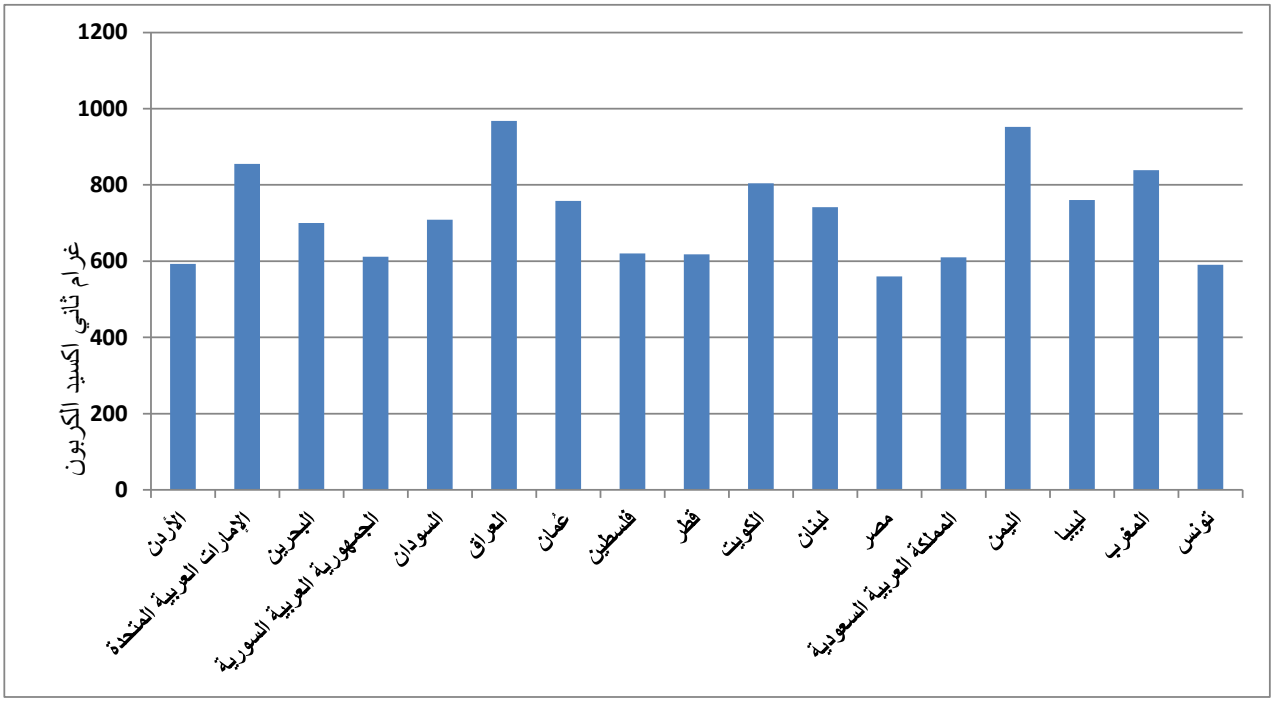
(57) الاتحاد العربي للكهرباء، النشرة الإحصائية 2010، العدد التاسع عشر، الأردن.

الجدول 10- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء في بلدان الإسكوا عام 2010

	زيت الوقود ثقيل (ألف طن)	زيت الديزل (ألف طن)	غاز طبيعي (ألف طن)	انبعاثات ثاني أكسيد زيت الكربون من الوقود الثقيل (ألف طن)	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من زيت الديزل (ألف طن)	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الغاز الطبيعي (ألف طن)	إجمالي كميات انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون (ألف طن)	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن توليد ج.و.س (طن)
						الإجمالي	516 250	
الأردن	906	99	2 055	2 855	318	5 548	8 722	593
الإمارات العربية المتحدة	1 240	4 326	36721	3 905	13 842	75 629	75 438	855
البحرين	0	0	3 431	0	0	9 264	9 264	700
تونس	1	1	3 197	2	3	8 632	8 637	590
الجمهورية العربية السورية	3 919	12	5 337	12 344	39	14 409	26 792	612
السودان	42	179	59	133	573	160	867	709
العراق	4 180	4 930	5 109	13 167	15 775	13 794	42 736	968
عُمان	0	0	4 095	0	0	11 058	11 058	758
فلسطين	0	83	0	0	267	0	267	620
قطر	-	-	-	-	-	-	16 291	618
الكويت	9 500	1 152	4 537	29 925	3 686	12 251	45 862	804
لبنان		-	-	-	-	-	7 697	742
ليبيا	1 692	3 521	3 025	5 331	11 266	8 168	24 765	761
مصر	6 059	171	63318	19 085	546	50 308	69 940	560
المغرب	1 224	29	0	3 856	93	0	42415(*)	839
المملكة العربية السعودية	22 439	52910	48915	70 684	33 894	41 820	146 398	610
اليمن	1 242	272	486	3 912	871	1 312	6 094	952

(*) من ضمنها 11474 ألف طن ناتجة من محطات التوليد العاملة على الفحم الحجري.

الشكل 13- كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من توليد كيلوات ساعة كهرباء في بلدان الإسكوا (عام 2010)



ويتبين من الجدول 10 ومن الشكل 13 أن الانبعاثات للكيلوات ساعة هي الأدنى في مصر (560 غرام ثاني أكسيد الكربون لكل ك.و.س.) وفي تونس (590 غرام) وفي الأردن (593 غرام)، نتيجة لاعتماد الغاز الطبيعي كوقود ولمشاركة محطات الدارة المركبة (قد تبلغ كفاءتها 60 في المائة) في التوليد وفي تغذية الشبكة الكهربائية.

باء- تخفيض الانبعاثات عبر توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة

لا تصدر أية انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكربون خلال عمليات توليد الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة. لكن تصنيع معدات إنتاج الكهرباء من هذه المصادر (الطاقة المائية، طاقة الرياح، الطاقة الشمسية...) ونقل هذه المعدات إلى مواقع محطات التوليد وتنفيذ الأعمال المدنية اللازمة وأعمال الحفريات وأشغال الخرسانة المسلحة يؤدي إلى إصدار انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. غير أن كميات هذه الانبعاثات تتباين تبعاً لمصادر ووسائل إنتاج الطاقة الكهربائية في البلد الذي يتم فيه تصنيع المعدات والتجهيزات والهياكل الحديدية (طاقة نووية أو متجددة أو حرارية تقليدية من الوقود الأحفوري)؛ وحسب الوسيلة المعتمدة لنقل هذه المعدات والتجهيزات والهياكل؛ والمسافة بين مراكز التصنيع ومواقع المحطات؛ وطبيعة الأرض التي يتم عليها إنشاء المحطات (في البر أو في البحر في حالة طاقة الرياح)؛ والتكنولوجيات المستخدمة.

ويتم عادة تقدير كميات الانبعاثات هذه، وتوزيعها على كميات الطاقة المتوقع إنتاجها خلال مدة حياة تقنيات التوليد من مصادر الطاقة المتجددة، لاستنتاج كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من توليد كيلووات ساعة واحد من الكهرباء عن طريق هذه التقنيات.

الجدول 11- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتيجة إنتاج كيلوات ساعة واحد من الطاقة الكهربائية (أرقام تقديرية)[58][59][60]

المصدر/نوع التكنولوجيا	الانبعاثات المقدرة (جرام ثاني أكسيد الكربون/ك.و.س كهربائي)	
	مصدر أ	مصدر ب مصدر ج
طاقة الرياح		**25-9** **2**
• استخدام تربينة رياح قدرة 1.5 م.و. (على البر)	**9**	
• استخدام تربينة رياح قدرة 2.5 م.و. (في البحر)	**10**	
الطاقة الشمسية		**60**
• محطة شمسية حرارية بنظام القطع المكافئ (80 م.و.)	**13**	**17**
• نظام شمسي ضوئي (خلايا السيليكون متعدد البلورة)	**32**	**9**
الطاقة الكهرمائية		**8**
• محطة كهرمائية قدرة 3.1 م.و. وخزان مائي	**13**	
• محطة كهرمائية صغيرة 300 ك.و.	**10**	
الطاقة النووية	**66**	**-** **5**
الوقود الأحفوري		
• محطة دورة مركبة تستخدم الغاز الطبيعي	**443**	**403**
• محطة حرارية عادية تستخدم زيت الديزل/الوقود الثقيل	**778**	

وهذه التقديرات ليست دقيقة، وتتغير حسب كل حالة. ولذلك، فحساب الانبعاثات الناتجة من إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة يتم إغفاله عملياً، بما أن الانبعاثات الناتجة من تصنيع المعدات تُحتسب في خانة قطاع الصناعة، وتلك الناتجة من عمليات النقل في خانة قطاع النقل، وتلك الناتجة من أعمال الخرسانة المسلحة في صناعة الاسمنت. وعمليات تصنيع معدات المحطات التقليدية العاملة بالوقود الأحفوري ونقلها وتركيبها تُنتِج انبعاثات يتم تجاهلها لدى حساب الانبعاثات المستخدَمة لتوليد الطاقة الكهربائية، ولا تُحسَب إلا الانبعاثات الناتجة من احتراق الوقود الأحفوري في هذه العمليات.

جيم- التوقعات بشأن كميات الانبعاثات الناتجة من توليد الكهرباء

يتبين من تقديرات مؤسسات وشركات الكهرباء في بلدان الإسكوا، وهي أعضاء في الاتحاد العربي للكهرباء الذي أصدر هذه التقديرات، أن كميات الطاقة الكهربائية المتوقع توليدها في عام 2020 لتلبية التزايد المطرد في الاستهلاك ستزيد بنسب كبيرة تتراوح بين 43 في المائة في تونس و532 في المائة في السودان، بمتوسط إجمالي قدره 129 في المائة.

الجدول 12- نسب الزيادة المتوقعة في الإنتاج الكهربائي 2010-2020

(58) ELSEVIER, *Energy Policy 36 (2008)*, 2940-2953.

(59) Science et vie, *Le dossier noir des energies vertes*, Mars 2008.

(60) International Energy Agency, Energy Technology Perspectives 2010, Scenarios and Strategies to 2050.

وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من كيلوات ساعة واحد
في بلدان الإسكوا (2010)

البلد	الإنتاج الكهربائي الإجمالي في العام 2010 (ج.و.س.)	الإنتاج الكهربائي الإجمالي في العام 2020 (ج.و.س.)	النسبة المئوية للزيادة في الطاقة الكهربائية بين عامي 2010 -2020	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن إنتاج ك.و.س واحد من الكهرباء (2010)
الأردن	14 777	29 625	100	593
الإمارات العربية المتحدة	88 184	242 619	175	855
البحرين	13 230	37 796	185	700
تونس	14 821	21 170	43	590
الجمهورية العربية السورية	46 413	88 490	90	612
السودان	7 498	47 376	532	709
العراق	48 906	200 000	309	968
عُمان	14 597	35 850	145	758
فلسطين	431	8 135	179	620
قطر	26 362	43 380	64	618
الكويت	57 029	116 055	103	804
لبنان	11 211	23 108	106	742
ليبيا	32 559	89 516	175	761
مصر	138 782	297 941	115	560
المغرب	22 681	49 890	120	839
المملكة العربية السعودية	239 892	443 825	85	610
اليمن	6 400	17 663	176	952
الإجمالي	783 773	1 792 439	128.7	

وفي ضوء ذلك، تم حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المتوقع أن تنتج من عمليات توليد الطاقة الكهربائية في عام 2020 وفق السيناريوهات التالية:

السيناريو الأول

<u>الافتراضات والمعطيات</u>

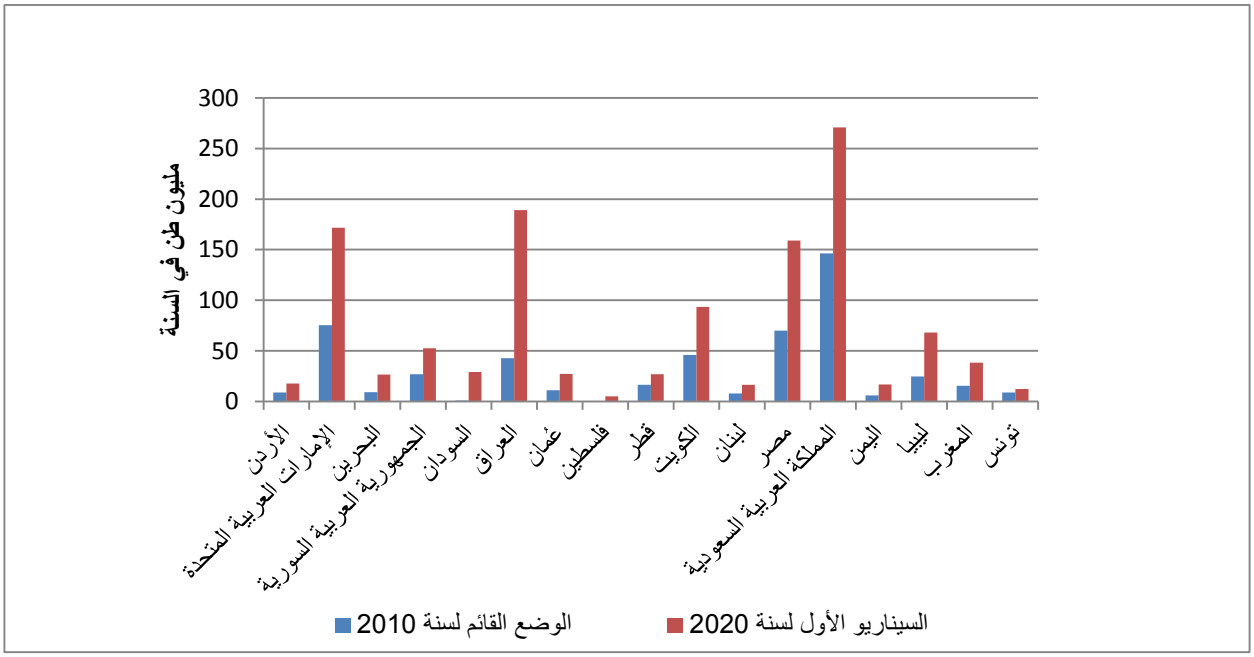
- بقاء مشاركة الطاقة المتجددة في خليط الطاقة على مستوياتها في عام 2010؛
- عدم اعتماد برامج لتحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية أو للتوسع في استخدام الغاز الطبيعي. وعليه، يحافظ معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون (كمية ثاني أكسيد الكربون الناتجة من توليد الطاقة الكهربائية، معبّراً عنها بالغرام لكل كيلوات ساعة مولدة) على مستواه في كل بلد؛

- البدء في الإمارات العربية المتحدة بإنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية. وجرى التعاقد مع شركة كورية لتجهيز 4 مجموعات إنتاج بقدرة 4 × 1600 ميغاواط، من المقرر وضعها قيد الخدمة في الفترة 2017-2020 لتوليد طاقة كهربائية بحدود 42 ألف جيجاوات ساعة سنوياً[61] من دون انبعاثات كربونية.

النتيجة

تقدّر الكمية الإجمالية للانبعاثات في عام 2020 وفق هذا السيناريو بحوالى 1208 مليون طن، مقابل حوالى 516 مليون طن في عام 2010، أي بزيادة قدرها 134 في المائة.

الشكل 14- الانبعاثات المتوقعة لثاني أكسيد الكربون نتيجة توليد الكهرباء في بلدان الإسكوا في 2020مقارنة بـ2010 (السيناريو الأول)



السيناريو الثاني

الافتراضات والمعطيات

- تلتزم بلدان الإسكوا بتنفيذ الأهداف المعلنة حول زيادة مشاركة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الوطني في عام 2020، على النحو التالي:

(61) E/ESCWA/SDPD/2010/I.G1/4 (Part I).

الجدول 13- الأهداف المعلنة في بلدان الإسكوا حول مشاركة الطاقة المتجددة في توليد الطاقة الكهربائية

(13-أ) أهداف معلنة في الاستراتيجية العربية لتطوير استخدامات الطاقة المتجددة (2011)[62]

البلد	الأهداف المعلنة	الفترة
الأردن	10 في المائة من الطاقة الأولية	2020
الإمارات العربية المتحدة	7 في المائة من الطاقة الكهربائية	2030
تونس	4 في المائة من الطاقة الأولية	2014
الجمهورية العربية السورية	4.3 في المائة من الطاقة الأولية	2020
السودان (بدون التوليد الكهرومائي)	1 في المائة من إجمالي الكهرباء المنتجة	2011
الكويت	5 في المائة من الطاقة الكهربائية	2020
لبنان	12 في المائة من الاحتياجات للإنتاج الكهربائي والحراري	2020
ليبيا	10 في المائة من الطاقة الكهربائية 25 في المائة من الطاقة الكهربائية	2020 2030
مصر	20 في المائة من الطاقة الكهربائية	2020
المغرب	27 في المائة من الطاقة الكهربائية (الرقم المعلن أساسا هو للقدرة الكهربائية المجهزة ويبلغ 42 في المائة)	2020

(13-ب) أهداف محدّدة في تقارير ودراسات[63][64]

البلد	الأهداف المعلنة	الفترة
البحرين	5 في المائة من الطاقة الكهربائية من مصادر متجددة.	2030
تونس	16 في المائة من الطاقة الكهربائية 40 في المائة من الطاقة الكهربائية	2016 2030
سلطنة عمان	مساهمة مصادر الطاقة المتجددة بنسبة 10 في المائة من الطلب على الطاقة	2020
فلسطين	الحصول تدريجياً على 240 ج.و.س.(على الأقل) كهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بما يعادل 10 في المائة من القدرة الكهربائية المنتجة محلياً	2020
الكويت	في 2011 أعلن مسؤول في وزارة الكهرباء والمياه عن السعي لمساهمة المصادر المستدامة بنسبة 10 في المائة من الطاقة الكهربائية المنتجة	2020
المملكة العربية السعودية	التخطيط لتنفيذ 5 ج.و. محطات شمسية، بما يحقق هدف مساهمة الطاقة المتجددة بنسبة 6-7 في المائة من القدرات المركبة حينئذٍ	2020

وعليه، تقدّر مساهمة مصادر الطاقة المتجددة في إنتاج الطاقة الكهربائية في عام 2020 بما يلي، مع افتراض أن البلدان التي لم تعلن عن خططها في هذا المجال ستستمر في إنتاج المستويات الحالية من الطاقة الكهربائية:

(62) أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، الاستراتيجية العربية لتطوير استخدامات الطاقة المتجددة، مرجع سبق ذكره.

(63) Imen Jeridi Bachellerie, Gulf Research Center, *Renewable Energy in the GCC Countries, Resources, Potential, and Prospects*, op.cit.

(64) الاستراتيجية العامة للطاقة المتجددة في فلسطين، 2012.

(13-ج) نسبة مشاركة الطاقة المتجددة في إنتاج الكهرباء

البلد	مشاركة الطاقة المتجددة (كنسبة مئوية)
الأردن	**5**
الإمارات العربية المتحدة	**3.5**
البحرين	**2.50**
الجمهورية العربية السورية(*)	**3**
السودان	**1٪ إضافة إلى الطاقة الكهرمائية**
العراق	**-----**
عُمان	**5**
فلسطين	**3**
قطر	**-----**
الكويت	**10**
لبنان	**12**
مصر	**20**
المملكة العربية السعودية	**2.50**
اليمن	**-**
ليبيا	**10**
المغرب	**27**
تونس(**)	**22.85**

(*) تقوم هذه التقديرات على أنّ الهدف المعلن في الاستراتيجية هو 4.3 في المائة من الطاقة الأولية.

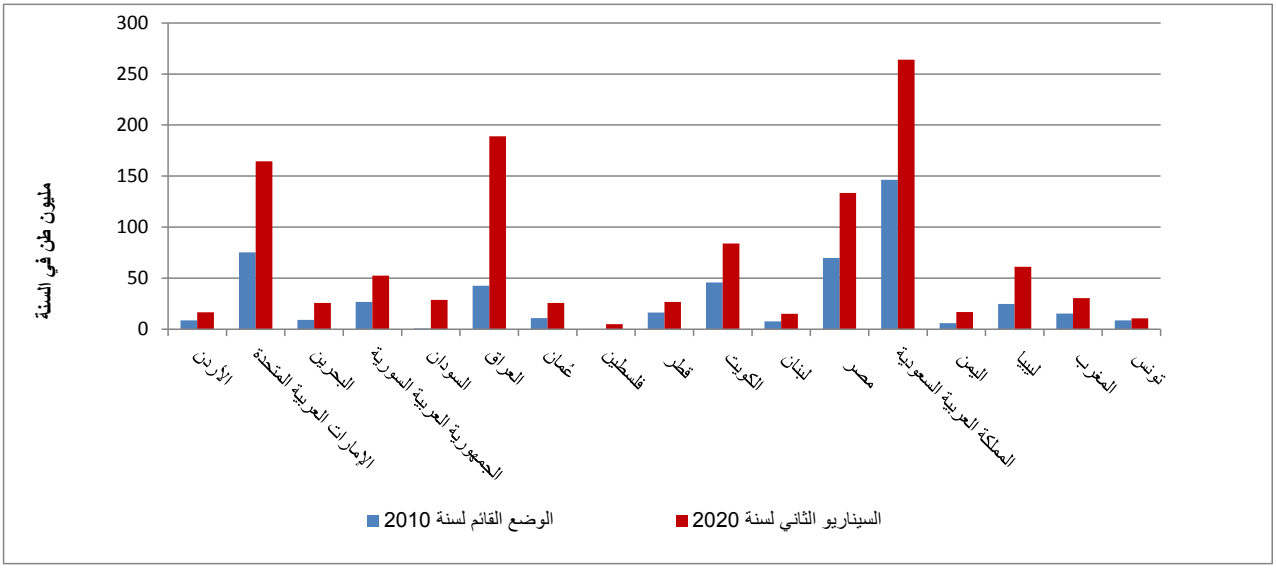
(**) تعود الأرقام المعلنة في البرنامج الشمسي التونسي للعامين 2016 و2030، لذلك تم حساب النسبة للعام 2020.

- لن تتحسن كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية في محطات التوليد التي لن تتوسع في استخدام الغاز الطبيعي. وستبقى الانبعاثات لكل كيلوات ساعة على ما كانت عليه في عام 2010؛
- من المقرر إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية في الإمارات العربية المتحدة حسب السيناريو الأول.

<u>النتيجة</u>

يقدر إجمالي كميات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من توليد الكهرباء في بلدان الإسكوا في عام 2020 بحوالى 150 1 مليون طن، أي بزيادة قدرها 123 في المائة عن 2010.

الشكل 15- الانبعاثات المتوقعة لثاني أكسيد الكربون نتيجة توليد الكهرباء في بلدان الإسكوا في عام 2020 مقارنة بعام 2010 (السيناريو الثاني)



السيناريو الثالث

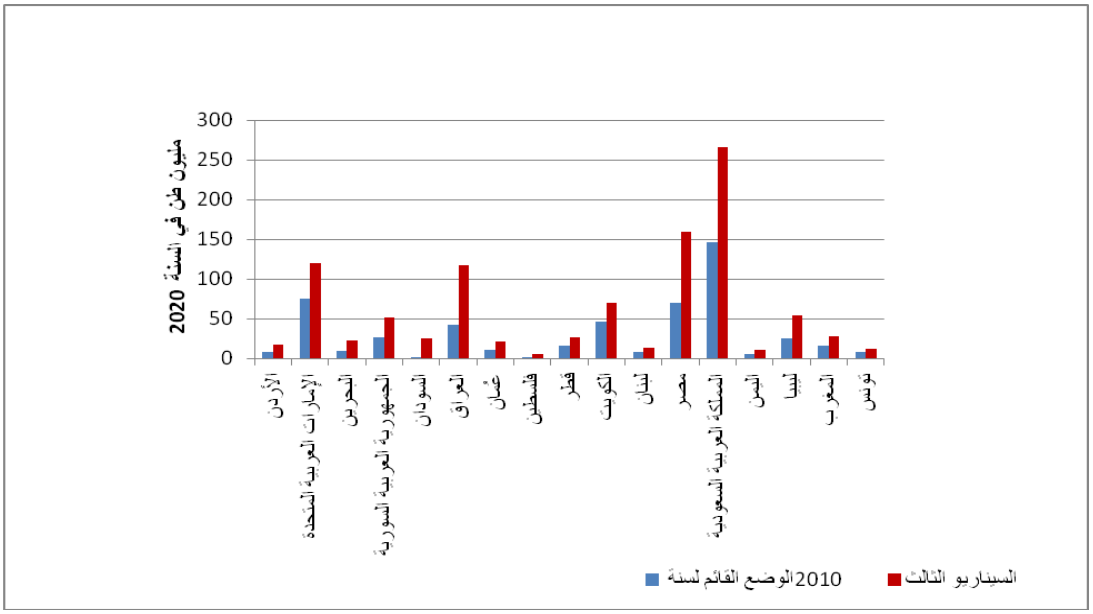
الافتراضات والمعطيات

- لن تلتزم البلدان بتنفيذ أهدافها المعلنة حول زيادة مشاركة الطاقة المتجددة في إنتاج الطاقة الكهربائية عام 2020، وستبقى الكميات المنتجة من مصادر الطاقة المتجددة على حالها في عام 2010؛
- يحصل توسع في استخدام الغاز الطبيعي، عبر إنشاء وتجهيز محطات توليد جديدة ذات قدرات كبيرة بطريقة الدارة المركبة، مع اعتماد إجراءات لتحسين كفاءة إنتاج الطاقة، بحيث تنخفض الانبعاثات الناتجة من توليد كيلوات ساعة كهرباء في المحطات الحرارية التقليدية إلى 600 غرام لكل كيلوات ساعة. ويمكن تحقيق هذا المستوى، ما عدا في مصر والأردن حيث يُفترض أن تبقى المستويات الحالية (وهي أفضل من هذا المستوى) عند 593 غرام في الأردن و590 غرام في تونس و560 غرام في مصر؛
- يتم إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في الإمارات العربية المتحدة حسب السيناريوين الثاني والثالث.

النتيجة

يُقدّر إجمالي كميات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة من توليد الكهرباء في بلدان الإسكوا في عام 2020 بحوالى 019 1 مليون، طن أي بزيادة بنسبة 97 في المائة تقريبا عن عام 2010.

الشكل 16- الانبعاثات المتوقعة لثاني أكسيد الكربون نتيجة توليد الكهرباء في بلدان الإسكوا في عام 2020 مقارنة بعام 2010 (السيناريو الثالث)



السيناريو الرابع (أكثر السيناريوهات تفاؤلاً)

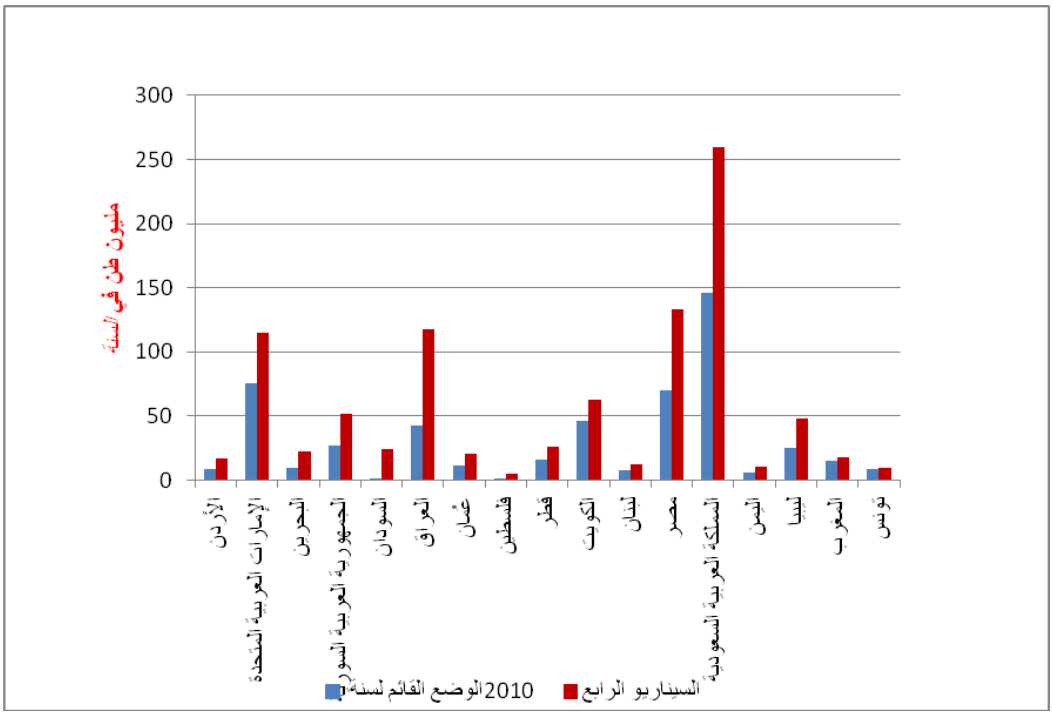
الافتراضات والمعطيات

- يتم الالتزام بالأهداف المعلنة لناحية اعتماد مصادر الطاقة المتجددة (السيناريو الثاني)؛
- تتحسن كفاءة إنتاج الطاقة، ويُلاحظ توسّع في استخدام الغاز الطبيعي (السيناريو الثالث)؛
- تنتج الإمارات العربية المتحدة الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية (السيناريو الأول).

النتيجة

يقدر إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في بلدان الإسكوا في عام 2020 (حسب السيناريو الرابع) بحوالى 958 مليون طن، أي بزيادة قدرها 86 في المائة تقريبا عن عام 2010.

الشكل 17- الانبعاثات المتوقعة لثاني أكسيد الكربون نتيجة توليد الكهرباء في بلدان الإسكوا في عام 2020 مقارنة بعام 2010 (السيناريو الرابع)



وفيما يلي ملخص لنتيجة السيناريوهات الأربعة:

الجدول 14- مقارنة السيناريوهات والتطور المتوقع في الفترة 2010-2020

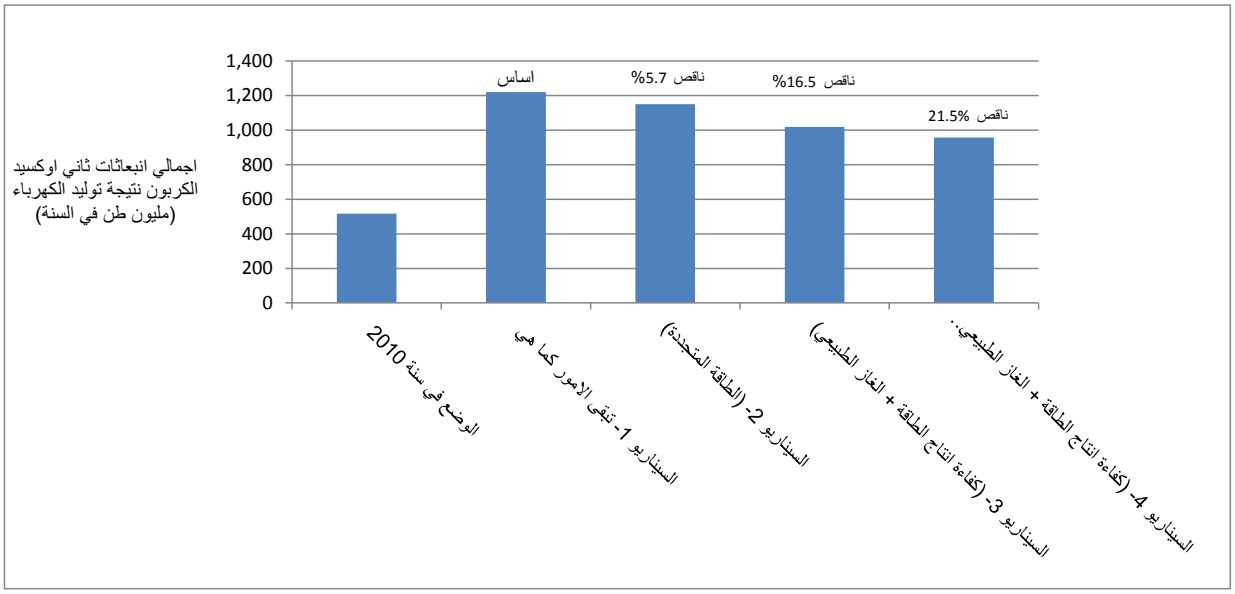
	2010	2020	الزيادة (بالنسبة المئوية)(*)
الطاقة الكهربائية الإجمالية (ألف ميغاواط ساعة)	783773	1792439	129
الطاقة الكهربائية من المصادر الحرارية التقليدية (ألف ميغاواط ساعة)(*)	750752	السيناريو الأول 1717418	129
	1612655	السيناريو الثاني 1603510	115
	1717418	السيناريو الثالث 1717418	129
	1612655	السيناريو الرابع 1603510	115
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (مليون طن)	516	السيناريو الأول 1220	136
		السيناريو الثاني 1150	123
		السيناريو الثالث 1019	97
		السيناريو الرابع 958	86

(*) يتضمن ذلك كميات الطاقة الكهربائية المنتجة من الطاقة النووية (طاقة حرارية غير تقليدية) والمقدرة بنحو 42 ألف جيجاوات ساعة سنوياً.

ويشير الجدول 14 إلى أن نسبة الزيادة المئوية السنوية في الانبعاثات في السيناريوين الأول والثاني تفوق نسبة الزيادة المئوية في إجمالي كميات الطاقة الكهربائية المولّدة، بما أن معظم البلدان التي تحقق زيادة

أعلى في توليد الطاقة الكهربائية في الفترة بين 2010 و2020 تنتج حالياً مستويات عالية نسبياً من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لدى إنتاج كل كيلوات ساعة من الطاقة (الإمارات العربية المتحدة والبحرين والسودان والعراق واليمن).

الشكل 18- مقارنة السيناريوهات الأربعة (2010-2020)



ويتضح مما تقدم أنه ما لم تُبذل جهود لتحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية واعتماد الغاز الطبيعي، وما لم تُستغلّ تطبيقات الطاقة المتجددة، فستزيد الانبعاثات بنسبة تفوق نسبة زيادة الطاقة الكهربائية المولدة. لكن، يمكن بجهود معقولة، تخفيض الانبعاثات الناتجة من قطاع الكهرباء بنسبة تزيد عن 21 في المائة، بحلول 2020. ولكن، حتى في السيناريو الرابع المتفائل، يُتوقع أن تزداد الانبعاثات بنسبة 186 في المائة عن عام 2010. ويعني ذلك أن الطاقة الكهربائية ستزيد بمعدل 129 في المائة، بينما ستزيد الانبعاثات بمعدل 86 في المائة فقط.

وتبرز في هذه السيناريوهات الصعوبات التي تعترض تخفيض الانبعاثات في بلدان الإسكوا في السنوات القادمة، نظراً للزيادة المتوقعة في كميات الطاقة الكهربائية اللازمة لاحتياجات التنمية. لذلك، فالمطلوب عالمياً مساعدة هذه البلدان في مجالي التمويل ونقل التكنولوجيا وتوطينها، وصولاً إلى تسهيل مهمتها في تحسين كفاءة الطاقة، والاستفادة من تطبيقات الطاقة المتجددة ومن تقنية اصطياد الكربون ومن الطاقة النووية.

لذلك، كان من الطبيعي أن يتضمن الإعلان الوزاري العربي حول مؤتمر الأمم المتحدة للتنمية المستدامة (ريو+20) والصادر عن الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة في 18 نيسان/أبريل 2012 ما يلي: "الوفاء بالتزام الدول المتقدمة في دعم الدول النامية في تحقيق التنمية المستدامة، من خلال التشديد والتركيز على توفير التمويل المناسب لدعم عمليتي نقل وتوطين التكنولوجيا المناسبة، وتمكين الدول النامية من تطوير التكنولوجيات الخاصة بها وبناء القدرات بما يتفق مع الأولويات الوطنية للدول (...) والتأكيد على حق الدول العربية في تنويع مصادر الطاقة، بما في ذلك الطاقة الجديدة والمتجددة والطاقة النووية في مجال الاستخدامات السلمية (...) لتحقيق التنمية المستدامة في المنطقة العربية والإشادة بما تم تحقيقه من انجازات".

رابعاً- إمكانات التصنيع المحلي لمعدات الطاقة المتجددة المستخدَمة لإنتاج الكهرباء

في بلدان الإسكوا، تتأثر كلفة إنتاج وحدة الطاقة الكهربائية المولّدة من مصادر الطاقة المتجددة بكلفة تصنيع معدات إنتاج الكهرباء من هذه المصادر، مما يؤثّر بشكل مباشر على درجة انتشار استخدامات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء. وتمثل مشاريع الطاقة المتجددة بكلفتها الاستثمارية العالية نسبياً عبئاً على كاهل الحكومات والمؤسسات والشركات العامة للكهرباء في هذه البلدان. لذلك، يجب معالجة موضوع التصنيع المحلي لهذه المعدات باعتباره أحد عناصر الصناعة الخضراء، والبحث في دور القطاع الخاص في هذا الشأن، بما يؤدي إلى تحسين اقتصادات المشاريع ويسمح بتوليد فرص عمل جديدة وإنشاء سوق إقليمية للمعدات المطلوب توطينها.

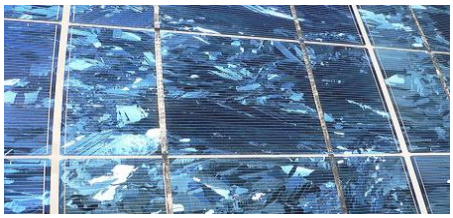
ومن شأن التصنيع المحلي لمعدات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء المساهمة في عملية التنمية المستدامة في بلدان الإسكوا من خلال ما يلي: خلق فرص عمل ومصادر دخل جديدة للمواطنين؛ تقوية الاقتصادات الوطنية وتحسين موازين المدفوعات؛ تخفيض كلفة إنشاء محطات لتوليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة؛ نشوء مجتمع صناعي ملم بتقنيات الطاقة المتجددة؛ الاهتمام بمواصفات المعدات الملائمة للظروف المحلية؛ البقاء قدر الإمكان بمنأى عن الأزمات العالمية التي قد تشكل عامل ضغط على الاقتصادات الوطنية.

ألف- التصنيع المحلي لمكونات نظم الخلايا الشمسية الضوئية (الفوتوفلطية)

تعتمد صناعة الخلية الشمسية على مادة السليكا الموجودة في الرمل، حيث يتم استخلاصها وتحويلها إلى رقائق منتظمة الشكل (Wafers) من خلال عدة عمليات كيميائية وكهربائية، لتصبح خلايا شمسية قد تكون أحادية البلورة أو متعددة البلورات (الشكل 19)[65].

الشكل 19- الخلايا الشمسية

خلية أحادية البلورة منتظمة اللون



خلية متعددة البلورات متدرجة اللون

وهناك نوع آخر من الخلايا، هي خلايا الفيلم الرقيق (Thin Film-TF)، التي تحتل المركز الثاني في الانتشار بعد خلايا السيليكون البلوري. ويعتمد تصنيعها على ترسيب مادة السيليكون على هيئة طبقات رفيعة على أسطح من الزجاج أو البلاستيك. وتتعدد أنواعها باختلاف مادة شبه الموصل المستخدمة، علماً أن درجة كفاءتها (حوالى 6-10 في المائة) هي أقل من الخلية البلورية (حوالى 13.5-17.5 في المائة)، وسعرها أقل، كما أنها مناسبة للتطبيقات المحدودة السعة[66].

(65) http://ar.wikipedia.org/wiki.

(66) السياسات والتدابير في مجال الطاقة لتعزيز التخفيف من حدة تغير المناخ في البلدان الأعضاء في الإسكوا، إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة، مرجع سبق ذكره.

ويتم تجميع الخلايا الشمسية داخل وحدة محاطة بإطار من الألمنيوم مثبت على حامل معدني. ويتم تجميع النماذج في ألواح ترتبط مع بعضها في نظام يزود بمحول للتيار ومنظم للشحن وبطارية تخزين (في حالة النظم المعزولة).

وفي عدد من بلدان الإسكوا، تنتشر حالياً صناعة تجميع مكونات نظم الخلايا الشمسية، وتجرى بحوث حولها، وتوجد شركات محلية للتركيب والصيانة.

الجدول 15- المساهمة المحلية في تجهيز محطات توليد الكهرباء المتضمنة لنظم الخلايا الشمسية

البند	الوضع الراهن	الرؤية
الأعمال المدنية والكهرميكانيكية: o تجهيز الموقع، الطرق الداخلية؛ o إنشاء قواعد الحامل المعدني؛ o المباني الملحقة (ورش، مخازن، مبان سكنية وإدارية)؛ o التركيب والربط علي الشبكة؛ o التشغيل والصيانة. الأعمال الاستشارية: o دراسات جدوى فيها دراسات حول البيئة.	تتولى شركات وطنية أعمال التركيب والتشغيل والصيانة محليا، وذلك في الأردن وتونس والجزائر والسودان ومصر[67]. تتوفر الخبرات في بعض المجالات الفنية والمالية والاقتصادية والبيئية.	- تسهيل دخول المكاتب الاستشارية والشركات الوطنية المؤهلة في المناقصات. - هدف قصير الأجل: إتاحة الفرصة للمكاتب الاستشارية الوطنية للاشتراك في اختيار الموقع ودراسات الجدوى مع الاستشاري الأجنبي لنقل الخبرة؛ والقيام بأعمال التصميم الهندسي أو المشاركة فيها.
الحامل المعدني (صلب مغلفن/قواطع ألمنيوم).	يتم تصنيعه في بعض البلدان.	- هدف قصير الأجل: تحقيق التكامل بين البلدان.
الغطاء الزجاجي للوحدة.	صناعة الزجاج موجودة في كثير من البلدان.	- هدف قصير الأجل: تحقيق التكامل بين البلدان.
كابلات وموصلات.	يتم التصنيع في معظم بلدان الإسكوا	
منظم الشحن، محول التيار.	يتم التصنيع في بعض بلدان الإسكوا	- هدف قصير الأجل: تحقيق التكامل بين البلدان.
الرقائق السيليكونية.	- يتم استيراده؛ - من المقرر أن يتعاون القطاع الخاص في المملكة العربية السعودية مع شركة كورية لإنشاء مصنع لإنتاج حوالى 3350 طنا متريا من ألواح السيليكون المتعدد البلورة في السنة؛ - أعلنت شركة قطرية في تشرين الأول/أكتوبر 2011 عن توقيع عقد لإنشاء مصنع لإنتاج "بولي سيليكون" في قطر، بقيمة مليار دولار أمريكي تقريبا، بهدف إنتاج 8000 طن متري من البولي سيليكون المتعدّد البلورات العالية النقاوة سنوياً، كمرحلة أولى. ومن المزمع الانتهاء من التنفيذ في النصف الثاني من عام 2013.	- يتوقف التصنيع المحلي على ما يلي: (1) متوسط الطلب السنوي المتوقع خلال فترة زمنية؛ (2) نقل تكنولوجيا صناعة الرقائق؛ (3) خط الإنتاج؛ (4) ربط البحث والتطوير بالتصنيع؛ (5) بناء القدرات الفنية الوطنية؛ (6) التسويق. - هدف متوسط الأجل: تحقيق التكامل بين البلدان. يجب أن يقوم التعاون بين البلدان على أساس التكامل بينها.
البطاريات (في حال التخزين الكهربائي).	- تصنّع في عدد من بلدان الإسكوا.	- هدف قصير الأجل: تحقيق التكامل بين البلدان.

(67) أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، دليل إمكانات الدول العربية في مجالات الطاقة المتجددة ورفع كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة، القاهرة، 2011.

باء- التصنيع المحلي لمكونات نظم المركزات الشمسية الحرارية

تعتبر المحطات الشمسية الحرارية ذات القطع المكافئ أكثر تقنيات المركزات الشمسية الحرارية انتشاراً في العالم، من حيث مكوناتها وإمكانات تصنيعها محليا. وهي التقنية المستخدَمة في المحطات الشمسية الحرارية في المغرب (470 م.و.)/2010 والجزائر (150 م.و.) ومصر (140 م.و.)/2011. ونظراً إلى وجود خطط لتنفيذ مشاريع مركزات شمسية حرارية بقدرات إجمالية تصل إلى حوالى 2700 م.و. حتى عام 2020 أو حتى 2030 في بلدان الإسكوا، لا سيما المخطط الشمسي المغربي الذي يهدف إلى تنفيذ محطات شمسية حرارية بقدرات تصل لحوالى 2000 م.و. في عام 2020[68]، لا بد من البحث في إمكانية تصنيع بعض مكونات هذه المحطات محليا، بما أنها الأكثر انتشاراً.

تتكون المحطة الشمسية الحرارية ذات القطع المكافئ عادة من:

(أ) حقل شمسي: يتكون من عدة صفوف متوازية من المجمعات الشمسية تكون على شكل قطع مكافئ له محور من الشمال إلى الجنوب. ويتراوح بُعدا حافتي المجمع العليا والسفلى بين 5 و5.77 أمتار بطول 150 متراً لمصفوفة المجمع، الذي يتكون من أربع قطع من المرايا العاكسة ذات الألواح الزجاجية (سماكة 4-5 مم) تحتوي على كمية ضئيلة من الحديد، لتقليل الفقد في امتصاص الأشعة الشمسية، والمطلية بطبقة من الفضة العاكسة على السطح العاكس، وعدة طبقات للحماية على السطح الخلفي للمرايا؛

(ب) هياكل معدنية (صلب/ألمنيوم): توضع على قواعد وتثبت عليها المجمعات الشمسية؛

(ج) مُستقبِل (Receiver): يُركب في المحور البؤري للمجمعات الشمسية. وهو أنبوب زجاجي مفرغ وطولي يتسم بدرجة نفاذية عالية لأشعة الشمس، بداخله أنبوب ماص من الصلب المطلي بمادة معينة، وذلك لامتصاص معظم الأشعة الشمسية مع أقل مستوى فقد حراري. ويحتوي على مائع (سائل زيتي/أملاح ذائبة) هو وسيط للتسخين (Heat Transfer Fluid-HTF)، ويتم توصيل الأنبوبين الصلب والزجاجي معاً؛

(د) جهاز تتبع حركة الشمس: مثبت بكل مصفوفة من المركزات التي تدور حول محورها الطولي من الشرق إلى الغرب لاستقبال الإشعاع الشمسي الساقط؛

(ه) مبادلات حرارية: تتصل بكل من الحقل الشمسي والمحطة الحرارية لاستقبال المائع الساخن وتسخين المياه لإنتاج البخار (تتراوح درجة الحرارة بين 400-500 درجة مئوية)؛

(و) محطة قوى حرارية (عنفة بخارية، مولد/منوب، مكثف، مضخات، مبادلات حرارية)؛

(ز) نظام تخزين حراري (اختياري): لتخزين الحرارة نهاراً واستخدامها لإنتاج الكهرباء ليلاً، لا سيما في أوقات الذروة المسائية. وتعتمد فكرة عمله على قيام المائع الوسيط بالحقل الشمسي بتسخين الأملاح المنصهرة في الخزان من خلال مبادلات حرارية، بحيث يتم انتقال الحرارة إلى المائع الوسيط في حالة غياب الشمس. وتختلف مواد التخزين الحراري. فقد تكون أملاحا منصهرة (الأكثر انتشاراً) أو زيتا أو رمالا أو خرسانة. ويمكن أن تصل سعة التخزين عند درجة الحرارة المطلوبة عند التشغيل بكامل الحمل إلى عدة ساعات.

(68) الإسكوا، التصنيع المحلي لمعدات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح: الإمكانات والآفاق في المنطقة العربية، مرجع سبق ذكره.

ويعتمد تجهيز المركزات الشمسية في محطات توليد الكهرباء على تكامل أنشطة رئيسية هي: (1) الأعمال المدنية وتجهيز الموقع وإنشاء القواعد التي تستند عليها المُجمعات؛ (2) مُستقبل القطع المكافئ؛ (3) المرايا؛ (4) إنتاج وتجميع الهياكل المعدنية.

الجدول 16- إمكانات المساهمة المحلية في تجهيز محطات توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية الحرارية المتضمنة لتكنولوجيا القطع المكافئ مع نظام تخزين حراري

البند	الوضع الراهن	الرؤية
- الأعمال المدنية والكهرميكانيكية: ▪ تجهيز الموقع، الطرق الداخلية؛ ▪ إنشاء قواعد الهياكل المعدنية؛ ▪ المباني الملحقة (ورش، مخازن، المباني السكنية والإدارية)؛ ▪ المكون الحراري. - التركيب والربط على الشبكة. - أعمال استشارية (دراسات الجدوى والدراسات البيئية). - تركيب المحطة الشمسية الحرارية وتشغيلها وصيانتها .	- تقوم شركات وطنية بالأعمال المحلية في مصر والجزائر والمغرب، ويمكنها المشاركة في أعمال التصميم الهندسي للمشروع. - تنعم عدة بلدان بخبرات كثيرة في مجال إنشاء المحطات الحرارية وربطها وتشغيلها وصيانتها. - تنعم عدة بلدان بخبرات كثيرة في المجالات الفنية والمالية والبيئية. - تنعم الجزائر ومصر والمغرب بخبرات كثيرة في هذا المجال.	- تسهيل دخول المكاتب الاستشارية والشركات الوطنية المؤهلة في المناقصات. - العمل على إتاحة الفرصة للمكاتب الاستشارية الوطنية للاشتراك في اختيار الموقع ودراسات الجدوى مع الاستشاري الأجنبي من أجل نقل الخبرة. - الحاجة إلى تعزيز التعاون بين الشركات المحلية والأجنبية في مجالات التصميم الهندسي وتطوير تنفيذ المشروع وتصميم المحطة وهيكل التمويل. - الحاجة إلى دعم فني من الدول الرائدة خلال فترة التشغيل الأولي للمشروع. - <u>هدف قصير/متوسط الأجل</u>: العمل على نقل الخبرة في مجال الصيانة وتحليل الأعطال.
- المُستقبل.	- يشكل ذلك تقنية عالية ويتطلّب خبرات لا توجد في البلدان العربية.	- تحتكر شركتان فقط السوق العالمية، هما Siemens (Solel Solar Schott Solar AG & .Sys) - <u>هدف ما زال تحقيقه غير مؤكد/هدف طويل الأجل</u>: يتطلب إنشاء صناعة محلية تحديد معدل الطلب السنوي، واستثمارات كبيرة، وخبرات فنية عالية، ونقل التكنولوجيا.
- المرايا.	- توجد قاعدة لصناعة الزجاج في الجزائر ومصر.	- يتطلب ذلك إنشاء خط إنتاج لتحقيق الأرباح، ووجود طلب كبير(150000 طن/سنة من الزجاج). وتشارك 12 شركة عالمية في هذه الصناعة. - <u>هدف متوسط وطويل الأجل</u>: نقل المعرفة.
- الهياكل المعدنية والوصلات. - بعض المعدات الكهربائية والإلكترونية (التي تستخدم في جهاز تتبع حركة الشمس).	- توجد قاعدة صناعية في الجزائر ومصر والمغرب. - توجد في عدد من البلدان قاعدة لصناعة بعض المكونات المستخدَمة في صناعات أخرى. - يصنّع عدد من بلدان الإسكوا بعض المكونات الكهربائية والميكانيكية (لوحات توزيع، كابلات، محولات).	- توجد خبرات في الجزائر ومصر والمغرب في صناعة الهياكل المعدنية. - <u>هدف قصير ومتوسط الأجل</u>: تطوير الصناعات الالكترونية الموجودة واستخدام البرمجيات ذات الصلة لتصنيع جهاز تتبع حركة الشمس.
- المكون الحراري.	- توجد شركات للتركيب في عدد من بلدان الإسكوا.	- <u>هدف قصير ومتوسط الأجل</u>: زيادة نسبة المكون المحلي تدريجياً في ضوء الطلب في إطار الصناعات المعدنية).

الجدول 16 (تابع)

البند	الوضع الراهن	الرؤية
- تجميع مكونات القطع المكافئ.	- تتوفر خبرات تحتاج إلى دعم فني (تولّت شركة وطنية تنفيذ الأعمال المدنية وتجميع وتركيب الحقل الشمسي لمشروع المحطة الشمسية الحرارية في مصر، بالتعاون مع خبرات أجنبية[69]).	- تطبيق مواصفات الجودة الشاملة على الشركات الوطنية. - العمل على إنشاء شراكة/تعاون بين الشركات والمكاتب الاستشارية الوطنية والأجنبية المتخصصة لنقل الخبرة. - تسهيل دخول المكاتب الاستشارية والشركات الوطنية المؤهلة في المناقصات في بلدان الإسكوا.
- خزان حراري (اختياري).	- لا توجد خبرات هندسية أو صناعية، لكن يمكن المساهمة في الأعمال المحلية (المدنية والكهرميكانيكية).	- هدف متوسط وطويل الأجل: مطلوب نقل المعرفة.

جيم- التصنيع المحلي لمكونات معدات طاقة الرياح

هناك اهتمام متزايد بطاقة الرياح في بلدان الإسكوا، تمثل في إعداد أطلس للرياح في عدد من هذه البلدان، منها الأردن وتونس والجمهورية العربية السورية وليبيا والمغرب ومصر واليمن. وتم أيضا تنفيذ محطات رياح بقدرات كبيرة وربطها على الشبكة الوطنية في تونس والمغرب ومصر. وتخطط عدة بلدان للاستفادة من طاقة الرياح في إنتاج الكهرباء، مثل الأردن والإمارات العربية المتحدة والجمهورية العربية السورية واليمن، وأيضا في مصر التي تشهد نشاطا صناعيا في مجال معدات طاقة الرياح. وفيما يلي مكونات تربينات الرياح والقدرات الصناعية الحالية والرؤية المستقبلية لتنمية هذه الصناعة:

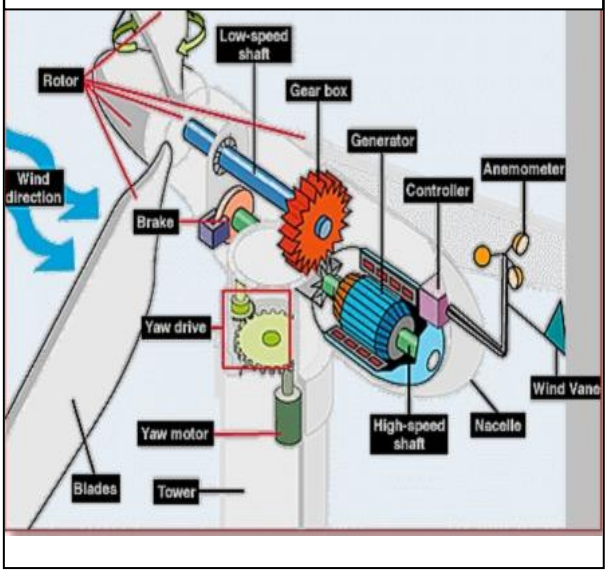
مكونات تربينة الرياح[70]:

- البرج: أسطواني الشكل، ومصنوع من الصلب، ومثبت على قاعدة من الخرسانة المسلحة. توضع عليه الريش للاستفادة من زيادة سرعة الرياح مع زيادة الارتفاع؛
- الريش (Blades): تثبت أعلى البرج على محور دوران أفقي. وتحتوي عادة كل تربينة على ثلاث ريش (من مادة الفيبر جلاس). وهي ذات زاوية دوران متغيرة وتعمل على تحويل طاقة سرعة الرياح إلى طاقة حركة دوران؛
- الصرة (Hub): الجزء الذي تثبت فيه الريش وترتبط بمحور الدوران الرئيسي. وللصرة غطاء يصنع من مادة الفيبر جلاس أو الحديد الصلب ويستخدم لحماية الأجزاء الداخلية من الأتربة والرمال والأمطار؛
- حاوية الأجزاء المتحركة (Nacelle): توضع أعلى البرج وتحتوي على:

(69) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي 2011/2010، مرجع سبق ذكره.

(70) الإسكوا، التصنيع المحلي لمعدات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح: الإمكانات والآفاق في المنطقة العربية، مرجع سبق ذكره.

الشكل 20- المكونات الرئيسية لتربينة الرياح



- ناقل الحركة، ويعتبر الوصلة بين محور الدوران الأفقي (Low speed shaft) ومحور الدوران السريع (High speed shaft) الخارج من صندوق التروس؛
- صندوق تروس (Gear box) لتشغيل المولد الكهربائي (Generator)؛
- فرامل هوائية (Air brakes) لتخفيض سرعة الدوران عند إيقاف التربينة بشكل عادي أو طارئ. وتستخدم نظاما هيدروليكيا لتوجيه مستوى دوران ريشة التربينة بحيث يكون موازياً لاتجاه الرياح في حالة التربينة التي تتضمن نظام تَحكُّم في زاوية خطوة الريشة (Pitch). وعند توقيف الدوران، يجعل سطح الريشة عامودياً على مسار الرياح؛
- فرامل ميكانيكية تُستخدم كنظام احتياطي لنظام الفرامل الهوائية في حال توقف التربينة التي لا يوجد فيها نظام تَحكُّم في زاوية دوران الريشة (Stall)؛
- أنظمة حماية لتشغيل التربينة بشكل آمن، ولوحة التحكم في التشغيل.

وتتوزع كلفة العناصر الرئيسية التالية لصناعة معدات طاقة الرياح كنسبة مئوية من الكلفة الكلية (على سبيل الاسترشاد) على النحو الآتي: البرج الحامل للتربينة (8 في المائة)؛ مكونات التربينة من ريش وصندوق تروس ومولد ونظم تحكم وتوجيه وفرامل وعامود إدارة رئيسي وجسم الحاوية وبعض مكونات أخرى (55 في المائة)؛ الأعمال المدنية والكهرميكانيكية (21 في المائة) - وحدة التحكم (1 في المائة) - قطع الغيار (3 في المائة) - الشحن والنقل للموقع (6 في المائة)؛ التصميم الهندسي والتركيب والاختبارات والتشغيل والتسليم الابتدائي (5 في المائة)؛ التدريب (1 في المائة)[71].

(71) المرجع نفسه.

الجدول 17- إمكانات المساهمة المحلية في تجهيز محطات توليد الكهرباء من طاقة الرياح

البند	الوضع الراهن	الرؤية
الأعمال المدنية والكهرميكانيكية: - تجهيز الموقع، الطرق الداخلية - إنشاء قواعد التربينات؛ - المباني الملحقة (ورش، مخازن، المباني السكنية والإدارية)؛ - التركيب والربط على الشبكة (تعمل مكاتب استشارية في معظم البلدان في هذا المجال)؛ - أعمال استشارية (إعداد دراسات التربة وطوبوغرافيا الموقع والدراسات البيئية؛ استشارات كهربائية وميكانيكية).	- توجد شركات إنشاءات وطنية في تونس والجزائر والمغرب ومصر[72]. - تعمل مكاتب استشارية في هذا المجال في عدد من بلدان الإسكوا.	هدفان قصيرا ومتوسطا الأجل: - تسهيل دخول المكاتب الاستشارية والشركات الوطنية المؤهلة في مناقصات المشاريع. - إتاحة الفرصة للمكاتب الاستشارية الوطنية للاشتراك في اختيار الموقع وإعداد دراسات الجدوى مع الاستشاري الأجنبي من أجل نقل الخبرة والمشاركة في أعمال التصميم الهندسي.
تصنيع البرج المعدني.	- توجد صناعة وطنية في عدد من بلدان الإسكوا.	- هدف قصير الأجل: تحقيق التكامل بين البلدان.
لوحة التحكم.	- توجد صناعة إلكترونية في عدد من بلدان الإسكوا.	- هدف قصير الأجل: تحقيق التكامل بين البلدان.
- معدات كهربائية (الكابلات، لوحات التوزيع، المحولات، الأكشاك).	- توجد مصانع في معظم بلدان الإسكوا.	
- الريش.	- جرى تصنيع الريش لتربينات رياح بقدرات 100 و300 ك.و. في مصر. ولم يكن بالإمكان زيادة قدرات التربينات.	أهداف قصيرة ومتوسطة الأجل: - تحديد القدرات المطلوبة سنوياً. - تحديد قدرة التربينة خلال مدى زمني معين. - اتخاذ الترتيبات لنقل التكنولوجيا.
- حاوية الأجزاء المتحركة: o صندوق التروس؛ o الفرامل؛ o أجزاء ميكانيكية وكهربائية؛ o أنظمة الحماية.	- توجد قاعدة صناعية في عدد من بلدان الإسكوا.	أهداف قصيرة ومتوسطة الأجل: - تحديد القدرات المطلوبة سنوياً، واتخاذ ترتيبات لنقل التكنولوجيا. - البدء بتصنيع بعض الأجزاء الكهربائية والميكانيكية، بعد الاتفاق على ترتيبات نقل التكنولوجيا.

(72) أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، دليل إمكانات الدول العربية في مجالات الطاقة المتجددة ورفع كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة، مرجع سبق ذكره.

دال- المعوقات أمام إنشاء صناعة محلية لمعدات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لإنتاج الكهرباء

فيما يلي أهم المعوقات التي تحول دون إنشاء صناعة محلية لمعدات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في منطقة الإسكوا.

1- معوقات تشريعية ومؤسسية

- غياب الاهتمام بتحديث/إعادة هيكلة قطاع الكهرباء في بعض البلدان، مما يؤثر على كفاءة أداء هذا القطاع، ويقلل من فرص قيام القطاع الخاص بتنفيذ مشاريع لإنتاج الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة، وبالتالي انخفاض الطلب على المعدات اللازمة.
- القصور في التشريعات الخاصة بدعم نشر استخدام الطاقة المتجددة (الربط على الشبكة، وإتاحة أراضي الدولة للمستثمرين بأسعار رمزية، والالتزام بشراء الطاقة المنتجة، وتخفيض/إعفاء معدات تطبيقات الطاقة المتجددة من رسوم الجمارك).
- غياب قرارات رسمية بتضمين مستندات المناقصات الحكومية ذات الصلة بمشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح نقاطا إضافية لصالح العروض التي تشتمل على نسب محددة من المكونات المحلية الصنع.
- الافتقار إلى تشريعات وأطر عمل مؤسسية قوية لدعم صناعة معدات الطاقات المتجددة (ضرورة إنشاء غرفة صناعة خاصة بمعدات الطاقة المتجددة، ووضع سياسات جمركية وضريبية فعالة، وتخفيض الضرائب على مصنعي تربينات الرياح، والالتزام بمراعاة المواصفات القياسية والرموز، وتقديم التسهيلات لمصدّري معدات الطاقة المتجددة).
- غياب إطار رسمي لتنظيم العلاقات والرقابة والمتابعة بين جميع الأطراف المعنية، بما في ذلك منح تراخيص الإنتاج ومراجعة العقود (الحكومة والقطاع العام والقطاع الخاص والصناعة ومشغل الشبكة والمنتج/الموزع/المستورد لمعدات الطاقة المتجددة والمستهلك).
- قصور أطر العمل الكفيلة بإتاحة إبرام الشراكات بين القطاعين العام والخاص فيما يخص إنتاج الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقة المتجددة ونقلها وتوزيعها.
- عدم كفاية التشريعات الخاصة بحماية الإبداع العلمي وتشجيع الابتكار.

2- معوقات فنية

- غياب الرؤية الوطنية لإنشاء صناعة محلية لبعض مكونات معدات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لإنتاج الكهرباء في إطار ما يلزم من أنشطة البحث العلمي والتطوير.
- عدم وجود استراتيجيات وخطط وطنية خاصة بالتكنولوجيات المطلوب نقلها وتوطينها على المدى المتوسط والبعيد.
- الاعتماد في كثير من الأحيان على الخبرات الأجنبية في مشاريع محطات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء (شمس/رياح).
- ضعف البنى الأساسية لقطاع الكهرباء، أخذاً في الاعتبار إمكانات تصدير الطاقة الكهربائية المنتَجة من مصادر الطاقة المتجددة إلى أوروبا.

- ضعف التنسيق بين مراكز البحث العلمي والجامعات وقطاع الصناعة وواضعي خطط وسياسات الطاقة ومتخذي القرارات فيما يخص إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.
- غياب البرامج المحددة في إطار زمني معين لبناء القدرات الوطنية في المجالات المرتبطة بالطاقة المتجددة.
- غياب قواعد البيانات/بنك المعلومات بشأن القدرات والإمكانات التصنيعية والخبرات في مجال معدات إنتاج الكهرباء باستخدام الطاقة المتجددة.
- ضعف الرقابة الصناعية على معدات الطاقة المتجددة المحلية الصنع/المستوردة لنقص الخبرة بالمواصفات القياسية وطرق الاختبارات، وقصور المعرفة الفنية، والحاجة إلى تطبيق مواصفات الجودة الشاملة.
- نقص الاهتمام بتطوير الجامعات والمؤسسات الأكاديمية والبحثية وعدم ربطها بالشبكات العالمية المماثلة، وعدم مواكبة مناهج التعليم للتطورات العلمية العالمية، أخذاً في الاعتبار متطلبات الصناعة.
- قلة الوعي العام بأهمية تغيير أنماط الإنتاج والاستهلاك غير المستدامة للطاقة.
- عدم انجاز الربط الكهربائي الثُماني من جهة (الربط بين الجمهورية العربية السورية وتركيا لم يُستثمر بعد، وإنشاء مركز التنسيق الوطني في لبنان لم ينجز بعد)؛ والربط الكهربائي المغربي من جهة أخرى (الربط بين ليبيا وتونس لغاية الآن)، مما يقلل من فرص اجتذاب الاستثمار الخاص للدخول في مجال إنتاج الكهرباء وتصديرها إلى أوروبا عبر المغرب و/أو عبر تركيا.

3- معوقات مالية

- دعم أسعار المنتجات النفطية والطاقة الكهربائية المنتجة من المصادر الأحفورية، وعدم دعم الطاقة المتجددة، مما يؤدي إلى إحجام القطاع الخاص عن الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة وينعكس سلباً على صناعة المعدات والطلب عليها.
- عدم تحفيز القطاع الخاص على الاستثمار (مثل إعفائه مؤقتا من الضرائب على الأرباح لمدة زمنية معينة، وتقديم أراضي الدولة للمنشآت الصناعية بأسعار رمزية، وتسهيل الإجراءات الإدارية والمصرفية).
- قصور هياكل التمويل الوطنية عن تقديم آليات تمويلية مناسبة لدعم صناعة معدات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء.
- ضعف الميزانيات المخصصة لأنشطة البحث العلمي والتطوير الخاصة بمعدات إنتاج الكهرباء من المصادر المتجددة.
- ضعف المنظومة المصرفية في بعض البلدان، مما يؤدي إلى ابتعاد أصحاب الرساميل الأجنبية والوطنية عن الاستثمار في قطاع الصناعة.
- تداعيات الأزمة المالية العالمية على فرص إتاحة تمويلات ميسرة من المؤسسات الدولية والدول المتقدمة للدول النامية، وتقليص الموازنات في كثير من القطاعات، منها قطاع الطاقة، مما أدى إلى البطء في إنجاز خطط التنمية، لاسيما في البلدان غير المنتجة للنفط، وهو ما انعكس أيضا على الصناعات ذات الصلة.

وتهتم الإسكوا بالترويج لمفهوم الصناعات الخضراء في إطار تعزيز التنمية الاقتصادية والاجتماعية في بلدانها الأعضاء، ولصناعة معدات إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة (طاقة الرياح والطاقة الشمسية). وتضع الإسكوا ذلك ضمن أولويات برامجها وخطط عملها، من خلال تنظيم ندوات واجتماعات للخبراء وورشات عمل في المجالات ذات الصلة، وذلك لبناء القدرات وتطوير المهارات من أجل توسيع نطاق استخدام الطاقات المتجددة وأيضاً نقل التكنولوجيا بهدف توطين صناعة معدات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء تكون مناسبة للظروف المحلية.

الإطار 6- محاور عامة لتنمية القدرات التصنيعية الوطنية لمعدات الطاقة المتجددة

تتطلب تنمية القدرات التصنيعية الوطنية لمعدات الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء التنسيق لإبقاء التركيز على الهدف المنشود، من خلال: (1) تقييم مصادر الطاقة المتجددة وجدواها واختيار المصادر المناسبة لتنمية استخدامها؛ (2) وضع استراتيجية وطنية معلنة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح اعتماداً على مخطط شامل أو خارطة طريق للتصنيع المحلي لبعض مكونات معدات التكنولوجيات المعتمدة؛ (3) وضع السياسات المناسبة وتسهيل الإجراءات الإدارية لجذب المصنعين العالميين إلى الدخول في شراكة مع القطاع الخاص الوطني، وتشجيع الاستثمار في صناعة معدات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة؛ (4) الالتزام بالمواصفات القياسية والمعايير الفنية الخاصة بالمكونات المقرر تصنيعها محلياً، وتطبيق معايير الجودة الشاملة؛ (5) تشجيع مفهوم الشراكات العامة والخاصة لتحفيز السوق؛ (6) تعزيز التعاون الدولي لفتح أسواق جديدة من خلال إبرام اتفاقيات تعاون أو تجارية، أو من خلال الانضمام إلى تكتلات اقتصادية.

خامساً- دور التعاون الدولي والإقليمي في دعم نشر استخدام الطاقة المتجددة في بلدان الإسكوا للحد من تغيّر المناخ

تضمنت المادة 4 من الاتفاقية الإطارية شرحاً للالتزامات التي تقع على عاتق الأطراف الموقعين عليها، انطلاقاً من أن "التغير في مناخ الأرض وآثاره الضارة تمثل شاغلاً مشتركاً للبشرية"، وأيضا "أن المسؤوليات مشتركة وإن كانت متباينة". فعلى كافة الأطراف العمل والتعاون من أجل تطوير وتطبيق ونشر ونقل التكنولوجيات والممارسات والعمليات التي تكبح أو تخفض أو تمنع انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المصدر والناتجة من عدة قطاعات منها قطاع الطاقة. وتنص الاتفاقية صراحة على ضرورة اتخاذ البلدان المتقدمة جميع الخطوات الممكنة عملياً لتعزيز وتيسير وتمويل نقل التكنولوجيات السليمة بيئياً والدراية الفنية إلى الأطراف الأخرى، خصوصا البلدان النامية.

لذلك، وبما أن تطبيقات الطاقة المتجددة تستهدف بشكل أساسي الحد من الانبعاثات ومن تغيّر المناخ، فالترويج لهذه التطبيقات لا يمكن أن يتم بمعزل عن التعاون الدولي والإقليمي الذي يمثل حجر الزاوية لجهة نقل التكنولوجيا والتمويل. ويمكن لمؤسسات التمويل الإقليمية والدولية أن تؤدي دورا فعالا في توفير حزم تمويلية تتسم بالمرونة للدول النامية التي لديها خطط طموحة بشأن مساهمة الطاقة المتجددة في مزيجها الوطني للطاقة.

ألف- المبادرات الإقليمية والدولية لنشر استخدام الطاقة المتجددة للحد من تغير المناخ

برزت على الساحة الإقليمية خلال الأعوام الأخيرة عدة مبادرات بشأن نشر استخدام الطاقة المتجددة على نطاق واسع. وهي تعتمد على ثلاث دراسات حول مصادر الطاقة المتجددة في المنطقة العربية أعدها ونشرها المركز الألماني لبحوث الطيران والفضاء خلال الفترة 2005-2007 بعنوان "محطات الكهرباء من الطاقة الشمسية في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط"، وأيضا "ربط دول حوض البحر الأبيض المتوسط لنقل الطاقة من محطات الكهرباء الشمسية"، وكذلك "تحلية مياه البحر باستخدام مركزات الطاقة الشمسية"[73].

وتدخل بعض المبادرات في نطاق التعاون الحكومي بين البلدان المتقدمة والنامية، وبرامج الدعم المالي والفني التي تتيحها بعض الدول مثل اسبانيا وألمانيا وإيطاليا وفرنسا والدانمرك واليابان لتنفيذ مشاريع الطاقة المتجددة في البلدان النامية. كما أنشئت مراكز إقليمية مثل المركز الإقليمي للطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة في القاهرة، والمركز المتوسطي للطاقات المتجددة (MEDREC) في تونس، ونُظّمت برامج للتعاون الأقاليمي مثل المرصد المتوسطي للطاقة (OME) وبرامج متوسطية لتكامل أسواق الطاقة وكفاءة الطاقة في قطاع البناء. واتُّخذت تدابير لتنفيذ الخطة الشمسية المتوسطية (Mediterranean Solar Plam – MSP) برعاية الاتحاد الأوروبي وفي إطار أنشطة الاتحاد من أجل المتوسط. ونُفّذت مبادرة ((DESERTEC Industrial Initiative (DII) برعاية مؤسسة تقنية الصحراء، وهي تهدف إلى إنتاج الكهرباء عن طريق استخدام المركزات الشمسية، ونقل جزء منها إلى أوروبا بدعم من استثمارات القطاع الخاص. وجرى تعزيز التعاون بين البلدان العربية عبر المجلس الوزاري العربي للكهرباء، التابع لجامعة الدول العربية، ونُفّذت أنشطة عدة، أهمها: (أ) إعداد الإستراتيجية العربية لتطوير استخدامات الطاقة المتجددة (2010-2030)؛ (ب) إعداد دليل إمكانات الدول العربية في مجالات الطاقة المتجددة ورفع كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة؛ (ج) إعداد ورقة عمل لصياغة رؤية عربية تجاه الخطط والمبادرات الشمسية.

---

(73) German Aerospace Center and the Federal Ministry for the Environment, *Nature Conservation and Nuclear Safety, Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region*, op.cit.

1- الخطة الشمسية المتوسطية

تم الإعلان عن الخطة الشمسية المتوسطية في إطار أنشطة التعاون التنموية المقرر تنفيذها عبر الاتحاد من أجل المتوسط (الذي تم إنشاؤه في تموز/يوليو 2008)، كاستجابة إقليمية للتحديات التي تواجه منطقة حوض المتوسط والاتحاد الأوروبي لتحقيق استدامة الطاقة والحد من ظاهرة تغير المناخ، وذلك في ظل تنامي الطلب على الطاقة من دول جنوب المتوسط وزيادة الاهتمام بتأمين إمدادات الطاقة من دول شمال المتوسط. كل ذلك مع مراعاة تأثير التغيرات السريعة في أسعار الوقود على استقرار السوق العالمي للطاقة وعلى اقتصادات البلدان النامية المستوردة لها، والاهتمام العالمي بالحد من آثار تغير المناخ.

وتتضمن الخطة الشمسية المتوسطية تنفيذ مشاريع تتصل بالطاقة المتجددة وتعتمد على الطاقة الشمسية إلى جانب طاقة الرياح لإنتاج الكهرباء بقدرات مركبة تصل قيمتها الإجمالية إلى 20 ج.و. بحلول عام 2020. ومن المقرر تنفيذ هذه المشاريع في منطقة جنوب المتوسط، لتلبية الاحتياجات المحلية وتصدير جزء من الطاقة المنتجة إلى أوروبا عبر خطوط الربط المتوسطي. ولا تقتصر هذه المشاريع على التعاون مع الحكومات، بل إنها مفتوحة أمام القطاع الخاص أيضاً. ويتولى حالياً أحد المكاتب الاستشارية إعداد دراسة لتمهيد الطريق لتنفيذ الخطة الشمسية المشار إليها، بتكليف من الاتحاد الأوروبي[74].

2- مبادرة مؤسسة تقنية الصحراء

في كانون الثاني/يناير 2009، تم الإعلان عن مؤسسة تقنية الصحراء[75] كمؤسسة للمجتمع المدني العالمي غير هادفة للربح. وهي تضم مجموعة من العلماء والسياسيين والاقتصاديين من منطقة المتوسط، وتحضّر لمستقبل مستدام من خلال تعزيز تجارة الكهرباء في أوروبا ومنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، عبر تنفيذ عشرين خط كهرباء ينقل كل منها 5 ج.و. (طبقاً لدراسة المركز الألماني لشؤون الطيران والفضاء). ويُتوقّع تحقيق ذلك باستثمارات خاصة من أجل: تلبية الاحتياجات المحلية؛ والتصدير إلى أوروبا عبر شبكات الربط لنقل الكهرباء بالتيار المستمر الفائق الجهد/التوتر؛ واستخدام نظام شراء الطاقة المنتجة بتعرفة مميزة؛ ودعم القدرات الصناعية للدول التي ستقوم بتنفيذ المشاريع؛ والمساهمة في إيجاد فرص العمل؛ والحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومن الإجراءات المقرّرة لتحقيق ذلك التعاون مع الاتحاد من أجل المتوسط في تنفيذ الخطة الشمسية المتوسطية؛ وتنظيم حملات إعلامية؛ وإعداد أطلس شمسي للمناطق الصحراوية ذات الصلة يكون متاحاً للجميع[76].

وفي ميونيخ، في 30 تشرين الأول/أكتوبر 2009، تم الإعلان[77] عن انطلاق المبادرة الصناعية التي تشارك فيها 12 شركة كبرى في مجال الطاقة ومؤسسة DESERTEC، بهدف تنفيذ مشاريع لإنتاج الطاقة الكهربائية اعتماداً على الطاقة الشمسية، بكلفة تقديرية قدرها حوالى 400 مليار يورو. ومن المتوقع بدء

---

(74) الإسكوا، التصنيع المحلي لمعدات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح: الإمكانات والآفاق في المنطقة العربية، مرجع سبق ذكره.

(75) DESERTEC/http://www.desertec.org/en/organization.

(76) مؤسسة تقنية الصحراء، DESERTEC Foundation، نشرة المربع الأحمر، نظرة عامة على مخطط تقنية الصحراء، 2009.

(77) http://www.dii-eumena.com/ar/home/diishareholders.html.

الإنتاج خلال عشر سنوات، والمساهمة في توفير 15 في المائة من الاحتياجات الأوروبية للكهرباء بحلول عام 2050. ويتجه المؤسسون إلى ضم عدد آخر من الشركات من دول شمال وجنوب المتوسط[78].

3- خطة صندوق التكنولوجيا النظيفة (Clean Technology Fund – CTF) للتوسع في استخدام المركزات الشمسية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

أسس البنك الدولي في عام 2008 صندوق التكنولوجيا النظيفة (كأحد صندوقي الاستثمار في الأنشطة المناخية)، من أجل تعزيز موارد التمويل المتاحة لنشر التكنولوجيات المنخفضة الكربون في قطاعات الكهرباء (الطاقة المتجددة وتكنولوجيات الحد من كثافة الكربون) وتعزيز كفاءة النقل واستخدام الطاقة والحد من انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري. وأعلن الصندوق عن نيته تمويل مشاريع تهدف إلى دعم نشر استخدام الطاقة الشمسية عبر تمويل ميسّر قدره 750 مليون دولار، وذلك في إطار المخطط الاستثماري المعني بتخصيص 4.85 مليارات دولار إضافية من مصادر أخرى. وينفّذ الصندوق مبادرة للتوسع في تنفيذ مشاريع محطات شمسية بقدرات إجمالية تصل إلى نحو 1 ج.و. لإنتاج الكهرباء في الفترة حتى عام 2020 في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، بما يُمكِن المنطقة من الإسهام في تخفيف تغير المناخ، ودعم البنى الأساسية لشبكات نقل الكهرباء، والاستفادة من القطاعين العام والخاص في رفع مستوى الاستثمارات العالمية في مجال الطاقة الشمسية الحرارية المركزة ثلاثة أضعافها تقريباً، وتقديم الدعم لدول المنطقة لتحقيق أهدافها الخاصة بأمن الطاقة والتنمية الصناعية والاقتصادية والتكامل الإقليمي. وسيبدأ دعم مشاريع محطات المركزات الشمسية لإنتاج الكهرباء في الأردن وتونس والجزائر ومصر والمغرب، باعتبار أنها أعلنت عن خططها الوطنية في هذا المجال. ويُتوقّع أن يسهم ذلك في الحد من انبعاث 1.7 مليون طن مكافئ تقريبا من ثاني أكسيد الكربون سنوياً[79].

4- رؤية عربية حول خطة الطاقة الشمسية المتوسطية وغيرها من المبادرات

قامت إدارة الطاقة في أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، بالتعاون مع مجموعة عمل تضم خبراء من البلدان العربية والإسكوا والمركز الإقليمي للطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة، بإعداد ورقة عمل حول صياغة رؤية عربية حول الخطط والمبادرات في مجال الطاقة الشمسية في حزيران/يونيو 2011. وتتضمن الورقة خططا أعلن عنها عدد من البلدان العربية، ومحاور رؤية عربية حول هذه المبادرات والملامح العامة لإطار عمل عربي في هذا المجال. واعتمد المجلس الوزاري العربي للكهرباء ورقة العمل والإعلان الوزاري حول الرؤية المشار إليها في كانون الأول/ديسمبر 2011[80].

(78) إدارة الطاقة، أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، ورقة عمل لصياغة رؤية عربية شاملة تجاه الخطة الشمسية المتوسطية (MSP) والمبادرات المشابهة"، حزيران/يونيو 2011.

(79) Climate Investment Funds, *Clean Technology Fund, Investment Plan for Concentrated Solar Power in the Middle East and North Africa Region*, CTF/TFC.IS.1/3, 10 November 2009.

(80) أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، الدورة التاسعة للمجلس الوزاري العربي للكهرباء، التقرير والقرارات، القاهرة، كانون الأول/ديسمبر 2011.

5- الوكالة الدولية للطاقة المتجددة[81]

هي منظمة حكومية دولية شاركت في تأسيسها 75 دولة في 26 كانون الثاني/يناير 2009. وتهدف إلى تأمين الانتشار الواسع للطاقة المتجددة واستخدامها المستدام على نطاق عالمي، مما يسهم في الحفاظ على البيئة، والحد من الضغط على استخدام الموارد الطبيعية ومن إزالة الغابات ومن التصحر، وفي تخفيف الانبعاثات والحد من تغيّر المناخ، وفي تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وضمان أمن إمدادات الطاقة. وتتضمن مهام الوكالة وضع الدراسات الفنية وتقديم المشورة العلمية للدول الأعضاء، ومساعدتها في تحسين الأطر التنظيمية وبناء القدرات وتسهيل الوصول إلى المعلومات والخبرات التكنولوجية وتسهيل نقل التكنولوجيا.

وفي تموز/يوليو 2009، تم اختيار مدينة أبو ظبي لاستضافة المقر الرئيسي للأمانة العامة للوكالة، واختيار مدينة بون الألمانية لاستضافة مركز الابتكارات، ومدينة فيينا النمساوية لاستضافة مكتب الاتصال. وتضم الوكالة حالياً في عضويتها 101 دولة والاتحاد الأوروبي. وبلغ عدد الدول المتقدمة للعضوية 58 دولة.

باء- ما بعد بروتوكول كيوتو: التطورات والرؤية المستقبلية

1- بروتوكول كيوتو وآلية التنمية النظيفة

جاء بروتوكول كيوتو[82] ليلحظ التزام الدول المتقدمة والدول في مرحلة التحول إلى اقتصاد السوق (38 دولة صناعية و11 دولة من وسط وشرق أوروبا) بالعمل، في الفترة 2008-2012[83]، على خفض مجموع انبعاثاتها من غازات الدفيئة (ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز، والمركبات الكربونية الفلورية الهيدروجينية، والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة، وسادس فلوريد الكبريت) بنسبة لا تقل عن 5 في المائة عنها في عام 1990. ودخل البروتوكول حيز التنفيذ ما إن وقع عليه في شباط/فبراير 2005[84] عدد محدد من البلدان الأطراف في الاتفاقية الإطارية والتي لم يقل مجموع انبعاثاتها عن 55 في المائة من إجمالي الانبعاثات في عام 1990. ودوريا، يُعقد مؤتمر لأطراف الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة، تُطلق عليه تسمية مؤتمر الأطراف، لمتابعة كافة المستجدات والأنشطة المتعلقة بقضايا تغير المناخ.

وتنبثق عن بروتوكول كيوتو ثلاث آليات هي: (1) التنفيذ المشترك للمشاريع (Joint Implementation – JI)؛ (2) التجارة الدولية للانبعاثات (Emissions Trade – ET)؛ (3) آلية التنمية النظيفة (Clean Developed Mechanism - CDM). وتهدف إلى مساعدة الأطراف غير المدرجة في المرفق الأول للاتفاقية على تحقيق التنمية المستدامة، ومساعدة الأطراف المدرجة في المرفق الأول (أي الدول المتقدمة) على الامتثال للالتزامات الواردة في البروتوكول، وإصدار شهادات معتمدة تعادل كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (كل شهادة تعادل

---

(81) http://www.irena.org/menu.

(82) الإسكوا، تأثير تغير المناخ على قطاع الطاقة في منطقة الإسكوا، 30 آذار/مارس 2012، E/ESCWA/SDPD/2012/ Technical Paper. 2.

(83) برنامج الأمم المتحدة للبيئة، مشروع تنمية القدرات لآلية التنمية النظيفة، دليلك إلى آلية التنمية النظيفة، الطبعة الثانية، مصر، 2004.

(84) الإسكوا، دور قطاع الطاقة في مواجهة الآثار المحتملة لتغير المناخ، نهج لترويج منطقة الإسكوا كسوق جاذبة لتجارة الانبعاثات من خلال آلية التنمية النظيفة، بيروت، 2009.

طن واحد من ثاني أكسيد الكربون) التي تم تخفيضها نتيجة تنفيذ المشروع في الدولة النامية. ويمكن للدول المتقدمة أو الشركات المستثمرة التداول بهذه الشهادات مقابل قيمة مالية يُتفق عليها مع الدولة النامية[112].

ويتولّى مجلس تنفيذي الإشراف على هذه الآلية، بتفويض من أطراف الاتفاقية الإطارية. ويتكون المجلس من 10 أعضاء يمثلون أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية وشرق ووسط أوروبا ومنظمة التعاون والتنمية والدول النامية الصغيرة. ويضم أيضاً ممثلاً عن الدول الواردة في المرفق الأول من الاتفاقية، وممثلاً عن الدول غير الواردة فيه. ويصدر هذا المجلس الموافقة النهائية وشهادات خفض الانبعاثات الخاصة بالمشاريع المعروضة عليه. ويقوم كيان التشغيل التابع للمجلس التنفيذي بمراجعة واعتماد مستندات المشاريع المتصلة بتخفيض الانبعاثات، وبإعداد تقرير نهائي عن موافقة المجلس التنفيذي على هذه المشاريع. وعلى مشاريع آلية التنمية النظيفة الالتزام بعدة معايير، أهمها: (أ) المُضافية، أي أنه يتحتم عليها تحقيق خفض في الانبعاثات يمكن قياسه ويُضاف على أية تخفيضات قد تتحقق في حالة عدم تنفيذ نشاطها المقرّر؛ (ب) التنمية المستدامة، ويُترك للدول النامية تحديد معاييرها الخاصة في هذا الصدد (جودة الحياة، والحد من الفقر، والمكاسب المترتبة على المجتمع المحلي المستضيف للمشروع، وحفظ الموارد الطبيعية والتقليل من الانبعاثات الضارة، وتقليص استخدام الوقود الأحفوري)[142].

ويستدعي تنفيذ المشاريع في إطار آلية التنمية النظيفة اتخاذ الإجراءات التالية: (1) إعداد مستند يتضمن معلومات عن المشروع؛ (2) موافقة المجلس الوطني لآلية التنمية النظيفة في البلد المستضيف للمشروع على تنفيذه في إطار هذه الآلية؛ (3) إعداد مستند للتصميم يتماشى مع النموذج المطلوب من المجلس ويتضمن تفاصيل عن أنشطة المشروع، والمنهجية الأساسية المعتمدة لحساب كمية الانبعاثات المقرر تجنبها، وآليات التحقق والرصد والمتابعة؛ (4) عرض مستند التصميم على الكيان التشغيلي التابع للمجلس التنفيذي للموافقة عليه وعرضه على المجلس؛ (5) مصادقة المجلس على تسجيل المشروع؛ (6) تسجيل المشروع خلال 8 أسابيع مقابل رسوم يتم تقديرها في ضوء قدرة هذا المشروع[85].

غير أن عدد مشاريع الطاقة المتجددة في بلدان الإسكوا المسجلة في آلية التنمية النظيفة قليل، وهي لا تتناسب مع مصادر الطاقة المتوفرة[86]. وكما يدل الجدول أدناه، يجب تكثيف الجهود لتنفيذ مشاريع تطبيقات الطاقة المتجددة في بلدان الإسكوا، أسوة بسائر المناطق في العالم.

(85) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي 2011/2010، مرجع سبق ذكره.

(86) الإسكوا، تأثير تغير المناخ على قطاع الطاقة في منطقة الإسكوا، مرجع سبق ذكره.

الجدول 18- مشاريع الطاقة المتجددة في بلدان الإسكوا المسجلة في آلية التنمية النظيفة

البلد	المشروع	الوضع
الأردن[أ]	- تخفيض انبعاثات غاز الميثان من النفايات	- تم التسجيل في 2009.
الإمارات العربية المتحدة[أ]	- محطة شمسية بنظم الخلايا (10 م.و.؛ مبادرة مصدر). - محطة شمسية حرارية قيد الإنشاء (مبادرة مصدر). - إنتاج بخار تحت ضغط منخفض، وذلك بواسطة استعادة الحرارة المفقودة باستخدام مصدر طاقة متجددة للتسخين.	- التسجيل في 2009. - التسجيل في 2009. - التسجيل في 2009.
تونس[ب]	- برنامج التسخين الشمسي للمياه.	- تم التسجيل في 2011.
الجمهورية العربية السورية[ج]	- استخلاص الغاز الحيوي من مكبات النفايات في حمص (يحِد من انبعاث حوالى 67.9 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون). - استخلاص الغاز الحيوي من مكبات النفايات في حلب (يحِد من انبعاث حوالى 65 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون).	- تم التسجيل في 2009. - تم التسجيل في 2009.
مصر[د]	- محطة رياح في الزعفرانة (120 م.و.) بالتعاون مع اليابان (تنتج سنوياً حوالى 452 ج.و.س.، وتحد من انبعاث حوالى 285 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون). - محطة رياح في الزعفرانة (80 م.و.) بالتعاون مع ألمانيا (تنتج سنوياً حوالى 30 ج.و.س.، وتحد من انبعاث حوالى 171 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون). - محطة رياح في الزعفرانة (120 م.و.) بالتعاون مع الدانمرك (تنتج سنوياً حوالى 399 ج.و.س.، وتحِد من انبعاث حوالى 225 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون). - محطة رياح في الزعفرانة (85 م.و.) بالتعاون مع اسبانيا (تنتج سنوياً حوالى 283 ج.و.س.، وتحِد من انبعاث حوالى 150 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون). - استخدام غاز النفايات لإنتاج الكهرباء والطاقة الحرارية في الاسكندرية[87] (تحِد من انبعاثات حوالى 110 آلاف طن مكافئ من ثاني أكسيد الكربون).	- التسجيل في حزيران/يونيو 2007. وتُتخذ الآن الإجراءات اللازمة لإعداد تقرير الرصد والمراقبة، لعرضه على المجلس التنفيذي من أجل إصدار المجموعة الأولى من الشهادات؛ - التسجيل في آذار/مارس 2010، وتُتخذ الآن الإجراءات اللازمة للتحقق من كميات شهادات خفض الانبعاثات. - التسجيل في أيلول/سبتمبر 2010، وتُتخذ الآن الإجراءات اللازمة للتحقق من كميات شهادات خفض الانبعاثات. - التسجيل في آب/أغسطس 2011. - التسجيل في 2008.
المغرب[ج]	- ثمانية مشاريع ذات صلة بقطاع الطاقة المتجددة، منها 5 مزارع رياح، ومشروع لنظم الخلايا الشمسية، ومشروع للكتلة الحيوية، وآخر يتعلق بالمخلفات الصلبة.	- تم تسجيل مشاريع طاقة الرياح في الفترة 2005-2010 ومشروع نظم الخلايا في 2004، ومشروع الكتلة الحيوية في 2006 ومشروع المخلفات الصلبة في 2007. الموقع الإلكتروني لآلية التنمية النظيفة: www.iges.or.jp/en/cdm/report-cdm.html

(أ) الإسكوا، تأثير تغير المناخ على قطاع الطاقة في منطقة الإسكوا، 30 آذار/مارس 2012، E/ESCWA/SDPD/2012/ Technical paper 2.

(ب) إدارة الطاقة، المجلس الوزاري العربي للكهرباء، دليل إمكانات الدول العربية في مجالات الطاقة المتجددة ورفع كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة، القاهرة، 2011.

(87) الإسكوا، تأثير تغير المناخ على قطاع الطاقة في منطقة الإسكوا، مرجع سبق ذكره.

(ج) RCREEE, Existing CDM Potential and Perspectives for Carbon Finance in RCREEE Member States Beyond 2012.

(د) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي 2011/2010، مصر.

2- آفاق التطور والتوجهات المستقبلية حول دور الطاقة المتجددة في بلدان الإسكوا

أسفر مؤتمر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، في دورته السابعة عشرة، عن عدة قرارات، منها:

- إعداد نص اتفاق دولي حول تغير المناخ في موعد لا يتجاوز عام 2015، بحيث يدخل حيز التنفيذ في عام 2020؛
- موافقة الحكومات، بما فيها في 35 دولة صناعية، على الالتزام ببروتوكول كيوتو لفترة ثانية اعتباراً من أول كانون الثاني/يناير 2013؛
- قيام الأطراف بتحديد أهداف كميّة لتخفيض الانبعاثات، وتقديمها للمراجعة في أيار/مايو 2012.

ويمثل تمديد بروتوكول كيوتو لفترة ثانية فرصة قد تتمكن بلدان الإسكوا خلالها من إدراك أهمية نقل التكنولوجيا في مجال تكنولوجيات الطاقة النظيفة، وبناء القدرات الفنية، والاتفاق على الأولويات المشتركة، وتفعيل التعاون الفني فيما بينها. وينبغي تنسيق الجهود الإقليمية، ووضع رؤية إقليمية مشتركة حول الفترة ما بعد بروتكول كيوتو، لا سيما حول الأولويات التقنية والقدرات الوطنية والموقف من الربط الكهربائي.

3- مبادرة الأمين العام للأمم المتحدة: "الطاقة المستدامة للجميع"

اتخذت الجمعية العامة للأمم المتحدة في دورتها الخامسة والستين، في 20 كانون الأول/ديسمبر 2010، قراراً بإعلان عام 2012 السنة الدولية للطاقة المستدامة للجميع. وأعلن الأمين العام للأمم المتحدة عن مبادرة جديدة بعنوان "الطاقة المستدامة للجميع" خلال اجتماع الجمعية العامة في أيلول/سبتمبر 2011، كما أصدر ورقة تتضمن رؤيته حول تلك المبادرة في تشرين الثاني/نوفمبر 2011[88]، رابطا بين ثلاثة أهداف للوصول إلى استدامة الطاقة بحلول عام 2030، هي: (1) تأمين خدمات الطاقة الحديثة لجميع البشر في العالم؛ (2) مضاعفة معدل تحسين كفاءة الطاقة؛ (3) مضاعفة حصة الطاقة المتجددة في الخليط العالمي للطاقة. ولكل من مصادر وتكنولوجيات الطاقة دور يؤديه لتحقيق هذه الأهداف الثلاثة بشكل مجدٍ اقتصادياً ومناسب اجتماعياً وملائم بيئياً، بغية تعظيم مكاسب التنمية والمساعدة في الحد من تغير المناخ.

وتشير الرؤية إلى أن تعزيز فرص نجاح تحقيق هذه الأهداف يتطلب ما يلي: (1) التزام القيادات في قطاع الأعمال والحكومة ومؤسسات التمويل والمجتمع المدني بمبدأ التحول إلى نظم طاقة نظيفة، والحث على الابتكار، ووضع أهداف وطنية على مستوى الدولة ترتكز عليها السياسات الهادفة إلى جذب القطاع الخاص؛ (2) وضع سياسات مستقرة وأطر عمل تنظيمية، تتضمن حوافز مناسبة للسوق، ودعم الابتكار بهدف خفض الكلفة، ووضع سياسات طاقة تؤدي إلى الاستدامة الاجتماعية والبيئية والتخلص من أساليب دعم الوقود الأحفوري، وتشجيع الشراكات العامة/الخاصة، ومساندة صناعة الطاقة المتجددة؛ (3) تمويل عملية التحول إلى أنماط الطاقة المستدامة، من خلال التنسيق الابتكاري والسياسات والمرافق التنظيمية الجيدة التي تجمع بين الحكومة والقطاع الخاص والمؤسسات التمويلية، لا سيما في الدول النامية؛ (4) تعزيز القدرات الوطنية لتنفيذ السياسات ذات الصلة، ودعم الحلول المبتكرة التي قد تأتي من أفراد المجتمع، وتشغيل وصيانة نظم الطاقة ونشر الوعي العام بأهمية تقنياتها من خلال إتاحة المعلومات والمعرفة، وتوثيق التعاون وتبادل الممارسات الناجحة، خصوصا بين الدول النامية.

(88) Ban Ki-Moon, *Sustainable Energy for All, a Vision Statement*, November 2011.

4- الاجتماعات المنعقدة خلال مؤتمر ريو+20

لمناسبة مرور عشرين عاماً على انعقاد مؤتمر الأمم المتحدة للتنمية المستدامة في عام 1992، عُقد مؤتمر ريو+20 الذي تُوج باجتماعات لرؤساء الدول والحكومات وممثليهم الرفيعي المستوى (20-22 حزيران/يونيو 2012)، وذلك بمشاركة هيئات المجتمع المدني. وفي هذه الاجتماعات، جددوا التزامهم بالتنمية المستدامة، وبتشجيع بناء مستقبل مستدام اقتصادياً واجتماعياً وبيئياً. ونالت حماية البيئة والمناخ العالمي حصة بارزة في المناقشات وفي الوثيقة الختامية للمؤتمر وعنوانها "المستقبل الذي نصبو اليه". ومن أهم ما ورد في هذه الوثيقة حول تغير المناخ وقطاع الطاقة:

(أ) تجديد الالتزام السياسي، عبر التشديد على مبادئ ريو وخطط العمل السابقة، وتقييم التقدم المحرز سعياً لسد الفجوات المتبقية والتصدي للتحديات، والاعتراف بأن تغير المناخ أزمة شاملة ومستمرة تتطلب مكافحتها عملاً عاجلاً طموحاً وفقاً للاتفاقية الإطارية ومشاركة أصحاب المصلحة جميعا والأوساط العلمية والتكنولوجية في تحقيق التنمية المستدامة، وسد الفجوات التكنولوجية بين البلدان النامية والبلدان المتقدمة؛

(ب) أهمية الاقتصاد الأخضر في التنمية المستدامة والقضاء على الفقر، وأيضا أهمية نقل التكنولوجيا (تطبيقات الطاقة المتجددة) إلى البلدان النامية والمساعدة في التمويل؛

(ج) الدور الحاسم للطاقة في التنمية، وضرورة حصول الجميع على خدمات الطاقة الحديثة المستدامة، وزيادة استخدام مصادر الطاقة المتجددة، وحث الحكومات على تهيئة بيئات مؤاتية تيسر الاستثمارات العامة واستثمارات القطاع الخاص في تكنولوجيات الطاقة الأنظف، وزيادة حصة تكنولوجيا الطاقة المتجددة لمعالجة ظاهرة تغير المناخ؛

(د) الترحيب بإنشاء صندوق المناخ الأخضر والدعوة إلى تفعيله في أقرب وقت ممكن؛

(ه) تأليف لجنة حكومية دولية لإعداد تقرير يتضمن خيارات لوضع استراتيجية فعالة لتمويل التنمية المستدامة، تختتم أعمالها بحلول عام 2014؛

(و) حث البلدان المتقدمة على تكثيف الجهود لتحقيق هدف تخصيص 0.7 في المائة من الناتج القومي الإجمالي للمساعدة الإنمائية الرسمية المقدمة إلى البلدان النامية، والتي يتوقع أن تنال مشاريع التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه حصة كبيرة من ذلك؛

(ز) معالجة الشؤون المالية وتوفير التكنولوجيا اللازمة وبناء القدرات كوسائل تنفيذ ضرورية.

ويتبين مما تقدم أن اعتماد تطبيقات الطاقة المتجددة يشغل حيزاً هاماً من مساعي الأمم المتحدة لتعزيز التعاون الدولي بشأن الحد من تغير المناخ، مع ما يتطلبه ذلك من نقل للتكنولوجيا وتوفير لآليات التمويل.

سادساً- الأطر القائمة والخطوات المقترحة لتعزيز دور الطاقة المتجددة في التخفيف من حدّة تغير المناخ

تشكل الاستفادة من تطبيقات الطاقة المتجددة أحد المحاور الأساسية لتخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي التخفيف من حدة تغير المناخ. لكن هذه الاستفادة ما زالت محدودة في بلدان الإسكوا. ومهما تعددت أسباب ذلك، المبررة وغير المبررة، يجب النظر في الأطر التشريعية والمؤسسية والتنظيمية المتوفرة التي يمكن من خلالها تحسين الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة لتحقيق الأهداف المرجوة.

ألف- الأطر التشريعية والمؤسسية والتنظيمية اللازمة للاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة

الجدول 19- حالة الأطر

البلد	الحالة
الأردن[أ]	**الهيئات المعنية:** • وزارة الطاقة والثروة المعدنية، مديرية الطاقة البديلة وترشيد الطاقة؛ • المركز الوطني لأبحاث الطاقة، ويقوم بالأنشطة والبحوث في مجال الطاقة المتجددة؛ • يستضيف الأردن مركز الإسكوا للتكنولوجيا منذ تأسيسه في 2011، وهو يعنى بالبحث والتطوير في مجال تكنولوجيات الطاقة النظيفة والمتجددة. **التشريعات/السياسات/التدابير:** • في 1 شباط/ فبراير 2010، دخل قانون مؤقت خاص بالطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة حيز التنفيذ، بهدف وضع إطار عمل قانوني للتعجيل بتنمية استخدام الطاقة المتجددة وتحسين كفاءة الطاقة، من خلال تقديم تسهيلات للمستثمرين. وبموجب هذا القرار، أنشئ صندوق لتمويل مشاريع الطاقة المتجددة رسمياً، على أن يراقب عمله مجلس يضم ممثلين عن القطاعين العام والخاص، برئاسة وزير الطاقة والثروة المعدنية[ب]؛ • إعفاء معدات الطاقة المتجددة من رسوم الجمارك وضريبة المبيعات، وتخصيص مساحات من أراضي الدولة لمشاريع الرياح، وتشجيع القطاع الخاص على إنشاء مزارع رياح.
الإمارات العربية المتحدة[أ]	**الهيئات المعنية:** • إدارة شؤون الكهرباء في وزارة الطاقة؛ • تقوم شركة أبو ظبي لطاقة المستقبل (مصدر)، وهي شركة خاصة تابعة لشركة مبادلة الحكومية، بأنشطة متعددة في مجال الطاقة المتجددة تشمل تنفيذ مشاريع تجارية وإجراء أبحاث من خلال معهد مصدر للعلوم والتكنولوجيا، بالتعاون مع عدد من الجامعات؛ • بالتعاون مع جهات بحثية أمريكية وأوروبية ويابانية، تقوم عدة جهات في أبو ظبي ودبي والشارقة ورأس الخيمة والفجيرة ببحوث في مجال الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والوقود الحيوي. **التشريعات/السياسات/التدابير:** • قرار المجلس الوزاري للخدمات رقم 155/12م/2009 بشأن تنويع مصادر الطاقة والتركيز على استخدام الطاقة المتجددة؛ • إنشاء برنامج تحفيزي لاستخدام نظم الخلايا على أسطح المباني والمنازل؛ • تستضيف إمارة أبو ظبي الوكالة الدولية للطاقة المتجددة منذ تأسيسها في 2010.

الجدول 19 (تابع)

البلد	الحالة
البحرين[أ]	**الهيئة المعنية:** هيئة الكهرباء والمياه.
تونس[أ]	**الهيئة المعنية:** • وزارة الصناعة والتكنولوجيا، الوكالة الوطنية للتحكم في الطاقة. **التشريعات/السياسات/التدابير:** • القانون رقم 72 لسنة 2004: يُعنى، من بين أمور أخرى، بالنهوض بالطاقة المتجددة، خاصة طاقة الرياح، لتوليد الكهرباء واستعمال الطاقة الشمسية الحرارية؛ • القانون رقم 106 لسنة 2005: يُعنى، من بين أمور أخرى، إنشاء الصندوق الوطني للتحكم بالطاقة، ومهمته تقديم المِنَح دعما لمشاريع ترشيد استهلاك الطاقة واستبدالها، والنهوض بالطاقة المتجددة؛ • القانون رقم 7 لسنة 2009: يُعنى، من بين أمور أخرى، بمنح امتيازات للمؤسسات التي تنتج الكهرباء من الطاقة المتجددة لغرض الاستهلاك الذاتي؛ • الأمر رقم 2773 لسنة 2009: يُعنى بضبط شروط نقل الكهرباء المنتجة من الطاقة المتجددة وبيع الفوائض منها للشبكة التونسية للكهرباء والغاز.
الجمهورية العربية السورية[أ]	**الهيئة المعنية:** • المركز الوطني لبحوث الطاقة في وزارة الكهرباء. **التشريعات/السياسات/التدابير:** • قانون الحفاظ على الطاقة رقم 2009/3، ويُلزم بتركيب السخانات الشمسية للأبنية الجديدة والتوسع في استخدام الطاقة المتجددة واعتماد تقنياتها؛ • قانون الكهرباء رقم 32 لعام 2010 المتعلق بالسياسة العامة لقطاع الكهرباء، متضمناً مواد خاصة بدعم وتشجيع استخدام الطاقات المتجددة في مختلف المجالات وتوطين صناعاتها، والسماح للقطاع الخاص المحلي والعربي والأجنبي بالاستثمار في هذا المجال. ويجوز للدولة شراء الكهرباء المنتجة من مصدر متجدد يضخ على الشبكة بأسعار تشجيعية، وفق قواعد وشروط معينة. وتلتزم بالشراء من المستثمر الذي نفذ مشروعا للطاقة المتجددة بناءً على إعلان وزاري دعا إلى تقديم عروض، وذلك وفق السعر الذي يتم الاتفاق عليه مع المستثمر. وتلتزم أيضا بربط محطات أو أنظمة توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة بالشبكة. وعلى المرخّص له تنفيذ متطلبات الربط وتحمل النفقات المترتبة على ذلك. ويمكن وضع الأبراج الحاملة للعنفات الريحية وأجهزة قياسها في أراضي الدولة من دون بدل أو رسم أو ضريبة؛ • إصدار مشروع قانون إنشاء صندوق وطني لدعم السخان الشمسي؛ • التقسيط الميسّر لأجهزة تسخين المياه المنزلية للعاملين السوريين.
السودان[أ]	**الهيئات المعنية:** • إدارة الطاقة المتجددة، وزارة الطاقة والتعدين، ووزارة الكهرباء والسدود. **التشريعات/السياسات/التدابير:** • إصدار مشروع قانون يتعلق بالوقود الحيوي.
العراق[أ]	**الهيئة المعنية:** • دائرة التخطيط والدراسات في وزارة الكهرباء. **التشريعات/السياسات:** • قيد الإعداد والدراسة.

الجدول 19 (تابع)

البلد	الحالة
عمان[أ]	**الهيئة المعنية:** • الهيئة العامة للكهرباء والمياه. **التشريعات/السياسات/التدابير:** • تم وضع عدة سياسات وحوافز لتشجيع الاستخدام الأمثل للطاقة المتجددة.
فلسطين[ب]	**الهيئة المعنية:** • المركز الفلسطيني لأبحاث الطاقة والبيئة، ومن مهامه وضع السياسات الناظمة لقطاع الطاقة. **التشريعات/السياسات/التدابير:** • اعتماد سياسات لنشر استخدام الطاقة المتجددة. ويؤدي القطاع الخاص دورا رئيسيا في هذه العملية، على مرحلتين. الأولى (2012-2015): تتضمن إجراء دراسات وتنفيذ مشاريع صغيرة السعة بإجمالي قدرات 25 م.و.، في إطار المبادرة الفلسطينية للطاقة الشمسية، ومدتها ثلاث سنوات، وتهدف إلى نشر نظم الخلايا على أسطح المنازل؛ الثانية (2016-2020): تهدف إلى تنفيذ مشاريع بإجمالي 105 م.و. ومن المقرّر تحديد أسعار شراء الكهرباء المنتجة من مصادر متجددة ومرتبطة بالشبكة ومراجعة هذه الأسعار سنوياً؛ • صدور مشروع قرار عن مجلس الوزراء بشأن الاستراتيجية العامة للطاقة المتجددة. وينص على تشجيع استخدام الطاقة المتجددة وزيادة مساهمتها في مجموع الطاقة الكلي بنحو 25 في المائة بحلول عام 2020؛ وعلى فرض تعريفة مميزة للطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والغاز الحيوي المستخرج من النفايات والمخلفات الحيوانية)؛ وعلى إبرام اتفاقيات لشراء الطاقة من المشتركين الذين يعتمدون على مصدر متجدد لإنتاج الطاقة وأيضا من المستثمرين الحاصلين على ترخيص لإقامة مشروع لإنتاج الكهرباء باستخدام الطاقة المتجددة. ومن المقرر أن تدخل هذه الاتفاقيات حيز التنفيذ بعد مصادقة مجلس الوزراء عليها (تمت المصادقة في 2012/3)، وتستمر صلاحيتها لمدة 20 عاماً.
قطر[أ]	**الهيئات المعنية:** • وزارة الطاقة والصناعة (شؤون التخطيط الاستراتيجي والسياسات)، وقطر للبترول (قسم الطاقة المتجددة)؛ • يتولّى كل من مركز قطر للعلوم والتكنولوجيا وجامعة قطر وعدد من المراكز التعليمية والصناعية القيام بأنشطة البحث والتطوير؛ • تستضيف قطر مؤتمر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ في دورته التاسعة عشرة ، المقرر عقده في تشرين الثاني/نوفمبر - كانون الأول/ديسمبر 2012.
الكويت[أ]	**الهيئة المعنية:** • وزارة الكهرباء والمياه؛ • تقوم مؤسسات ومراكز بحثية بتنفيذ الأنشطة وإعداد الدراسات والمشاريع البحثية في بعض مجالات الطاقة المتجددة.
لبنان[أ]	**الهيئات المعنية:** • وزارة الطاقة والمياه؛ • يقوم المركز اللبناني لحفظ الطاقة بتنفيذ بعض الأنشطة في مجال الطاقة المتجددة، لا سيما التسخين الشمسي للمياه وكفاءة الطاقة، تحت إشراف وزارة الكهرباء والمياه. وقد أنشئ المركز بتمويل من برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، بعد إعداد مشروع قانون لإنشائه رسمياً، غير أن أي قانون لم يصدر بإنشائه حتى الآن.

الجدول 19 (تابع)

البلد	الحالة
	التشريعات/السياسات/التدابير: • في عام 2010، أطلقت وزارة الكهرباء والمياه، بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي والمركز اللبناني لحفظ الطاقة، مبادرة لنشر استخدام السخان الشمسي، من خلال تقديم قرض حسن (بدون فوائد، فترة سداد على خمسة أعوام، منحة بقيمة 200 دولار لكل من يشتري سخانا شمسيا)؛ • أصدر مصرف لبنان المركزي مؤخراً التعميم رقم 236 الخاص بالسماح بتقديم قرض حسن (بدون فائدة، فترة سداد تصل إلى 14 عاماً) لمشاريع كفاءة الطاقة والطاقات المتجددة؛ إعداد إستراتيجية وطنية للطاقة الحيوية في 2012.
ليبيا[أ]	**الهيئة المعنية:** • وزارة الكهرباء والطاقات المتجددة – سلطة الطاقة المتجددة.
مصر[ج]	**الهيئة المعنية:** • هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة التابعة لوزارة الكهرباء والطاقة. **التشريعات/السياسات/التدابير:** • إنشاء مرفق تنظيم الكهرباء وحماية المستهلك (عام 2000)؛ • إعفاء معدات الطاقة المتجددة من رسوم الجمارك وضريبة المبيعات؛ • إعداد مشروع قانون جديد للكهرباء، يتضمن مواداً خاصة بتشجيع الاستثمار في الطاقة المتجددة، أهمها ما يتعلق بقيام المستثمرين بإنشاء وتملك وتشغيل محطات لإنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، وأيضا بيع الكهرباء للشركة المصرية لنقل الكهرباء، بموجب تعاقد بالسعر المعتمد والمعلن من مجلس الوزراء، لمدة خمسة عشر عاماً. وتلتزم الشركة المصرية لنقل الكهرباء بشراء الطاقة المتاحة من محطات الإنتاج من الطاقات المتجددة، وكذلك بإنشاء "صندوق تنمية إنتاج الكهرباء من الطاقات المتجددة"، بهدف دعم الشركة المصرية لنقل الكهرباء في شراء الطاقة الكهربائية من محطات الطاقة المتجددة؛ • أقر المجلس الأعلى للطاقة حزمة سياسات تتضمن: (1) تنفيذ برنامج طاقة الرياح على مرحلتين. الأولى: إتباع نظام المناقصات التنافسية، عن طريق طرح مناقصات عامة على المستثمرين لإنشاء وتملك وتشغيل محطات الرياح وبيع الطاقة المنتجة إلى الشركة المصرية لنقل الكهرباء، بالسعر المتعاقد عليه مع المستثمر؛ الثانية: تطبيق نظام التعرفة المميزة لاحقاً، استرشاداً بالأسعار والخبرات المكتسبة في المرحلة الأولى. (2) إبرام اتفاقيات لشراء الطاقة المنتجة من محطات الرياح الخاصة لمدة تتراوح بين 20-25 عاما، مع توفير ضمان حكومي للالتزامات المالية للشركة المصرية لنقل الكهرباء. (3) استفادة المستثمر من بيع شهادات خفض الانبعاثات التي يمكن تجنبها نتيجة تشغيل المشروع؛ وإتاحة أراضي الدولة للمستثمر بنظام حق الانتفاع، على أن تسترد الدولة منه الكلفة الفعلية لتجهيز الأرض بعد بدء الإنتاج التجاري للمشروع. (4) التزام الحكومة بتعزيز قدرات شبكة النقل الكهربائي بحيث تستوعب المحطات الخاصة. (5) إتاحة البيانات والمعلومات الفنية وتأمين الحصول على الموافقات الإدارية للمستثمر. (6) تضمين معايير تقييم المناقصات التنافسية نقاطاً تفضيلية حول نسبة المكون المحلي لمعدات توربينات الرياح؛ • تستضيف مصر المركز الإقليمي للطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة منذ تأسيسه في حزيران/يونيو 2008، وهو يضم في عضويته حالياً 13 دولة عربية.
المغرب[ب]	**الهيئات المعنية:** • وزارة الطاقة والمعادن والماء والبيئة- مديرية الكهرباء والطاقة المتجددة؛ • مركز تنمية الطاقة المتجددة، المكتب الوطني للكهرباء، الوكالة المغربية للطاقة الشمسية.

الجدول 19 (تابع)

البلد	الحالة
	التشريعات/السياسات/التدابير: • القانون رقم 09-13: يُعنى بسبل إنتاج الطاقة الكهربائية من الموارد المتجددة، والربط على الشبكة الوطنية، والحصول على تصريح مسبق أو ترخيص لإنتاج الكهرباء، وتسويق الطاقة المنتجة، وتصدير الطاقة المتجددة؛ • القانون رقم 09-16: يُعنى بالوكالة الوطنية لتنمية الطاقة المتجددة والنجاعة الطاقية، خصوصا بإعادة هيكلتها وتوسيع مهامها التالية: صياغة برامج تنمية الطاقة المتجددة والنجاعة الطاقية والحفاظ على البيئة؛ ومتابعة برامج ومشاريع وأعمال التنمية في المجالين المذكورين؛ وتحديد خرائط الطاقة المتجددة ومكامن النجاعة الطاقية؛ ومتابعة أعمال التدقيق الطاقي وتفعيل التوصيات ذات الصلة؛ • القانون رقم 09-57: خاص بإنشاء الوكالة المغربية للطاقة الشمسية، ومهمتها إنجاز مشاريع إنتاج الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية بقدرات قد تصل إلى 2000 م.و.؛ وإعداد الدراسات الفنية والاقتصادية والمالية اللازمة؛ وتحديد المواقع المناسبة؛ والبحث عن مصادر التمويل؛ • إنشاء صندوق للتنمية الطاقية (برأس مال قدره مليار دولار) لتعزيز قدرات الإنتاج من المصادر المتجددة، وتخفيض الرسوم الجمركية بنسبة تتراوح بين 2.5 و10 في المائة على بعض معدات الطاقة المتجددة، وتخفيض القيمة المضافة من 20 إلى 14 في المائة على السخانات الشمسية للمياه.
المملكة العربية السعودية[أ]	**الهيئات المعنية:** • وكالة الوزارة لشؤون الكهرباء- إدارة الدراسات والبحوث، وزارة الكهرباء والمياه؛ • تقوم جامعة الملك فهد للمعادن والبترول ومدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بأنشطة بحثية ودراسات، لتقييم الإمكانات في مجال الطاقة المتجددة (شمس/رياح)؛ • في 2010/4/17، صدر قرار ملكي بإنشاء مدينة الملك عبد الله للطاقة المتجددة والطاقة الذرية، لتعزيز الجهود نحو تنفيذ الخطة الوطنية لتنمية استخدام الطاقة المتجددة[122]. **التشريعات/السياسات/التدابير:** • العمل جارٍ لإعداد سياسة وطنية لدعم مشاركة الطاقة المتجددة في خليط الطاقة.
اليمن[أ]	**الهيئة المعنية:** • الإدارة العامة للطاقة المتجددة في وزارة الكهرباء والطاقة. **التشريعات/السياسات:** • قانون الكهرباء في 2009، وإقرار استراتيجية الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة؛ • تطبيق الحوافز الواردة في قانون الاستثمار (إعفاء مؤقت لضريبة الدخل، والإعفاء من رسوم الاستيراد لكل ما يتعلق بمشاريع الطاقة المتجددة الخاصة/الحكومية/المختلطة، وتقديم قروض ميسرة، وإبرام عقد للانتفاع بالأراضي التابعة للدولة).

(أ) أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، دليل إمكانات الدول العربية في مجالات الطاقة المتجددة ورفع كفاءة إنتاج واستهلاك الطاقة، القاهرة، 2011.

(ب) المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، النشرة الإعلامية، العدد 7، القاهرة، 2011.

(ج) هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، التقرير السنوي 2011/2010، القاهرة.

باء- الخطوات المقترحة لتعزيز مشاريع تطبيقات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة في بلدان الإسكوا

تحدد بلدان الإسكوا بمعظمها أهدافا للاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة، من خلال اتخاذ التشريعات ووضع السياسات والأطر المؤسسية اللازمة. غير أن هذه الأهداف والخطوات المتخذة لتنفيذها تبقى دون مستوى الطموحات (ما عدا في تونس ومصر والمغرب). وحتى الآليات والخطط التنفيذية اللازمة للمتابعة غالبا ما تفتقر إلى الوضوح، وآليات التمويل والتعاون الدولي والإقليمي غير مستغلّة، مما يطرح علامات استفهام حول إمكانيات بلوغ الأهداف المقرّرة. والنهوض بدور الطاقة المتجددة في التخفيف من حدة تغير المناخ وفي تعزيز أمن إمدادات الطاقة وتحقيق التنمية المستدامة يتطلب نظرة شمولية تجاه التنمية عموما وأنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة خصوصا.

وأية مقاربة رشيدة في هذا المجال لا بد من أن تقوم على إدارة الطاقة من جانب الطلب، أي أن يتم التعامل مع مسألة الطاقة من منظور احتياجات القطاعات، وترشيد هذه الاحتياجات وتلبيتها. ويجب تحقيق التكامل بين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، أي تحقيق كفاءة الطاقة من أجل الحد من احتياجات المستهلك النهائي لها، ثم اللجوء إلى مصادر الطاقة المتجددة لتأمين جزء هام مما تبقى من هذه الاحتياجات. ويمكن تحقيق ذلك من خلال استخدام هذه الطاقة المتجددة مباشرة من دون المرور بمرحلة تحويلها إلى كهرباء، وتوليد الكهرباء من مصادر متجددة. ويجب تطوير منظومة تجمع بين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في إطار صياغة متكاملة تخوّل هذين المجالين المساهمة بشكل أساسي في تأمين خدمات الطاقة في بلدان المنطقة. ولذلك، يجب اتخاذ التدابير التالية:

1- صياغة استراتيجية واضحة لترشيد إنتاج الطاقة واستخدامها:

يشكّل ذلك خطوة أولى يجب إنجازها، مع أخذ ضرورة ما يلي في الاعتبار:

(أ) صدور قرار سياسي قوي

هذا القرار يسمح بوضع كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة ضمن أولويات السياسات المتصلة بإنتاج الطاقة واستخدامها. وعلى المستوى العربي، اعتمد المكتب التنفيذي للمجلس الوزاري العربي للكهرباء في اجتماعه السادس والعشرين في 23 تشرين الثاني/نوفمبر 2010 الاستراتيجية العربية لتطوير استخدامات الطاقة المتجددة: 2010-2030[89]، بموجب قراره رقم 192. وأوصى هذا القرار بتحديث هذه الاستراتيجية بشكل دوري، وفق أهداف مستقبلية ستعلنها الدول العربية. وتتضمن الاستراتيجية جملة من الأهداف المتصلة بمساهمة الطاقة المتجددة في مصادر الطاقة الأولية لكل بلد في آفاق 2014 أو 2020 أو 2030. وشهد الاجتماع نفسه اعتماد "الإطار الاسترشادي العربي لتحسين كفاءة الطاقة الكهربائية وترشيد استهلاكها لدى المستخدم النهائي"، طبقاً للقرار رقم 195. ويتضمن هذا الإطار الاسترشادي مجموعة من التوصيات الهادفة إلى إعداد برنامج وطني لكفاءة الطاقة في كل بلد، يمتد على ثلاث سنوات، اعتبارا من تاريخ اعتماد الإطار الاسترشادي[90].

---

(89) أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، الاستراتيجية العربية لتطوير استخدامات الطاقة المتجددة، مرجع سبق ذكره.

(90) أمانة المجلس الوزاري العربي للكهرباء، الإطار الاسترشادي العربي لتحسين كفاءة الطاقة الكهربائية وترشيد استهلاكها لدى المستخدم النهائي، آذار/مارس 2011.

ومع أنّ هاتين الوثيقتين تشكلان سنداً إقليمياً لكل القرارات التي يمكن اتخاذها على صعيد السياسات المعنية، فيجب أن يُتخذ القرار المرجعي في كل بلد انطلاقاً من دراسة مستفيضة لواقع هذا البلد وتطور احتياجاته وإمكانياته على الأجلين القريب والبعيد، وأن ينص على اعتماد منظومة متكاملة تشمل المزيج الأمثل من كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة.

(ب) إعداد دراسات عن كل القطاعات الاقتصادية في البلد

تعنى هذه الدراسات بالطلب على الطاقة وتطوره على الأجلين القريب والبعيد وبإمكانات تحقيق وفورات في كمياتها، أو بتنويع مصادر الطاقة المعتمدة من دون المس بمستوى الخدمات التي توفرها الطرق المعتمدة حاليا لاستخدام الطاقة في هذه القطاعات. وينبغي أن تحدّد هذه الدراسات المجالات التي يمكن فيها تنفيذ أنشطة كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، وأن تحدد خصوصيات بعض استخدامات الطاقة من أجل أخذها ضمن الاستراتيجية المقترَحة في الاعتبار.

ويجب حصر احتياجات مختلف القطاعات إلى الطاقة حسب استخداماتها النهائية، حتى يمكن تحديد أفضل السبل لتلبيتها على الأجلين القريب والبعيد، لا سيما الاستخدامات الهادفة إلى تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الطاقة المتجددة مباشرة من دون المرور عبر الطاقة الكهربائية.

وينبغي كذلك إعداد هذه الدراسات لتحديد الملاءمة الأفضل بين الاستخدام النهائي للطاقة ومصدرها، وبالتالي النظر في استبدال المصادر الرائجة (إذا اختلفت عن المصادر المثلى) بمصادر أكثر كفاءة في استغلال الطاقة الأولية، مثل اعتماد التوليد المشترك، أي توليد الكهرباء والطاقة الحرارية (Co-Generation)؛ أو التوليد الثلاثي، أي توليد الكهرباء والطاقة الحرارية والتبريد (Tri-Generation) في العديد من المنشآت الصناعية والأبنية ذات الاستخدام الكثيف للطاقة؛ أو اعتماد الغاز الطبيعي أو مضخات الحرارة لتوفير احتياجات التسخين بدلاً من استخدام الكهرباء مباشرة لتوليد الطاقة الحرارية.

(ج) إعداد دراسات عن واقع كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في البلد المعني، ورسم خارطة طريق لإمكانيات تطورهما على الأجلين القريب والبعيد

يُقترح أن تتناول هذه الدراسات المحاور الأساسية التالية:

- تحليل التجارب السابقة للبلد في هذين المجالين وتقييمها، مع تحديد مدى ملاءمتها لاحتياجاته وأسباب نجاحها أو فشلها. ويتعين الاستفادة من هذه الدراسات لتحديد سبل إنجاح هذين المجالين ضمن المنظومة الاقتصادية للبلد وأيضا الآليات التشريعية والمؤسسية اللازمة لذلك. ويُقترح أن تتناول هذه الدراسات الخصائص المناخية، والإمكانيات فيما يتصل بالطاقة المتجددة، ووضع وتحديث الخرائط التي تحدد قدرات مختلف مصادر الطاقة في مختلف المناطق؛

- تحليل وتقييم التجارب العالمية ذات الصلة، للاستفادة من أسباب نجاحها وفشلها، وتقييم إمكانيات نقلها إلى المستوى المحلي، وتحديد مدى ملاءمتها لاحتياجات البلد المعني وخصوصياته المناخية والطبيعية. وينبغي كذلك تحليل خصوصيات البلد منشأ هذه التجارب وتحديد مدى تشابهها مع خصوصيات البلد المستهدَف أو اختلافها عنها؛

- تحديد التطورات المحتملة، على الأجل البعيد، في مجالي كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في مختلف القطاعات. ويتعين أن تتناول هذه الدراسات أفقاً زمنياً بعيداً نسبياً (عام 2030 مثلاً)، كي يتسنّى إدراك التأثيرات الاقتصادية والبيئية وموارد الطاقة المطلوبة، انطلاقاً من عدة سيناريوهات. وتتصل هذه السيناريوهات بسرعة تعميم الإجراءات اللازمة لتحقيق كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة والتكامل بينهما؛ وبالوفورات المالية التي يمكن كسبها جراء انخفاض قيمة الدعم الناتج من الوفورات في الطاقة غير المتجددة والتي يجب أخذها في الاعتبار في تحديد التحفيزات المالية اللازمة لتشجيع ودعم البرامج المقترحة في مجالي كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة.

وستمكن هذه الدراسات أصحاب القرار من تحديد أهدافها والموارد البشرية والمادية لتحقيقها. وبالتالي، يمكن رسم خطة استراتيجية تتمحور حولها البرامج والأنشطة لدعم تطوير نظم كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة ودمجها في منظومة التنمية المستدامة.

2- سبُل رسم الاستراتيجية وتنفيذها

(أ) إعداد برامج العمل

ينبغي وضع أهداف الاستراتيجية ضمن برنامج للعمل يسمح بتحويل هذه الأهداف إلى مشاريع واضحة يجب تنفيذها، وذلك حسب القطاع وبعد التنسيق مع أصحاب المصلحة في كل قطاع. وينبغي أن تتسم هذه البرامج بالتناسق والشمول، بحيث تغطي كل الجوانب الضرورية لتنمية القطاع ليتسنّى بلوغ معظم النتائج المرجوة من مختلف الإجراءات. وبالتالي، يجب وضع هذه البرامج مع أخذ المحاور الثلاثة الأساسية التالية في الاعتبار:

- إحداث نقلة نوعية في المقاربات المعتمدة، لتنفيذ الإجراءات المقترحة ونشرها على أوسع نطاق ممكن؛
- تفعيل الشراكات مع أصحاب المصلحة، حتى يساهموا في إعداد البرامج الخاصة بقطاعاتهم. ويجب بناء القدرات ورفع مستوى الوعي وتقديم الحوافز المادية والمعنوية، حتى يتولّى أصحاب المصلحة تنفيذ القرارات المتخذة والأهداف المرجوة والأنشطة المقترحة؛
- صياغة مجموعة متكاملة من آليات الترويج والتحفيز واستعمالها بصورة متزامنة ومتناسقة لإنجاح البرامج المقترحة. وتتضمن هذه الآليات ما تتطلبه البرامج من تشريعات وقوانين، وحملات إعلامية وتوعية، وبناء للقدرات، وأدوات لصنع القرار، ودراسات قطاعية، وتحفيزات مالية ومعنوية، وتعاون إقليمي ودولي وبحوث تطبيقية تمكن من صياغة الحلول الملائمة لاحتياجات البلد وخصوصياته.

(ب) إنشاء وتفعيل آليات تنفيذ الاستراتيجية

يعد الإطار المؤسسي والتشريعي حجر الأساس في أي مشروع تنموي. ولا يمكن تحقيق أي برنامج عمل من دون دعمه عبر تزويده بإطار مؤسسي معزّز وبحزمة من القوانين والتشريعات القابلة للتطبيق.

وينبغي أن يكون هذا الإطار ملزماً لجميع المؤسسات العامة والخاصة، وأساسيا ضمن الإطار التنظيمي الهادف إلى الإشراف على إعداد وتنفيذ البرامج المنبثقة عن الاستراتيجية.

(ج) تحديد أصحاب المصلحة وسبل إشراكهم في إنجاح الاستراتيجية

يقوم ترشيد إنتاج الطاقة واستهلاكها، أي تحسين كفاءة الطاقة والاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة، على مقاربة أفقية تشمل كل القطاعات الاقتصادية. ولا تقتصر هذه المقاربة على اتخاذ تدابير فنية، بل هي نهج جديد لتناول موضوع الطاقة برمّته، للانتقال به من منظومة قائمة على العرض والطلب إلى منظومة قائمة على فحص متواصل لطبيعة الطلب، ومراجعة جدلية للعلاقة القائمة بينه وبين العرض، ضمن إطار يرمي إلى الوصول إلى منظومة مستدامة تجمع بين الاثنين.

لذلك، يشمل ترشيد إنتاج الطاقة واستهلاكها كل المجالات الاقتصادية بلا استثناء، وتحقيقه هو مسؤولية جميع الأطراف الفاعلة في الاقتصاد والمجتمع: الإدارة المركزية، والمؤسسات الاقتصادية الخاصة والعامة، والسلطات المحلية، والمستخدم النهائي في القطاع المنزلي. لذلك، فنجاح برامج العمل مرتبط بمدى فاعلية التشاور والشراكة مع أصحاب المصلحة. ويمثل تحديد هذه الأطراف وتفعيل هذه الشراكات تحديات يجب إدراجها ضمن برنامج العمل عند إعداده. ويتطلب هذا الأمر تصوراً واضحاً للدور المحتمل لأصحاب المصلحة في البرنامج، وإيضاح هذا الدور عبر إشراكهم في صياغة ورصد الموارد البشرية والمالية اللازمة.

3- الإطار التنظيمي ودوره في تفعيل الإستراتيجية

كي تنجح المقاربة القائمة على ترشيد إنتاج الطاقة واستهلاكها، أي دعم كفاءة الطاقة والاستفادة من تطبيقات الطاقة المتجددة، يجب أن تصبّ كل الأنشطة ذات الصلة ضمن إطار تنظيمي مركزي يوحّد الرؤى ويشرف على الدراسات القطاعية ويرفع نتائجها إلى أصحاب القرار، ثمّ يترجم القرارات المعتمدة إلى استراتيجية متكاملة، وبعد ذلك يشرف على إعداد برامج العمل المنبثقة عن الاستراتيجية وعلى إنجاز هذه البرامج. وقد يستند هذا الإطار التنظيمي المركزي إلى مجموعة من الأطر التنظيمية أو قد يستعين بأخصائيين متعاقدين لتحقيق مهامه.

(أ) الإطار التنظيمي المركزي

يشرف هذا الإطار التنظيمي المركزي على ما يلي:

- إعداد مواد القوانين والتشريعات المتعلقة بتطبيقات كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة في البلد؛
- إعداد مختلف الدراسات القطاعية وتقييم ما يمكن إنجازه في مجال كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، ورفع نتائجها إلى أصحاب القرار؛
- تحويل القرارات المعتمدة إلى استراتيجية متكاملة ومتناسقة يمكن تنفيذها من خلال برامج عمل زمنية، مع تحديد الموارد البشرية والمادية والجهات المعنية؛
- الإشراف على الحملات الإعلامية والترويجية ذات الصلة؛
- بناء القدرات المتعلقة بكفاءة الطاقة والطاقة المتجددة.

ولينفّذ هذا الإطار التنظيمي صلاحياته، ينبغي إنفاذه بموجب تشريع أو قانون يحدد هيكله التنظيمي واختصاصاته، وأن يكتسب شكل مؤسسة عامة مستقلة تخضع للإشراف السياسي المباشر لرئاسة الحكومة ولوصاية الوزارة المعنية بالطاقة وتلك المعنية بالبيئة. ويجب أن يكون لهذه المؤسسة مجلس إدارة تتمثل فيه كل الهيئات المعنية، مثل وزارة المالية ووزارة التخطيط ووزارة الصناعة ووزارة النقل والجهات المعنية بالإعمار وبالسلطات المحلية والبنك المركزي.

ويتعين أن تقوم هذه المؤسسة على نواة إدارية أساسية وقادرة، وأن تحظى بمستوى من المرونة يسمح لها بتكوين فرق عمل خاصة ذات مهام محددة زمنيا تتولى مواضيع محددة. وينبغي السماح لها بالاستعانة بكفاءات من خارجها توكل إليها مهمة الإشراف على جوانب من أنشطتها. وقد تتضمن الإدارة المركزية للمؤسسة عدة هيئات تعنى كل منها، على حدة، بكفاءة الطاقة، والطاقة المتجددة (في إطار أقسام قطاعية متخصصة)، والدراسات المتضمنة للتوقعات المستقبلية، ومتابعة تنفيذ المشاريع، والإعلام والتوعية والترويج، والعلاقات الإقليمية والدولية، والمسائل القانونية والتشريعية.

(ب) <u>فرق العمل الخاصة وأشكال المساندة الأخرى</u>

(1) مجموعات عمل ذات صلاحيات موسعة: تقدم الدعم في مجالات مثل كفاءة الطاقة في الحقل الصناعي، والترويج لتكنولوجيات الطاقة المتجددة. وتُنشأ هذه المجموعات في أولى مراحل إنشاء البرنامج المقرر. وتتولى التدقيق في الدراسات المتضمنة للتوقعات المستقبلية، وتحديد بنود برنامج العمل المرتقب، ودراسة العقبات المحتملة وآليات إزالتها و/أو تجاوزها، واقتراح التشريعات التكميلية والآليات التحفيزية لتسهيل الترويج للحلول المقترحة. وينبغي أن تتكون كل مجموعة عمل من ممثلين لأصحاب القرار في المؤسسات المعنية يُكلَّفون أخذ القرارات اللازمة من دون الرجوع إلى رؤسائهم، إلا في حالات استثنائية. وتشمل هذه المجموعة ممثلا عن الإطار التنظيمي المركزي، وممثلين عن القطاعات المعنية، ونخبة من الخبراء. وتقوم بتحديد الأنشطة اللازمة وإنجازها وتنظيم اجتماعات دورية للمتابعة. وتُحَلُّ المجموعة بانتهاء مهامها.

(2) فرق إدارة المشاريع: تتكون من 5 إلى 10 أشخاص تقريباً، وتعنى بإدارة كل جزء من أجزاء برامج العمل المعتمدة، وتتفرّغ للإشراف الفني والإداري للمشروع، وتوضع بتصرفها موازنة خاصة ممولة من الموارد المالية المخصصة للمشروع. ويتم حل هذه الفرق أو الاستعانة بها لتنفيذ مشروع جديد عندما ينتهي المشروع.

(3) خبراء متابعة ومساندة: يتم التعاقد معهم لتغطية قطاع معين أو جهة جغرافية محددة. ويعهد إليهم بالقيام بالتأطير الفني، وأحياناً الإداري، لبعض المشاريع الهامة.

خلاصة

حماية المناخ العالمي واجب إنساني وأخلاقي، وتخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ضروري للحد من الاحترار العالمي. ويؤدي قطاع الطاقة دورا أساسيا في ذلك، عن طريق توسيع انتشار تطبيقات الطاقة المتجددة، لا سيما لإنتاج الطاقة الكهربائية. وينبغي الحفاظ على الموارد الطبيعية، وتخفيض استهلاك الوقود الأحفوري بما أنه من الموارد المعرضة للنضوب، والاعتماد على استخدامات الطاقة المتجددة.

لقد أكدت قمة ريو+20، من خلال وثيقتها الختامية المعنونة "المستقبل الذي نصبو اليه"، أن مكافحة تغير المناخ تتطلب عملاً عاجلاً وطموحاً، وفقاً لمبادئ وأحكام اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ. ويستدعي ذلك العمل بموجب مبدأ المسؤولية المشتركة، وإن كانت متباينة. وفي هذا السياق، تبذل بلدان الإسكوا جهوداً حثيثة، لكن متفاوتة، في مجال اعتماد تطبيقات الطاقة المتجددة. وما زال هناك الكثير للقيام به سواء لناحية التطوير التشريعي والمؤسسي والتنظيمي والإجرائي، أو لناحية بذل الجهود لتنظيم وتحفيز الشراكة بين القطاعين العام والخاص، من أجل توظيف الاستثمارات وخلق وتنشيط التصنيع المحلي لمكونات أنظمة وتطبيقات الطاقة المتجددة، خصوصا طاقة الرياح والطاقة الشمسية، والاستفادة من نقل التكنولوجيا وتوطينها ومن مجالات التعاون الدولي والإقليمي. وفي هذا الصدد، لا بدّ من السعي إلى تنفيذ التدابير التالية:

- التأكد من ملاءمة هذه التكنولوجيات لخصوصيات البلدان الأعضاء. أما انتشارها التجاري، فرهن بجدواها الاقتصادية، وهي مؤكدة في مجال تسخين المياه بالطاقة الشمسية، ومحتملة في حال استخدام طاقة الرياح لإنتاج الكهرباء. غير أنه يجب خفض كلفة معدات استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء، والوقت كفيل بتحقيق ذلك. ومن الأفضل الاستفادة من الطاقة المتجددة مباشرة، دون المرور بإنتاج الكهرباء قبل استهلاكها، نظراً لتدني كفاءة تطبيقات الطاقة المتجددة (باستثناء الطاقة المائية) في إنتاج الكهرباء؛
- تعزيز دور إجراءات تحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية ونقلها وتحويلها واستهلاكها والتوسع في استخدام الغاز الطبيعي، وذلك في الحد من الانبعاثات، لا سيما في قطاع الكهرباء؛
- مراجعة هياكل تسعير الطاقة وسياسات دعم الطاقة التقليدية بهدف تقليص هذا الدعم تمهيداً لإلغائه، وذلك أساسي لنجاح سياسات تحسين كفاءة الطاقة وتطبيقات الطاقة المتجددة؛
- دعم كفاءة الطاقة بهدف اعتماد تطبيقات الطاقة المتجددة، بحيث تستمر عملية التنمية المستدامة دون الإضرار بالمناخ العالمي وبالبيئة، بما أن موارد الغاز والنفط معرضة للنضوب. ولا شك في أن ذلك يخفف من موازنات الدول الأعضاء في الإسكوا المثقلة بأعباء دعم أسعار الغاز والمشتقات النفطية والكهرباء.
- اعتماد مقاربة شاملة تجاه الطاقة المتجددة، واختيار المصادر ذات الجدوى، حسب درجة النضوج الفني للتقنيات وإمكانات توطينها، وحسب توفّر القدرات الفنية والمواد الخام اللازمة لتصنيع بعض مكوناتها، ووضع مؤشرات للتقدم المحرز وتقييمه وتحليله؛
- ابتكار آليات تمويلية محلية لدعم مشاريع الطاقة المتجددة ولتشجيع المستثمر الصغير/المتوسط على الدخول في هذا المجال؛ وآليات إقليمية للاستثمار في المشاريع الكبرى. فالصعوبة تنتج من ضخامة الاستثمارات اللازمة لتنفيذها مقارنة بمشاريع الطاقة التقليدية. ولم تصل تجارة الكربون إلى النتيجة المرجوة في السنوات السابقة، فسعر طن الكربون انخفض بعد ارتفاع، ومن غير الواضح ما ستكون عليه الأمور بعد كيوتو؛

- تهيئة المناخ الجاذب للاستثمارات والداعم للشراكة بين القطاعين العام والخاص، من خلال وضع تشريعات/سياسات داعمة، وتسهيل الإجراءات الإدارية. ويستدعي ذلك وضع حوافز قوية، منها الالتزام بشراء الطاقة المنتجة من مصدر متجدد بأسعار تفضيلية، أو فرض استخراج نسبة من الطاقة المنتجة من مصدر متجدد، وتسهيل ربط مشاريع الطاقة المتجددة بالشبكة، والإعفاء من الجمارك والضرائب، وإتاحة أراضى البلد المعني لهذه المشاريع بأسعار رمزية أو مجانا، وتقديم ضمانات حكومية ضد مخاطر الاستثمار، في ظل استقرار تشريعي وسياسي وأمني؛
- تطبيق المواصفات القياسية وشهادات الصلاحية الخاصة بمعدات الطاقة المتجددة، بهدف تجنب الغش التجاري وانتشار المعدات الرديئة الصناعة في السوق الوطنية؛
- تعزيز التعاون الإقليمي والتعاون الدولي والتناسق في السياسات، لا سيما وأن الحد من تغير المناخ مسؤولية مشتركة.