

مستقبل تكنولوجيا تركيز الطاقة الشمسية فى العالم 2009

أسباب التهافت على الطاقة المتجددة



المحتويات

	القسم الخامس سيناريوهات مستقبل التركيز
54	الشمسى الحرارى حول العالم
54	السيناريوهات
55	توقعات كفاءة إستخدام الطاقة
55	النتائج الأساسية
56	النتائج الكاملة
67	الفروض والعوامل الرئيسية
	القسم السادس تصدير طاقة التركيز الشمسى: منطقة حوض البحر المتوسط
70	خطة حوض البحر المتوسط للطاقة الشمسية 2008
	الإمكانات الفنية لتكنولوجيا التركيز الشمسى فى حوض البحر المتوسط /
71	الشرق الأوسط و شمال أفريقيا (MENA)
71	سيناريو الطاقة الشمسية فى حوض البحر المتوسط
	القسم السابع مقترحات لسياسات طاقة التركيز الشمسى
76	ما هى السياسات التى تعمل على دعم الطاقة الشمسية؟
77	أطر السياسة الدولية
78	التوصيات
83	ملحق 1 الحجم الحالى والمستقبل لسوق تركيز الطاقة الشمسية
85	ملحق 2 بعض الشركات العاملة فى مجال تركيز الطاقة الشمسية
86	ملحق 3 محطات الطاقة الشمسية الريادية
86	ملحق 4 قائمة الدول حسب تقسيم الوكالة الدولية للطاقة
87	ملحق 5 ملخص لأهم إفتراضات سيناريوهات المستقبل

المحتويات

المقدمة	6
ملخص التقرير	8
القسم الأول	
تركيز الطاقة الشمسية: الأساسيات	14
المفهوم	12
متطلبات تركيز الطاقة الشمسية	15
شرح التقنيات	16
القسم الثاني	
تكنولوجيا الكهرباء المولدة من التركيز	
الشمسى و تكاليفها	18
انواع المراكز	18
أنظمة القطع المكافئ	21
المستقبل المركزى أو البرج الشمسى	25
طبق بشكل القطع المكافئ	29
عاكس فرينيل الخطى	31
إتجاهات تكلفة المراكز الشمسية الحرارية	33
تكنولوجيا تخزين الطاقة	34
القسم الثالث	
تطبيقات أخرى لتكنولوجيا الطاقة الشمسية	36
التسخين الشمسى فى العمليات الصناعية	36
تحلية المياه	36
الوقود الشمسى	37
الإعتبارات الإقتصادية	38
القسم الرابع	
حالة السوق حسب المنطقة الجغرافية	40
الشرق الأوسط و الهند	43
أفريقيا	45
أوروبا	47
الأمريكتين	50
آسيا- دول المحيط الهادى	51

لثحصول على المزيد من المعلومات
يرجى مراسلة enquiries@greenpeace.org
تحرير : د. كريستوف ريختر، سفن تسكا و ربيكا شورت
مراجعة : ربيكا شورت و The Writer
تصميم : توبى كوتون

الترجمة العربية : دينا برهان (الأكاديمية العربية
للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري- الإسكندرية).
مراجعة الترجمة العربية : عمرو محسن- شركة لوتس
للطاقة الشمسية (مصر)
lotussolaregypt@gmail.com
أعمال الجرافيك للنسخة العربية : أميرة عطا كامل.
شكر خاص : يانس كريستيانسن وثانيا دانسترومن
onchemisphere.se

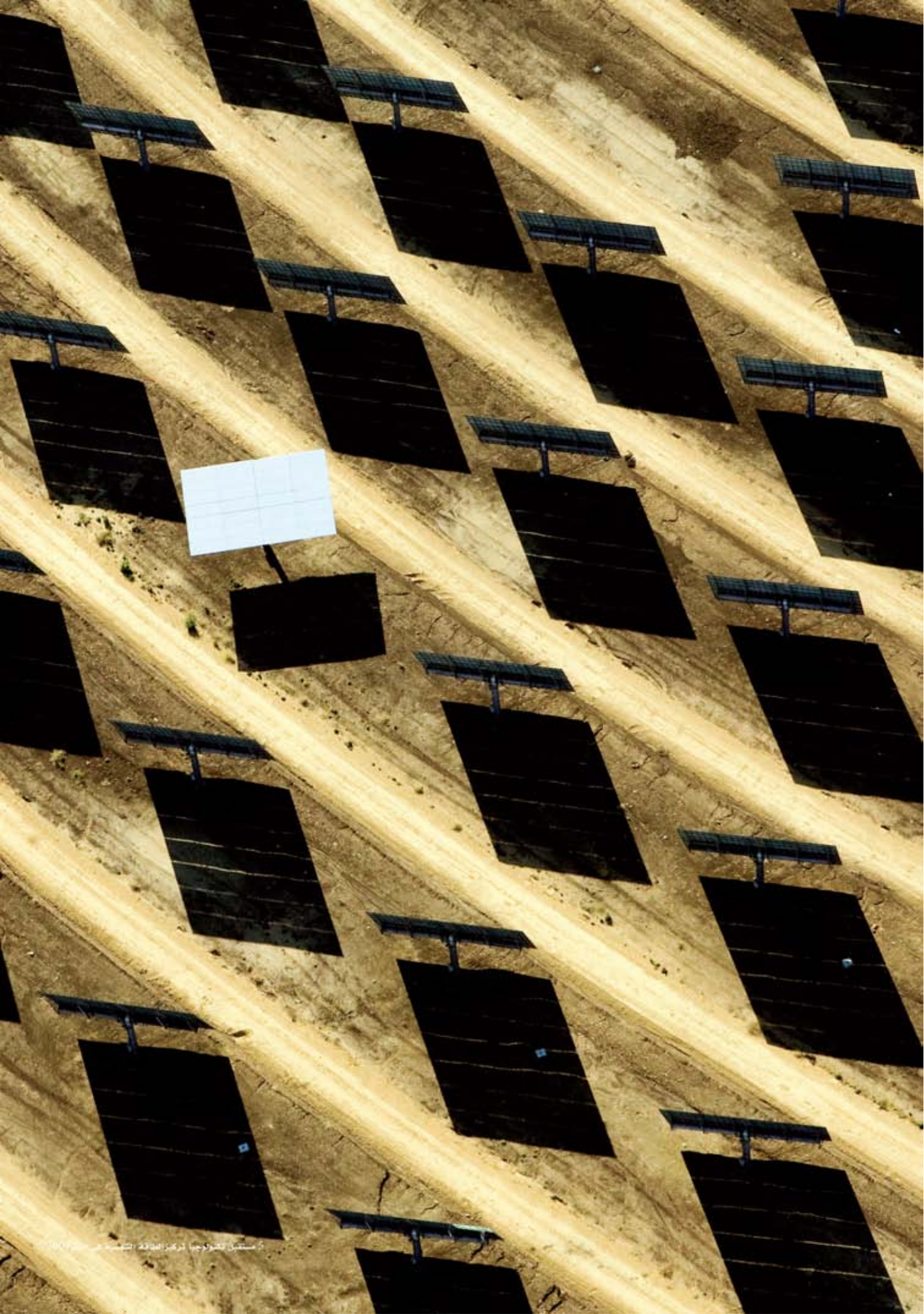
IN 238
الناشرون
جرين بيس الدولية
Ottho Heldringstreat 5
AZ Amsterdam 1066
هولندا
Tel. +31 207182000
Fax. +31 205148151
Greenpeace.org

سولار بيسيس
سكرتارية سولار بيسيس
Apartado 39
E-04200 Tabernas
إسبانيا
Solarpaces.org
exec@solarpaces.org

استيلا
الجمعية الأوروبية للكهرباء الشمسية الحرارية.
Renewable Energy House
Rue D'Arlon 63-67, B - 1040
بروكسل- بلجيكا

مسورة الطلاق الانامية و الجنسية
حقوق النشر محفوظة
GREENPEACE/ MARKEL REDONDO
محطة برج التركيز الشمسى (PS-10) التى بنيت بها تركيز
الشمس على نقطة تلتح أعل
برج ارتفاعه 115 متر حيث يوجد المستقبل الشمسى
و التوربين البخارية.
وتحرك التوربين البخارية مولد لإنتاج الكهرباء.

نتوقع أن تلبى تكنولوجيا
التركيز الشمسى حوالى
7% من إحتياجات العالم
من الطاقة عام 2030
والربع عام 2050 فى حالة
الأسراع بتنمية الصناعة
ورفع مستوى كفاءة
إستخدام الطاقة .



المقدمة

ويمكن تحقيق هذا الهدف دون الإخلال بحصول الصين والهند والدول النامية الأخرى على الطاقة اللازمة لتنمية إقتصادياتها. ويلعب التركيز الشمسي دور مهم في هذا المخطط.

نقدم في هذا التقرير سيناريو معتدل لنمو سوق التركيز الشمسي يتماشى مع السيناريو المستخدم في تقرير ثورة الطاقة (Energy [R]evolution scenario) ثم نخطو خطوة أبعد بإفترض سيناريو متقدم يظهر بجلاء إن لدى هذه التكنولوجيا الأكثر لتعطيه فنتوقع أن توفر صناعة التركيز الشمسي عالمياً بحلول عام 2050 فربة 2 مليون فرصة لعمالة تساهم في إنقاذ المناخ بإنتاج ما يربو على ربع إحتياجات العالم من الكهرباء مما يشكل رؤية ملهمة مثلما تظهر الصور المذهلة في هذا التقرير أن تكنولوجيا التركيز الشمسي قد ابتدعت جمال ملفت مما يجعل من إنقاذ المناخ شئ مدهش.

د. كريستوف ريختر

السكرتير التنفيذي
IEA SolarPACES

سفين تيسكا

جرين بيس العالمية
Greenpeace International

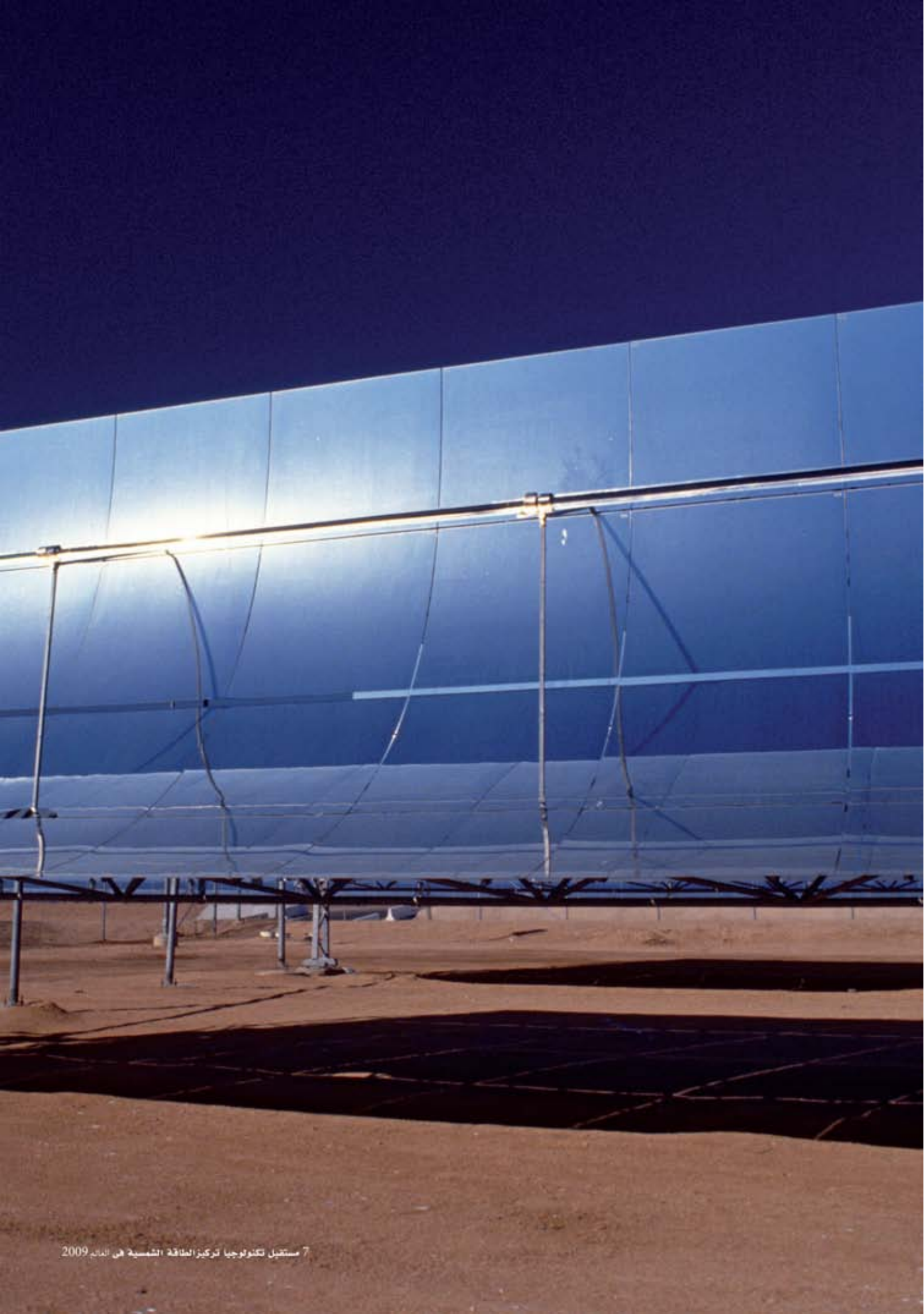
خوزيه نيبيرارا

رئيس المنظمة الأوروبية للطاقة الشمسية الحرارية
ESTELA

يعد هذا التقرير الإصدار الثالث لتقييم أحوال تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية في العالم. حيث دأبت مجموعة مكونة من جرين بيس (Greenpeace) والجمعية الأوروبية لكهرباء الطاقة الشمسية الحرارية (ESTELA) وبرنامج سولار بيسيس (SolarPACES) التابع للوكالة الدولية للطاقة (IEA) على إصدار تقارير عن الطاقات المتجددة منذ عام 2003. وقد أبرز التقرير الأول الحجم الضخم المتوقع للسوق ثم أصدرنا تقريرنا الثاني في مصرعام 2005 بعنوان "تكنولوجيا التركيز الشمسي جاهزة للإطلاق". ومع كل إصدار رفعنا توقعاتنا لحجم السوق بنسبة كبيرة حتى تخطت المليار دولار في عام 2008 ومن المتوقع أن يتضاعف هذا الرقم في عام 2009. يسعدنا الآن تأكيد أن التركيز الشمسي قد إنطلق بالفعل وهو على وشك الخروج من تحت ظلال تكنولوجيايات الطاقات المتجددة الأخرى كما أنه أصبح قادراً على تدعيم مكانته كمثلث أكبر مشارك في سوق توليد الكهرباء بصورة مستديمة. وتعد تكنولوجيا التركيز الشمسي إضافة مجدية إقتصادياً لتكنولوجيايات الطاقات المتجددة الأخرى وليست بالطبع منافساً لها.

ونظراً لأهمية مكافحة تغير المناخ فينبغي على قطاع توليد الطاقة التخلص من إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون بأقصى سرعة ممكنة. ولذا فإن جرين بيس (Greenpeace) والمجلس الأوروبي لصناعات الطاقات المتجددة (European Renewable Industry Council) قد وضعوا رؤية عالمية مشتركة بأسم - سيناريو ثورة الطاقة - (Energy [R]evolution scenario).

ويضع ذلك السيناريو مخطط عمل سريع لخفض إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بتوليد الطاقة بحيث تصل إنبعاثات غازات الصوية لذروتها بحلول عام 2015 ثم تأخذ بعد ذلك في التراجع.



ملخص التقرير

كم سيكون حجم السوق؟

ماذا يعنى تركيز الطاقة الشمسية؟

شهدت السنوات الخمس الأخيرة نمواً سريعاً لصناعة التركيز الشمسي فقد تقدمت من كونها تكنولوجيا مستحدثة لتصبح صناعة كثيفة ووسيلة متعارف عليها لتوليد الكهرباء. فقد كان نصيب محطات التركيز الشمسي من إنتاج كهرباء العالم حتى نهاية عام 2008 محدوداً بـ 436 ميجاوات فقط. أما الآن وحتى كتابة هذه السطور فسوف تضيف المحطات الجارية إنشاءها والواقع معظمها في أسبانيا ما لا يقل عن 1,000 ميجاوات جديدة بحلول عام 2011. بالإضافة إلى 10,000 ميجاوات في طور التخطيط ستصبح جاهزة بحلول عام 2017. أما في الولايات المتحدة الأمريكية فهناك 7,000 ميجاوات إما في طور التخطيط أو بدأ إنشاءها فعلياً.

ووفقاً لتقرير "مستقبل تكنولوجيا تركيز الطاقة الشمسية في العالم 2009" وفي ظل السيناريو المتقدم لتنمية الصناعات نتوقع أن تلبى تكنولوجيا التركيز الشمسي حوالي 7 % من إحتياجات العالم للطاقة بحلول عام 2030 والرابع عام 2050 في حالة تعجيل نمو الصناعة ورفع مستوى كفاءة استخدام الطاقة.

وحتى مع الإفتراضات المتواضعة لمستقبل نمو السوق فمن المتوقع أن يصبح لدى العالم ما يزيد على 830 جيجاوات من المحطات الشمسية بحلول عام 2050 بإضافة تبلغ 41 جيجاوات سنوياً مما سيمثل بين 3.0 إلى 3.6 % من إحتياجات العالم في عام 2030 ومن 8.5 إلى 11.5 % في عام 2050.

يعنى تركيز الطاقة الشمسية إنتاج حرارة أو كهرباء باستخدام مئات من المرايا التي تركز حرارة أشعة الشمس إلى ما بين 400 و 1,000 درجة مئوية. وتعدد أشكال المرايا وطرق تتبعها للشمس ووسائل تحويل تلك الحرارة إلى طاقة مفيدة ولكن في النهاية تخضع جميع الوسائل لنفس القواعد الأساسية. يتراوح حجم محطات التركيز الشمسي حالياً ما بين 50 و 280 ميجاوات غير أنه بالإمكان بناء محطات أكبر من ذلك. وتصمم محطات التركيز الشمسي المتصلة بالشبكات الكهربائية لتعمل إما مصاحبة بالتخزين الحراري أو بالتهجين مع الوقود الأحفوري وبذلك تكون قادرة على تلبية الأحمال الأساسية وأحمال الذروة.

ما ضرورة إستخدامها؟

يقترب العالم الآن من حافة الهاوية من حيث تغير المناخ. فلو زاد إرتفاع درجة حرارة الأرض عن المتوسط السنوي لها بأكثر من درجتين مئويتين فسوف يواجه العالم بأسره المزيد من الكوارث الطبيعية وفترات جفاف أقسى وأطول مصحوبة بتدهور إنتاج العديد من المناطق الزراعية وكذلك لخسارة جسيمة للعديد من المخلوقات. ولأن التغير في المناخ نتج في الأصل عن حرق الوقود الأحفوري فإننا بحاجة عاجلة لتغيير ثوري كى تلبى إحتياجات العالم من الطاقة من مصادر معظمها غير ملوث للبيئة. ولكى نتقضى المخاطر الفادحة لتغير المناخ فيجب أن تبلغ الإنبعثات الحرارية ذروتها في عام 2015 ثم تبدأ بعد ذلك في الانخفاض لتصل إلى أقل قدر ممكن لها بحلول منتصف القرن. يعد التركيز الشمسي وسيلة إقتصادية لإنتاج الكهرباء بكميات كبيرة. وهو يناسب مناطق العالم ذات الإشعاس الغزير مثل جنوب أوروبا، شمال أفريقيا والشرق الأوسط كما يناسب أجزاء من الهند والصين وجنوب الولايات المتحدة وأستراليا حيث تعاني العديد من تلك المناطق من إرتفاع تكلفة إنتاج الكهرباء التقليدية وكذا من مشاكل تلبية الطلب عند الذروة مما يؤدي أحياناً إلى انهيار الشبكات. كما يتميز التركيز الشمسي بالمحافظة على البيئة وباعتماده على مصدر لا ينضب. وقد نضجت تكنولوجيا التركيز الشمسي بدرجة تتيح إنتشارها بصورة تصاعدية في منطقة الحزام الشمسي.



هل ينخفض السعر؟

تستمر تكلفة إنتاج الكهرباء الشمسية في الانخفاض كما يصرح كثير من المستثمرين بأن التكلفة ستنافس قريباً محطات الغاز الطبيعي متوسطة الحجم. وتعد العوامل المؤثرة على تكلفة إنتاج الكهرباء الشمسية ما يلي : الموارد الشمسية للموقع، تكاليف توصيل المحطة للشبكة الرئيسية للكهرباء وتكلفة البنية التحتية بالإضافة إلى تكاليف إقامة المحطات ذاتها. ولذا يمكن خفض تكلفة إنتاج الكهرباء الشمسية بزيادة حجم المحطات وابتكارات البحث والتطوير بالإضافة إلى إتساع حجم السوق مما سيدعم المنافسة في إنتاج المكونات اللازمة لهذه الصناعة. كما يمكن للحكومات أن تحقق مزيداً من خفض التكلفة من خلال إرساء قواعد تمويل متميزة بالإضافة إلى وضع حوافز ضريبية لزيادة الاستثمار.

ما هي السياسات و الدعم المطلوبين؟

بدأت بعض الحكومات منذ عام 2004 في إرساء حوافز أساسية مما دفع بتكنولوجيا التركيز الشمسي للأمام محققة نمواً هائلاً في المشاريع المقامة على أراضيها. ففى غضون سنتين من رفع التعريفية المتميزة في أسبانيا إلى مستوى تصبح عنده المشاريع الشمسية قابلة للتمويل البنكى أصبح هناك 1,000 ميجاوات تحت الإنشاء في ذلك البلد.

ويتضح مما سبق إن على بلدان الحزام الشمسي اتخاذ التدابير التالية كي تستطيع تفعيل تكنولوجيا المحطات الشمسية :

- ضمان سعر متميز للكهرباء المنتجة فقد نجحت تعريفية التغذية الأسبانية في تحفيز إقامة المحطات هناك وستتبعها قريباً فرنسا وإيطاليا وجنوب أفريقيا.
- تحديد أهداف ومنح حوافز قومية مثل معايير محفظة الطاقات المتجددة في الولايات المتحدة (RPS) أو برامج متميزة للقروض الخاصة بتكنولوجيات الطاقة الشمسية الحرارية .
- وضع برامج لتقنين انبعاثات الكربون إما عن طريق إرساء نظام للمبادلة أو بفرض ضرائب على الكربون.
- إنشاء شبكات جديدة لنقل الطاقة بين الدول والقارات من خلال بنية تحتية وأتفاقيات سياسية واقتصادية مناسبة تمكن من تصدير الطاقة الشمسية إلى مناطق الطلب المرتفع.
- إقامة تعاون مشترك بين أوروبا والشرق الأوسط وشمال أفريقيا في مجال التكنولوجيا والتنمية الاقتصادية.
- دعم أنشطة بحث وتطوير التكنولوجيا دعماً مستقراً وطويلاً المدى للاستغلال الكامل لفرص تطوير التكنولوجيا ومن ثم تقليل التكلفة.

بوضع هذه السياسات الأساسية ستمكن المراكز الشمسية من اعتلاء مكانتها كجزء مهم من مزيج الطاقة العالمي.

ما هي الفوائد؟

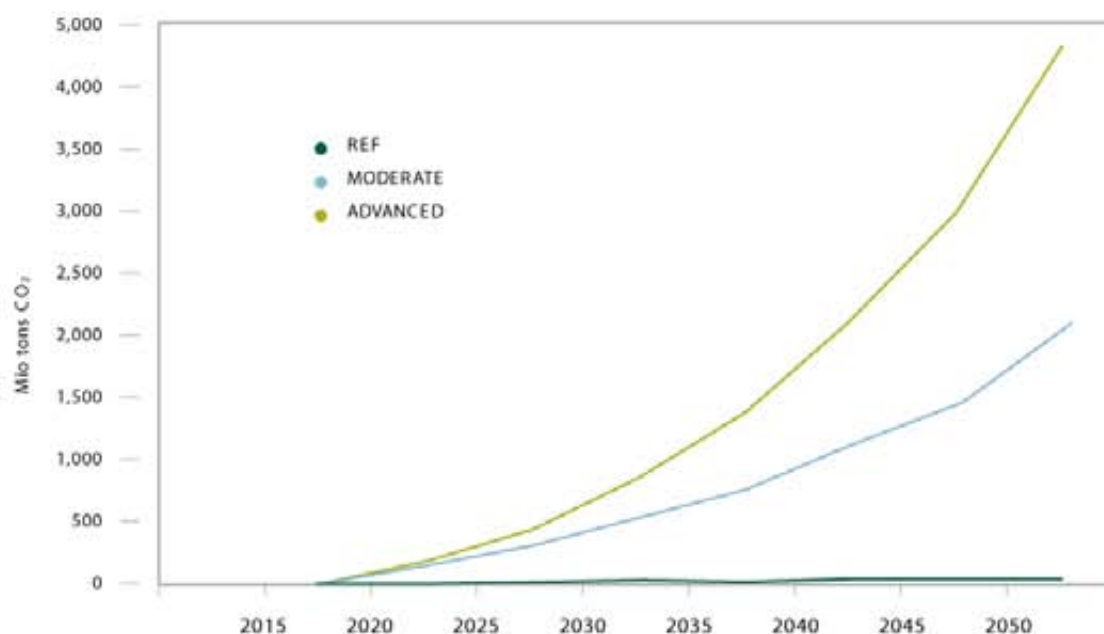
أجرت جرين بيس (Greenpeace) دراسة لبحث معدلات النمو المحتملة لتكنولوجيا تركيز الطاقة الشمسية في العالم واستخدمت نموذجاً لرسم عدة سيناريوهات مبنية إلى سيناريو أساسي يفترض استمرار السياسات الحالية لحكومات العالم بدون تغيير بالإضافة إلى سيناريوهات متوسطة ومتقدمة تركز على سياسات واقعية لدعم تطوير هذه التكنولوجيا النظيفة والمتجددة. ويعيداً عن نتائج السيناريو المتقدم الذي قد يتهمه البعض بالمغالاة في التفاؤل يشير السيناريو المتوسط إلى قدرة الدول المشمسة مجتمعة أن :

- تجتذب إستثمارات ب 11.1 مليار € (14.4 مليار \$)⁽¹⁾ بحلول عام 2010 تصل في ذروتها إلى 92.5 مليار € في عام 2050 .
- توفر فرص عمل تتعدى 200,000 وظيفة بحلول عام 2020 وحوالى 1.187 مليون فرصة عمل في عام 2050.
- تتجنب انبعاثات سنوية تتعدى 148 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في عام 2020 ترتفع إلى 2.1 مليار طن بحلول عام 2050.

وعلى سبيل المثال فإن أستراليا مسئولة عن انبعاث 394 مليون طن سنوياً من ثاني أكسيد الكربون كما أن ألمانيا وحدها مسئولة عن 823 مليون طن وهو ما يعادل كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قارة أفريقيا بأكملها. فباستطاعة تكنولوجيا المراكز الشمسية أن تقلل من هذه الانبعاثات الضخمة لو أقيمت محطات شمسية لمواجهة نمو الطلب على الكهرباء وكى تحل محل المحطات التقليدية التى وصلت إلى نهاية الخدمة. بلغ حجم الاستثمار العالمى في البنية التحتية لقطاع الطاقة 158-168 مليار € سنوياً طوال حقبة التسعينات. وفي حالة ما إذا كانت قد أقيمت محطات للتركيز الشمسي في تلك الفترة لكان نصيبها قد بلغ حوالى 5% من هذا الاستثمار. كما تعتبر المراكز الشمسية وطاقة الرياح إضافة جديدة للإقتصاد فيما يسمى بـ "الصفقة الخضراء الجديدة".

شكل 1.0،

مقدار التجنب السنوي لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل من السيناريوهات الثلاثة



جدول 1.0،

الاستثمار وفرص العمل

2050	2030	2020	2015	السيناريو الأساسي
160	552	681	566	الأنشاءات السنوية (ميجاوات)
2,400	2,800	3,000	3,400	التكلفة (€/كيلووات)
0.383	1.546	2.043	1.924	استثمار (مليار € / عام)
19,296	17,736	13,739	9,611	التوظيف (وظيفة x عام)
السيناريو المعتدل				
40,557	19,895	12,602	5,463	الأنشاءات السنوية (ميجاوات)
2,280	2,660	2,850	3,230	التكلفة (€/كيلووات)
92.470	52.921	35.917	17.545	استثمار (مليار € / عام)
1,187,611	428,292	200,279	83,358	التوظيف (وظيفة x عام)
السيناريو المتقدم				
80,827	35,462	14,697	6,814	الأنشاءات السنوية (ميجاوات)
2,160	2,520	2,700	3,060	التكلفة (€/كيلووات)
174.585	89.356	39.683	20.852	استثمار (مليار € / عام)
2,106,123	629,546	209,998	89,523	التوظيف (وظيفة x عام)



المفهوم

على الرغم من توصل البشرية إلى مبادئ تركيز أشعة الشمس منذ أكثر من قرن مضى واستخدامها لبلوغ درجات حرارة مرتفعة ثم تحويلها إلى كهرباء فلم يبدأ إستغلال ذلك تجارياً إلا منذ منتصف الثمانينات. فقد تم إقامة أول محطة تركيز شمسي على نطاق واسع بصحراء موحافي (Mojave) في كاليفورنيا. بعدها بوقت قصير جداً شهدت هذه الصناعة تطوراً اقتصادياً وتكنولوجياً ضخماً. فلدى صناعة الطاقة الشمسية ميزة كبيرة وهي أن مصدرها ضخمة ومتجدد وهو الشمس قليلة المآل. ولقد تبين أن بإمكان محطات التركيز الشمسي أن توفر للمناطق التي تماثل ولاية كاليفورنيا في شدة إشماسها نفس الطاقة التي توفرها مزارع الرياح البحرية الضخمة في أوروبا. ويعتبر إستخدام تكنولوجيا التركيز الشمسي وسيلة لأنتاج كميات ضخمة من الكهرباء بإستخدام تكنولوجيا أكثر ملائمة للتخفيف من تغير المناخ وبتكلفة مقبولة إضافة إلى مساهمتها في التقليل من إستخدام الوقود الأحفوري. كما يمكنها توفير الطاقة في الأوقات الغير مشمسة عند إضافة تخزين للحرارة أو بالجمع بينها وبين الوقود الأحفوري (الغاز أو الفحم).



1

تركيز الطاقة الشمسية: الأساسيات

البيئة

من أهم فوائد التركيز الشمسي إمكانية استخدامه كبديل للوقود الأحفوري وبالتالي يمكن الحد من انبعاثات غازات ظاهرة الصوبة التي تسبب تغير المناخ. وللتدليل على ذلك نجد إن إقامة متر مربع واحد من المركبات يمكن أن يؤدي إلى تفادي انبعاث 200-300 كجم من ثاني أكسيد الكربون سنوياً. تتكون محطات التركيز الشمسي النموذجية من مئات المركبات المصطفة. وبدراسة دورة حياة مكونات المركبات وجد إنها تستغرق حوالي 5 أشهر لتعويض ما تستخدم من طاقة في صناعتها وتركيبها. ونظراً لإمكانية استمرار تشغيل المحطات الشمسية قرابة 40 عاماً مثلما أثبتت محطات موجافي (Mojave) بكاليفورنيا فتعتبر تلك النسبة جيدة. كما يمكن إعادة تدوير معظم مكونات محطات التركيز الشمسي أو استخدامها في محطات أخرى.

الأقتصاديات

تستمر تكلفة الطاقة الشمسية الحرارية في الإنخفاض حيث يعتلى تطور هذه التكنولوجيا منحنى يصعد بقوة. تشير خبرة الولايات المتحدة إلى إن التكلفة الحالية لتوليد الكهرباء هي قرابة 15 \$/سنت/كيلووات ساعة في المواقع التي تحظى بأشعاع شمسي متميز مع توقع هبوط السعر إلى 8 \$/سنت/كيلووات ساعة في بعض الظروف⁽²⁾. ويمكن تحديد العوامل المؤدية إلى خفض التكلفة في الآتي: المزيد من تطوير التكنولوجيا، الإنتاج النعطي لكميات ضخمة وتحسين التشغيل. فقد أدركت محطات التركيز الشمسي مستوى منافس للمحطات التقليدية التي تستخدم الوقود الأحفوري لتلبية الأحمال الأساسية وأحمال الذروة.

فإضافة المزيد من محطات التركيز الشمسي إلى شبكة الكهرباء من شأنه أن يثبت تكلفة توليد الكهرباء مع تفادي الإرتفاعات الحادة في أسعارها وذلك عندما يشح الوقود وتطبق ضريبة الكربون. يقوم تشغيل المحطات المهجنة على مبدأ استخدام وقودان معاً كالطاقة الشمسية المركزة أثناء النهار والوقود الأحفوري (أو الحيوي) أثناء الليل. ويمكن حالياً أن تنتج تلك المحطات كهرباء بأسعار تنافسية إذا ما حظت ببرامج تمويل خاصة. أما في حالة الجزر أو ريف المناطق النائية في الدول النامية فيكون مصدر الكهرباء إما بإقامة محطات توليد كهرباء شمسية صغيرة غير متصلة بالشبكة أو باستخدام محركات ديزل ومولدات تتميز بالصخب وتلويث البيئة وإرتفاع تكلفة التشغيل. وتوجد عدة عوامل ترفع من الجدوى الإقتصادية لمشاريع التركيز الشمسي مثل إصلاص قطاع الكهرباء وإرتفاع الطلب على الطاقة الخضراء (green power) وتطوير سوق الكربون العالمي لتوليد طاقة غير ملوثة. كما ستوفر آليات الدعم المباشر دفعة قوية مثلما حدث في بعض الدول كسفن قوانين لتعريف تغذية الشبكة أو كما أصدرت الولايات المتحدة (مواصفات محفظة الطاقة المتجددة) (RPS). وأخيراً وليس آخراً فإن إرتفاع أسعار الوقود الأحفوري سيجعل سعر توليد الطاقة الشمسية موازياً لسعر توليد الطاقة التقليدي. وبالرغم من الحاجة لتوفير استثمارات كبيرة للبدء في إنشاء محطات تركيز الطاقة الشمسية فإن 80 % من التكاليف تنفق في البناء وما يرتبط به من قروض و20 % فقط للتشغيل. وهذا يعني إنه بمجرد أن تسترد تكلفة المحطة خلال الـ 20 سنة الأولى ستحتاج بعدئذ فقط إلى تغطية مصاريف التشغيل والتي تعادل الآن حوالي 3 \$/سنت/كيلووات ساعة. وبذلك تصبح الكهرباء الشمسية المنتجة أرخص من أي كهرباء منافسة وتقارب تكلفتها التكلفة الرخيصة للكهرباء المولدة من محطات الطاقة المائية.

متطلبات تركيز الطاقة الشمسية

تستخدم مركّزات الطاقة الشمسية الحرارية ضوء الشمس المباشر المسمى "الإشعاع المباشر المتعامد" أي أن أشعة الشمس تصل إلى الأرض كأشعة متوازية مناسبة للتركيز لغياب ما يحجب قرص الشمس كالسحب أو الأبخرة أو الأتربة في الجو. ولذا فإن الأماكن المناسبة لإقامة محطات شمسية هي التي تصلها كمية كبيرة من الأشعاع المباشر - على الأقل 2,000 كيلووات ساعة على المتر المربع سنوياً. أما أفضل المواقع هي التي يصلها أكثر من 2,800 كيلووات ساعة على المتر المربع سنوياً.

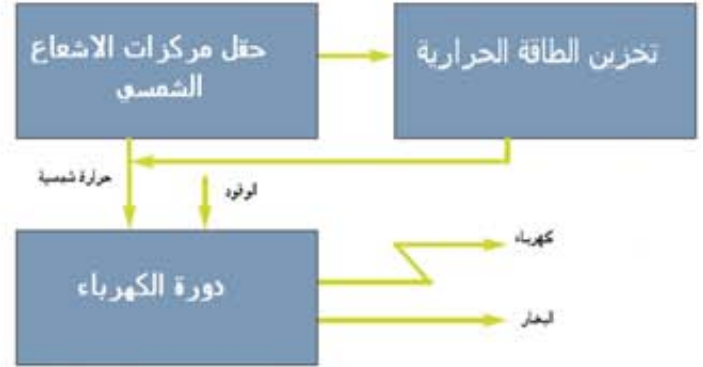
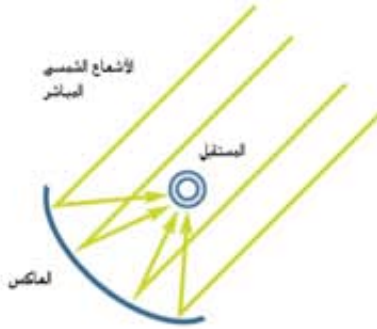
المواقع النموذجية للتركيز الشمسي هي المناطق الخالية من كميات كبيرة من الرطوبة والأبخرة والأتربة مثل السهول والأدغال والسافانا وأشباه الصحاري والصحاري التي تقع على خط عرض أقل من 40 درجة شمالاً أو جنوباً. وبالتالي فإن أكثر المناطق الواعدة هي الجنوب الغربي للولايات المتحدة وأمريكا الوسطى والجنوبية وشمال وجنوب أفريقيا والشرق الأوسط ودول حوض المتوسط ودول أوروبا المطلة على حوض المتوسط وإيران وصحاري الهند وباكستان والاتحاد السوفيتي سابقاً والصين وأستراليا.

يكفي كيلومتر مربع واحد في هذه المناطق لتوليد حوالي 100-130 جيجاوات ساعة من الكهرباء الشمسية في السنة باستخدام تكنولوجيا الطاقة الشمسية الحرارية. وهو ما يماثل ما ينتج من حرق فحم تقليدي أو غاز طبيعي بقدرة 50 ميجاوات في غير أوقات الذروة في محطات الطاقة التقليدية. وبذا يكون الناتج من محطات الحرارة الشمسية طوال دورة حياتها مساوياً للطاقة التي تكمن في أكثر من 5 مليون برميل من النفط.

تحتاج محطات التركيز الشمسي للتبريد عند ما يلعب بالطرف البارد في دورة التبرينة البخارية مثلما تحتاج محطات الطاقة التقليدية. ويستخدم التبريد التبخيري (بالماء) أو الجاف (بالهواء) تبعاً لتوافر الماء في الموقع من عدمه. ويحتاج التبريد الجاف إلى إستثمارات أعلى مما يؤدي إلى زيادة التكلفة بما يعادل 5-10%. ويمكن إستخدام التبريد المهجن لرفع أداء المحطة تبعاً لظروف الموقع ولكنه قيد المزيد من التطوير.

وتتميز المناطق المشمسة بإمكانات ضخمة للطاقة الشمسية تفوق الطلب المحلي مما يسمح بتصدير الكهرباء الشمسية إلى المناطق التي يرتفع فيها الطلب على الطاقة ولكنها أقل حظاً في مواردها الشمسية. وإذا تمكنت دول الحزام الشمسي من إستغلال طاقاتها الطبيعية بهذه الطريقة فسوف تشارك مشاركة فعالة في حماية مناخ العالم. كما تبحث العديد من الدول بجدية مثل ألمانيا إستيراد الكهرباء الشمسية من شمال أفريقيا وجنوب أوروبا لجعل قطاع الكهرباء بها أكثر استدامة. ويجب بالطبع الوفاء بالطلب المحلي أولاً في حالة أي تنمية مماثلة.

شكل 1.1: بيان تخطيطي لتركز
شمس وحملة توليد كهرباء وبخار
تركيز الطاقة الشمسية الحرارية.



شرح التقنيات

تستخدم العديد من التكنولوجيات لتجميع وتركيز أشعة الشمس ثم تحويلها إلى حرارة متوسطة أو عالية لتوليد الكهرباء بالطرق التقليدية أى باستخدام تربةينة بخارية أوغازية أو محرك "ستيرلينج". كما يمكن تخزين الحرارة الشمسية المنتجة خلال النهار في وسيط سائل أوصلب كالمح المنصهر أوالسيراميك أوالخرسانة أو في أملاح ذات الطور المتغير. ثم تستخرج تلك الحرارة في المساء من وسائل تخزينها كي تستمر التريينات في عملها بعد غروب الشمس. كما يمكن للمحطات الشمسية الحرارية التي تقوم بتوليد الكهرباء باستخدام الشمس فقط أن تعمل وحدها بكفاءة لتزويد أحمال ذروة وقت الظهيرة في فصل الصيف حيث تضيق المناطق الغنية في أسبانيا وكاليفورنيا أحمال تبريد ضخمة في ذات التوقيت. كما أنها تستطيع أن تعمل لفترات أطول باستخدام أنظمة تخزين الحرارة بل وستوفر أيضاً الطاقة اللازمة للأحمال العادية. ومثال على ذلك محطة أنداسول (Andasol) في أسبانيا بقدرة 50 ميجاوات التي زودت بمخزن حراري بسعة 8 ساعات تشغيل مما أدى إلى زيادة عدد ساعات تشغيلها السنوي من 1,000 إلى 2,500 ساعة. تستخدم محطات التركيز الشمسي مرابا تم تشكيلها بحيث تكون بؤرتها إما خط أو نقطة. تركز الأنظمة الخطية أشعة الشمس حوالى 100 ضعف محققة بذلك درجات حرارة تشغيل تصل إلى 550 درجة مئوية بينما يمكن للأنظمة النقطية التركيز لأكثر من 1,000 ضعف محققة درجات حرارة تفوق 1,000 درجة مئوية.

وهناك أربعة أنواع رئيسية من التكنولوجيات التجارية للتركيز الشمسي: تكنولوجيتان للتركيز الخطى وهما القطع المكافئ (Parabolic trough) والفرينيل (Linear Fresnel) بالإضافة الى تكنولوجيتان للتركيز في نقطة وهما المستقبل المركزى أو البرج الشمسي (Central receiver or Power tower) وطبق القطع المكافئ (Parabolic dish).

وهي تطوّر ملحوظ لتكنولوجيات المركّزات الشمسية منذ آخر إصدار لتقرير جرين بيس في عام 2005 أضيفت ثلاثة استخدامات جديدة للحرارة الشمسية بجانب توليد الكهرباء وهي إنتاج الوقود الشمسي، العمليات الصناعية وتحلية المياه.

ويعرض القسم الثانى من هذا التقرير معلومات عما حققته أنواع تكنولوجيا التركيز الشمسي المختلفة وتطور تكلفتها كما يناقش التقدم الملموس في وسائل تخزين الحرارة. ثم يستعرض القسم الرابع مدى تطور السوق وفقاً للتقسيم الجغرافى. ويحتوى ملحق I على قائمة شاملة لمحطات التركيز الشمسي العاملة منها أوالتى لاتزال تحت الإنشاء أو حتى المقترحة.



2

تكنولوجيا الكهرباء المولدة من التركيز الشمسي و تكاليفها

أنواع المركّزات:

المستقبل المركزي (Central receiver) أو البرج الشمسي (Solar tower)

(انظر الشكل 2)

تتبع مجموعة من المرايا الضخمة الملتفة حول البرج الشمسي حركة قرص الشمس طوال النهار فتتركز حرارة الشمس في نقطة أعلى البرج مثبت بها مستقبل مركزي معد لإمتصاص تلك الحرارة ونقلها إلى التربينات في صورة بخار محمص من خلال وسيط لنقل الحرارة. ويمثل الماء/البخار والأملاح المنصهرة والهواء أنواع الوسيط الحراري التي تمت تجربتها بنجاح حتى الآن. كما ثبتت إمكانية إستبدال الغاز الطبيعي بالهواء المضغوط الساخن (1,000 درجة مئوية أو أكثر) لتشغيل التربينات الغازية التقليدية بفرض الإستفادة من الكفاءة الحرارية المرتفعة (60 % أو أكثر) للتربينات الغازية الحديثة.

طبق القطع المكافئ (Parabolic dish)

(انظر الشكل 3)

يتتبع طبق القطع المكافئ الشمس طوال النهار بالحركة على محورين حتى يستمر تعامد قرص الشمس على الطبق طوال فترة التشغيل. وتركز المرايا العاكسة في طبق القطع المكافئ أشعة الشمس على المستقبل المثبت في بؤرة الطبق ثم تنقل حرارة المستقبل إلى وسيط حراري سائل أو غازي (أو هواء) فتسخنه حتى قرابة 750 درجة مئوية. ثم يدفع الوسيط الساخن إلى الجانب الآخر من المستقبل لتوليد الكهرباء في محرك ترددي أو محرك ستيرلنج أو تربينة صغيرة.

عاكس فرينييل الخطي (Linear Fresnel reflector)

(انظر الشكل 4)

تركز صفوف من العاكسات الشبه مسطحة أشعة الشمس على مستقبل خطي مرتفع مقلوب فتحول الماء الذي يجري في المستقبل تدريجياً إلى بخار. يشابه هذا النظام القطع المكافئ كونهما مركزان خطيان ولكنه يتميز عنه بإنخفاض تكاليف تصنيع العواكس وهياكلها وتركيبها كما يسمح ثبات المستقبل التخلي عن استخدام الوصلات الدوارة الضرورية للقطع المكافئ بالإضافة إلى إمكانية استخدام مرايا شبه مسطحة وذلك لطول مسافة البعد البؤري. وتبشر تلك المزايا بالفرينييل كبديل محتمل لتوفير الحرارة الشمسية المطلوبة في العديد من العمليات الصناعية المختلفة بدلاً من القطع المكافئ.

تنتج محطات التركيز الشمسي كهرباء على نحو مماثل للوسيلة التي تستخدمها محطات الكهرباء التقليدية وهي دفع البخار لتحريك التربينات. ويتمثل الاختلاف في إن الطاقة في حالة التركيز الشمسي تأتي من تحويل أشعة الشمس إلى بخار محمص أو غاز. ولتحقيق ذلك يجب توافر أربعة عناصر رئيسية هي: مركز ومستقبل ووسيلة لنقل الحرارة أو تخزينها بالإضافة إلى مولد للكهرباء. هناك عدة أنظمة ممكنة منها الإستعانة بتكنولوجيات الطاقات المتجددة الأخرى والطاقات الغير المتجددة. ويفضل إلى الآن في الولايات المتحدة الأمريكية وشمال أفريقيا إستخدام المحطات التي تجمع بين إستخدام الطاقة الشمسية والوقود الأحفوري. هذه المحطات المجمع تساهم على إنتاج أكبر كمية من الطاقة حتى في الأيام الأقل إشماساً. تظهر أهم المزايا والعيوب لكل نوع من أنواع تكنولوجيات الطاقة الشمسية في جدول 2.1 أما جدول 2.2 فيعطي نظرة عامة تقريبية لمراحل تطور التكنولوجيا الأساسية من حيث تركيبها وقدرتها على إنتاج الكهرباء.

أنظمة القطع المكافئ (Parabolic trough)

(انظر شكل 1)

يتتبع مركز القطع المكافئ قرص الشمس بالحركة على محور واحد عادة ما يكون محور شمالي جنوبي. تركّز المرايا المشكلة على صورة قطع مكافئ أشعة الشمس على ماسورة موضوعة في البؤرة الخطية لهذا المركز الشمسي. ويسرى داخل الماسورة سائل لنقل الحرارة كالزيت المصنع مثلاً حيث ترتفع حرارته إلى حوالى 400 درجة مئوية بفعل أشعة الشمس المركزة عليه. ثم يمرر السائل بعدئذ عبر سلسلة من المبادلات الحرارية وينتج بخار محمص ثم يتم تحويل البخار إلى طاقة كهربائية باستخدام تربينة بخارية تقليدية مقامة إما بمفردها أو كجزء من محطة دورة مركبة.

شكل 2.1-2.4

قطع مكافئ

(Parabolic trough)

مستقبل مركزي أو برج شمسي

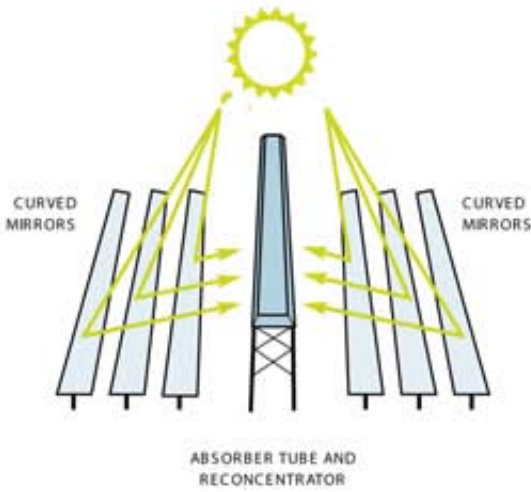
(Central receiver or Central tower)

طبق قطع مكافئ (Parabolic dish)

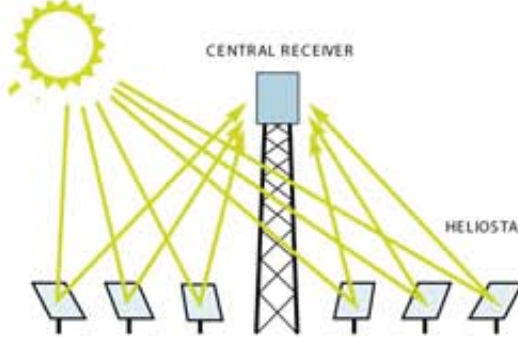
عاكس فريينيل خطي

(Linear Fresnel Reflector)

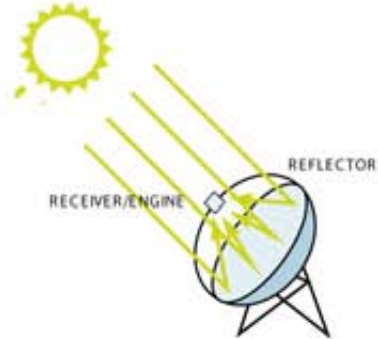
LINEAR FRESNEL REFLECTOR (LFR)



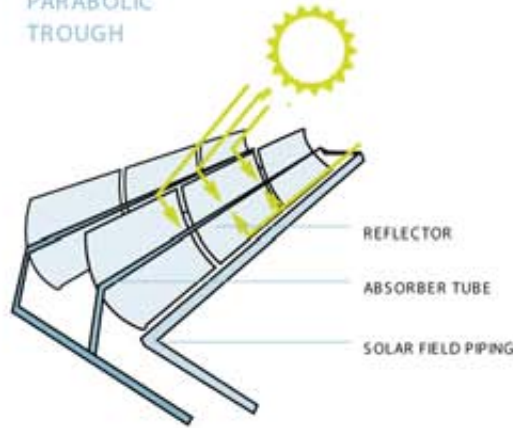
CENTRAL RECEIVER



PARABOLIC DISH



PARABOLIC TROUGH



جدول 2.2

خبرة التشغيل، القدرات المركبة
و كمية الكهرباء المولدة حسب نوع
التكنولوجيا (أرقام تقريبية)

نوع التكنولوجيا المستخدمة	القدرات المركبة في 2009 (ميغاوات)	الكهرباء المولدة حتى 2009 (ميغاوات)	القدرة التقريبية لمشاريع تحت الإنشاء والمشاريع المقترحة (ميغاوات)
قطع مكافئ	500	> 16,000	>1,000
برج شمسي	40	80	3,000
فريينيل خطي	5	8	500
طبق قطع مكافئ	0.5	4	1,000

جدول 2.1،

مقارنة بين أنواع
التكنولوجيا الرئيسية
لمحطات التركيز الشمسي

التطبيقات			
قطع مكافئ	مستقبل مركزي	طبق قطع مكافئ	عاكس هيرينيل خطي
محطات متصلة بالشبكة و عمليات صناعية عند حرارة متوسطة إلى مرتفعة	محطات متصلة بالشبكة و عمليات صناعية عند حرارة مرتفعة	نظام متكامل ومحطات صغيرة لغير متصلة بالشبكة أو مجمعة في محطات أكبر متصلة بالشبكة	محطات متصلة بالشبكة. أو توليد بخار كي يستخدم في محطات الطاقة التقليدية
أكبر المحطات قدرة حتى الآن (80 ميجاوات كهرباء) . اجمالي ما تم بناءه تعدى 500 ميجاوات وإجمالي ما تحت الإنشاء أو مقترح أكثر من 10 ميجاوات	أكبر المحطات قدرة حتى الآن (20 ميجاوات كهرباء) محطات تحت الإنشاء بقدرة كلية: 50 ميجاوات و 100 ميجاوات على الأقل تحت التخطيط	أكبر المحطات قدرة حتى الآن: 100 ميجاوات كهرباء. 100 ميجاوات مقترحة و 500 ميجاوات في استراليا و الولايات المتحدة	أكبر المحطات قدرة حتى الآن 5 ميجاوات في الولايات المتحدة. و 177 ميجاوات تحت الإنشاء.
المزايا			
- توجد محطات تجارية قائمة بالفعل. أكثر من 16 مليار كيلوات ساعة من خبرة التشغيل. احتمالات التشغيل عند 500 °C (400 °C أثبتت تجارياً) - تم إثبات متوسط كفاءة سنوى 14 % (كهرباء، منتجة نسبة إلى الإشعاع الشمسي الساقط على المحطة) تجارياً . - قيمة إستثمارات و تكاليف تشغيل مبنية على خبرة تجارية فعلية. - يمكن بنائها بصورة نمطية - إستغلال جيد لمساحة أرض الموقع - الافتقار لاحتياجاً للخامات - مبينة القدرة على التجهيز - يمكن إضافة تخزين حراري	- تم إثبات متوسط كفاءة عند حرارة تشغيل 565 °C مع إمكانية تشغيل عند درجات حرارة أعلى من 1,000 °C على المدى المتوسط - إمكانية التجهيز - إمكانية التخزين عند درجات حرارة عالية - أكثر ملائمة لإستخدام التبريد الجاف من القطع المكافئ أو الهرينيل - أكثر ملائمة للمواقع الغير مستوية	- متوسط كفاءة سنوى مرتفع يتعدى 30 % - سريع التجهيز - يمكن بنائها بصورة نمطية - إمكانية مثلي لإدماج التخزين الحراري في المحطات الكبيرة - خبرة عملية في تشغيل المحطات الأولى - سهولة التصنيع و الإنتاج بطريقة نمطية - لا تحتاج دورتها إلى مياه تبريد.	- يستخدم مرآيا مسطحة متوفرة بالأسواق بشكل في الموقع مما يقلل من تكاليف التصنيع - إمكانية التجهيز - إستغلال ممتاز لمساحة الأرض في وقت التطوير
العيوب			
الإعتماد على الزيت كوسيط لتقليل للحرارة بعدد من درجات حرارة التشغيل إلى 400 °C حالياً مما يؤدي إلى إنتاج بخار متوسط الجودة	ما زالت توقعات الأداء السنوى وتكاليف البناء و التشغيل بحاجة إلى قدرات قائمة أكبر كي تقيم بدقة	- لم تقيم محطات تجارية بقدرة كبيرة بعد - لم تثبت توقعات إنخفاض التكلفة بزيادة الإنتاج بعد - صعوبة التوسيل بالشبكة - ما زالت إمكانية إضافة وفود آخر للتجهيز قيد البحث و التطوير	دخلت مؤخراً للأسواق بمحطات صغيرة حتى الآن

القطع المكافئ (Parabolic trough)

تعد مركبات القطع المكافئ الأكثر نضجاً بين باقي تكنولوجيات التركيز الشمسي بالإضافة إلى نجاحها التجاري وقد تم تركيب أول مركز قطع مكافئ بالقرب من القاهرة بمصر عام 1912 لتوليد بخار لضخ مياه الري للأراضي الزراعية باستخدام محرك بخاري. وأعتبرت تلك الوسيلة حينئذ منافسة لاستخدام الفحم حيثما كان سعره مرتفع تركزه هذه الأنظمة أشعة الشمس 100-70 مرة على أنابيب الإمتصاص لتصل حرارة التشغيل ما بين 350 إلى 550 درجة مئوية. المائع الناقل للحرارة الذي يضخ بالأنابيب الماصة للحرارة ينقل الطاقة الحرارية لتدخل في دورة التربينات التقليدية البخارية. تستخدم معظم المحطات الزيت الحراري المصنع لنقل الحرارة. هذا الزيت الحراري يستخدم لإنتاج بخار محمص عند ضغط عالي والذي يغذي بعد ذلك التربينات الحرارية الموصلة بالمولد لتوليد الكهرباء درجة الحرارة القصوى لهذا الزيت الحراري هي 400 درجة مئوية مما يحد من كفاءة التحويل التي تحدث داخل التربينات ولذا يحاول الباحثين تحسين الأداء إما باستخدام التوليد المباشر للبخار في الأنابيب الماصة أو باستخدام الملح المنصهر ويوجد الآن نماذج تجريبية تبني باستخدام هاتين الوسيلتين

حجم مشاريع القطع المكافئ التي تعمل حول العالم في الوقت الراهن يتراوح ما بين 14 و 80 ميجاوات وتنتج ما يزيد عن 500 ميجاوات من الطاقة الكهربائية. أنشئ في جنوب كاليفورنيا تسعة محطات تشغل مساحة 2 مليون متر مربع من المرايا وقد بدأ توصيلها بشبكة الكهرباء عام 1980 وسميت "نظام توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية"

(Solar Electricity Generating Systems) (SEGS). ويعد توقف الصناعة لفترة أستؤنف بناء محطات القطع المكافئ التجارية بإقامة محطة نيفادا الشمسية الأولى (Nevada Solar One) بقدرة 64 ميجاوات المملوكة لشركة أكسيونا والتي تنتج 130 جيجاوات ساعة من الكهرباء سنوياً. وفي إسبانيا فإن مشروع أنداسول (Andasol) وسولنوا (Solnova) الذين ما زالا تحت الإنشاء سوف ينتجا قدرة تعادل 250 ميجاوات، وقد تم بالفعل عرض أكثر من 14 مشروع من نفس النوع منذ تقديم تعريف التغذية. ويعتبر مركز سولانا هو أكبر مركبات القطع المكافئ المقترحة و يجري التخطيط لموقع له في نيفادا.

أنشأت (سولار ميلينيوم/كوبرا) (Solar Millennium/ ACS) محطة أنداسول لتوليد الكهرباء بالطاقة الشمسية الحرارية المركزة. وتستخدم المحطة الزيت المصنع كوسيط لنقل الحرارة. وتعد الأولى من نوعها في استخدام التصميم الأروبي للقطع المكافئ (Euro Trough design) وتكنولوجيا التخزين الحراري باستخدام الملح المنصهر بحجم يناهز المحطات التقليدية لتغذية المرافق. ويستخدم الزيت المصنع كوسيط لنقل الحرارة في محطات أخرى مثل (SEGS) بكاليفورنيا وسولنوا (Solnova) بإسبانيا بينما هناك محطات تحت الإنشاء تخطط للأستغناء عن الزيت المصنع ليتم توليد البخار مباشرة داخل مواسير الإستقبال الحراري. ويعد توليد البخار مباشرة وسيلة فعالة لنقل الحرارة بكفاءة أعلى وبتكلفة تقل بنحو 15-20 % عن الزيت المصنع.

سيجس (SEGS) وسولنوا (Solnova) يستخدمان نظام حرق الغاز الطبيعي لتشغيل المحطة في الأيام الغير المشمسة. وتعتبر المركبات ذات القطع المكافئ من النظم التي تتلائم مع نظام التهجين هذا والذي يسمى (ISCC) (Integrated Solar Combined Cycle) والذي يسمح بتوليد البخار إما باستخدام الشمس أو بواسطة الوقود الأحفوري والذي غالباً ما يكون الغاز الطبيعي. وقد طرحت عطاءات في كل من الجزائر ومصر والمغرب لإنشاء محطات (ISCC) والتي ستشكل خطوة فاصلة لأنضمام الطاقة الشمسية لمزيج الطاقة.

دراسة حالة إستخدام التخزين الحرارى محطات انداسول - (Andasol Plants)

تتكون محطة أنداسول- 1 من 624 مجمع قطع مكافئ أوروبى (EuroTrough) من طراز (Skal-ET) مصطفة في 168 دائرة متوازية. بدأت إختبارات تشغيل أنداسول- 1 في خريف 2008 أما أنداسول 2 و3 فمازالا تحت الإنشاء في جنوب أسبانيا بإجمالى طاقة كهربائية مولدة حوالى 180 جيغاوات ساعة سنوياً ومساحة مجمعات أكثر من 510,000 متر مربع. ما يساوى مساحة 70 ملعب كرة قدم.

تبلغ قدرة كل محطة من محطات أنداسول الثلاثة 50 ميجاوات من الكهرباء. بالإضافة إلى التخزين الحرارى. وقد صممت المحطة بحيث يكون التبادل الحرارى بين المائع الناقل للحرارة والذي يجرى في الحقل الشمسى وبسيط التخزين وهو الملح المنصهر ودورة الماء / البخار تبادلاً أمثل. ويمكن هذا التخزين الكامل للحرارة التربة أن تعمل لمدة 7.5 ساعة بكامل طاقتها حتى مع هطول الأمطار أو بعد فترات طويلة من غروب الشمس. يحتوى المخزن الحرارى على 28,000 طن من الملح المنصهر داخل سهريجين بقطر 36 متر وارتفاع 14 متر لكل منهما. وستعد أنداسول- 1 200,000 أسرة بالكهرباء وستجنب إنبعاث حوالى 149,000 طن ثانى أكسيد كربون سنوياً إذا قورنت بمحطة حديثة تدار بالفحم.

الصور
من محطات
SEGS الطاقة الشمسية بالبحرين
— أول محطة تجارية في العالم تركز
الطاقة الشمسية باستخدام الملح المنصهر



دراسة حالة

SEGS - تجربة رائدة

شيدت شركة أمريكية/إسرائيلية تدعى لوت (Luz) تسع محطات في صحراء موجافي بكاليفورنيا ما بين عامي 1984 و1991 وتسمى مجتمعة "نظام توليد الطاقة الشمسي" (SEGS). وتبلغ قدرة المحطة الأولى 14 ميجاوات والمحطتين الأخيرتين 80 ميجاوات لكل منهما. تستخدم المحطات البخار المولد بالطاقة الشمسية بمساعدة من الغاز الطبيعي بحد أقصى 25%. تغطي أنظمة القطع المكافئ مساحة 2 مليون متر مربع وبلغت تكلفتها 1.2 مليار \$ قدمها رأس المال المخاطر من خلال مؤسسات استثمارية. وفي البداية واجهت (Luz) صعوبات في تحقيق أرباح وذلك بسبب تذبذب سعر الطاقة في السوق بالإضافة إلى مصاعب ضريبة وبالرغم من تلك المصاعب فلقد تم إقرار التكنولوجيا والتأكد على طول عمر المحطات الشمسية. ويبلغ الإنتاج الحالي للمحطات الثلاثة القائمة عند كرامر جانتكشن (Kramer junction) وحدها 800-900 مليون كيلووات ساعة تضخها في شبكة كهرباء كاليفورنيا كل عام ليبليغ بذلك المقدار الإجمالي من الكهرباء المولدة قرابة الـ 9 مليار كيلووات ساعة وهو ما يمثل نصف الكهرباء المولدة بالطاقة الشمسية في العالم إلى الآن. كما نجحت خبرة الإدارة في خفض مصاريف التشغيل والصيانة لمحطات (SEGS) إلى ثلث ما كانت عليه عند إنشائها. كما أحرزت الشركات المصنعة لأجزاء القطع المكافئ تقدماً ملحوظاً في تحسين أنابيب الاستقبال وعززت معرفتها بأسس العمليات الصناعية الشمسية وكيفية تناعم أجزاء المحطة ككل. كما يتعدى معامل الإنتاجية السنوية للمحطات دوماً الـ 99% ومن المدهش أن مستوى أداء المحطة قد انخفض بحوالي 3% فقط بعد عشرون عاماً من التشغيل.

المصدر: سولار بيسيس (SolarPACES)

المستقبل المركزي (Central receiver)

يستخدم المستقبل المركزي (أو البرج الشمسي) حقل من المرايا المنتشرة- هيليوستات- والتي تستطيع كل مرآة فيه أن تتبع الشمس منفردة ثم تركزها على قمة البرج. ويتركز أشعة الشمس من 600 إلى 1.000 مرة يمكن الوصول إلى درجات حرارة من 800 إلى أكثر من 1.000 درجة مئوية. هذه الطاقة الشمسية يمتصها المائع المستخدم في التشغيل ثم يحولها إلى بخار لتشغيل التربينات التقليدية. وقد أثبتت تجارب امتدت على مدار 15 عاماً على نطاق العالم أن الأبراج الشمسية يمكنها أن تعمل بكفاءة باستخدام وسائل مختلفة لنقل الحرارة (البخار أو الهواء أو الملح المنصهر) كما يمكنها أيضاً أن تعمل بكفاءة مع استخدام تشكيلات مختلفة للمرايا (هيليوستات). تستخدم درجات الحرارة العالية المولدة في البرج الشمسي ليس فقط في إمداد التربينات البخارية بالبخر اللازم لكن يمكنها أيضاً تشغيل التربينات الغازية مما يستكمل احتياجات نظام الدورة المركبة. هذه الأنظمة المتعددة يمكنها تحقيق كفاءة حرارية تبلغ 35% عند الذروة و 25% فقط في الأوقات الأخرى عند أقرانها بالدورة المركبة .

شهدت أوروبا وأمريكا في الثمانينات والتسعينات ظهور المحطات التجريبية المبكرة مثل سولجيت (SOLGATE) في أسبانيا التي اعتمدت على تسخين الهواء المضغوط وسولار2- (Solar II) بكاليفورنيا التي استخدمت الملح المنصهر كناقل للحرارة وكمخزن لها أيضاً بغرض الاستخدام الليلي بالإضافة إلى مشروع جاست (GAST) في أسبانيا الذي استخدم أنابيب معدنية وأنابيب مصنوعة من السيراميك لتخزين الحرارة. وقد بدأ مشروع فيبس (PHOEBUS) في التسعينيات مفهوم استخدام المستقبل الحجمي عندما استخدم شبكة من السلك عرضت مباشرة للأشعاع الشمسي وفي نفس الوقت يتم تبريدها بالهواء المتدفق وقد بلغ التسخين في المستقبل 800 درجة مئوية وتم استخدامه لتشغيل دورة بخار بقدرة 1 ميجاوات. وقد أدت برهنة التكنولوجيا إلى قيام مشاريع مميزة في أسبانيا مثل حديقة سان لوكار الشمسية (Sanlucar Solar Park) والبرج الشمسي PS-10 بقدرة 11 ميجاوات والبرج الشمسي PS-20 بقدرة 20 ميجاوات. كما تطور شركة أمريكية تكنولوجيا الأبراج المتفرقة ذات الحرارة العالية والكفاءة المرتفعة ولدي الشركة تعهد بشراء كهرباء حتى 500 ميجاوات ويتوقع تركيب ال 100 ميجاوات الأولى منه في عام 2010.

دراسة حالة

PS-10 و PS-20

أول برجين شمسيين تجاريين في العالم

ناقش تقرير جورين بيس السابق مشروع PS-10 وهو برج شمسي قدرته 11 ميجاوات ولديه مستقبل مركزي. يعمل هذا البرج الذي أنشأته شركة أبينجوا (Abengoa) الآن بكامل طاقته كما تقوم نفس الشركة الآن ببناء PS-20 والذي يبلغ حجمه ضعف حجم PS-10.

لدى المحطتان القدرة على التخزين الحراري والتي تسمح بقدرة إنتاج كاملة لمدة نصف ساعة حتى بعد مغيب الشمس. يساعد التخزين الحراري في هذه الحالة على دعم توليد الكهرباء في ظل ظروف الاشماس الغير جيدة. بالإضافة إلى ذلك فإن محطة PS-10 يمكنها أن تستخدم الغاز الطبيعي للمشاركة بـ 12-15 % من إنتاج الكهرباء. يولد PS-10 24.3 ميجاوات من الكهرباء النظيفة سنوياً والتي تكفي لأمداد 5,500 أسرة بالكهرباء. تبلغ مساحة الحقل الشمسي في محطة PS-10 75,000 متر مربع تغطي 624 (Sanlucar heliostat) تتبع فيه كل هيلوستات الشمس على محورين ثم تركز أشعتها على المستقبل المثبت أعلى البرج الذي يبلغ ارتفاعه 115 متر. يحول المستقبل 92 % من الطاقة الشمسية المستقبلة إلى بخار. بني PS-20 في نفس الموقع

(the Plataforma Solar Sanlucar la Mayor)

بجنوب أسبانيا ويعمل بنفس الطريقة ويبلغ ارتفاع البرج فيه 160 متر ويحتوي على 1,255 هيلوستات كما سيهد PS-20 12,000 منزلاً بالكهرباء.

المصدر: موقع شركة أبينجوا (Abengoa)



دراسة حالة

1 Invanpah

أكبر تعاقد لمشروع برج شمسي حتى الآن

حظت الشركة الناشئة Bright Source Energy التي بدأت بشمال كاليفورنيا بفرصة مشرقة لتنمية تكنولوجيا الأبراج المتفرقة التي تستخدم الحرارة المرتفعة والكفاءة العالية. فقط تقدمت Bright Source Energy بطلب للموافقة على إنشاء محطة بقدرة توليد كهرباء كلية 400 ميغاوات في Invanpah، بيشيفادا باستخدام تلك التكنولوجيا بتكلفة تقارب \$ 4,500 / كيلووات، ولقد نصبت شركة (Luz II)، المملوكة لها بالكامل والتي قامت ببناء محطات SEGS في الثمانينات، كمطور لهذه التكنولوجيا، وتنتظر Bright Source Energy موافقة لجنة الطاقة بكاليفورنيا كن تبدأ في إقامة الـ 100 ميغاوات الأولى بحلول عام 2010 ثم يليها بمترة قصيرة الـ 300 ميغاوات الباقية. المصدر: موقع Brightsource Energy.

طبق القطع المكافئ (Parabolic dish)

طرحت شركة (Wizard Power) الأسترالية

بالأسواق طبق تبلغ مساحته 500 متر مربع

يستخدم تكنولوجيا الطبق الكبير

(BIG DISH). وتستخدم الشركة الناشئة

لتخزين طاقة الشمس بوسيلة كيميائية حرارية

لحين الإحتياج لها لتوليد الكهرباء. مما يتيح مواصلة

توليد الكهرباء أثناء الليل أو تحت ظروف جوية غير

مواتية للتغطية المستمرة للحمل الأساسي وأحمال

الذروة عند الطلب.

تعتبر الأطباق المكافئة أنظمة نمطية ولذا فيمكن نظرياً

تكرارها لتغطية مساحات ضخمة. وقد حصلت شركة

SES على اتفاق لتوريد كهرباء مولدة من مجموعة

ضخمة من أطباق القطع المكافئ تبلغ 20,000

طبق في صحراء موجافي (Mojave Desert)

بكاليفورنيا ولكن مرت سنوات على إقتراح هذا

المشروع دون أن تبدأ عملية الإنشاء. وقد أقرحت

شركة "Wizard Technology" القائمة

على تسويق الطبق الكبير "BIG DISH"

مشروعاً لإقامة محطة بقدرة 100 ميجاوات لإمداد

مصنع لتصنيع الصلب بالقرب من وايالا

(Whyalla) بأستراليا يفترض إفتتاحه خلال

عام 2009 .

تتكون مركبات طبق القطع المكافئ من وحدة واحدة تحتوي على

موتور مولد مثبت على النقطة البؤرية في العاكس.

ترتكز وحدة الموتور المولد إما على محرك ستيرلنج أو على تربية

غازية صغيرة. وقد تم تشغيل عدة نماذج من هذه الأطباق ذات

المحركات بنجاح خلال السنوات العشر الماضية تتراوح قدراتها

بين 10 كيلووات (Schlaich, Bergermann and Partner design)

و 25 كيلووات (SAIC) وحتى 100 كيلووات (الطبق الكبير)

"the Big Dish" هي (الجامعة الأسترالية الوطنية).

ويمكنها ان تعمل بأضافة الوقود الأحفوري أو الوقود الحيوي لتوفير

قدرة ثابتة في كل وقت كما هي كل أنظمة التركيز. وبسبب أحجامه

فهى مصممة على اللامركزية هي توصيل الطاقة وعلى نظم طاقة

كهربائية قائمة بذاتها عن بعد. عملت مجموعة أوروبية مع شركاء

من الصناعة وآخرين من البحث العلمى في إطار المشروع الأوروبي

(EURO-DISH) على تطوير مركز طبقى بشكل القطع المكافئ

بقدرة 10 كيلووات يستخدم محرك ستيرلنج بهدف توفير وسيلة

اقتصادية لتوليد الكهرباء للمناطق النائية. كما تسوق شركة

(SES) (Stirling Energy Systems) نظام يسمى

"Solarcatcher" يتكون من طبق قطره 38 قدم مركب عليه 82

مرأة زجاجية مشكلة مساحة كل منها 3 4X قدم لتوليد الكهرباء

بقدرة 25 كيلووات ينتجها مولد مزود بمحرك ستيرلنج ترددي

يحتوى على أربع إسطوانات. كما سجلت شركة

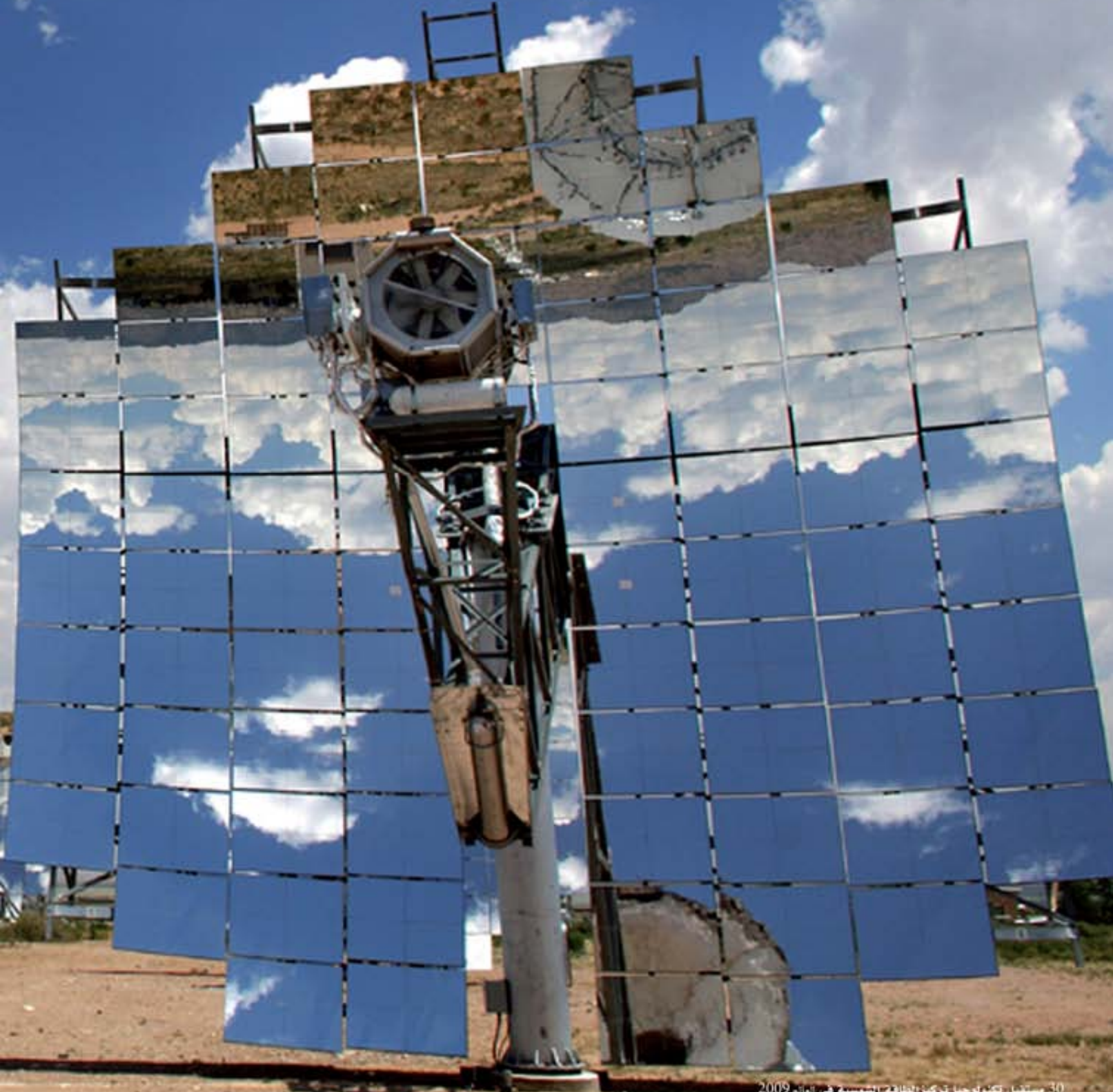
(Stirling Energy Systems) رقم قياسى لكفاءة تحويل

الحرارة الشمسية إلى كهرباء تبلغ 31.25 % في تجربة اقامتها

في نيوميكسيكو عام 2008.⁽³⁾

مستقبل تكنولوجيا تركيز
الطاقة الشمسية في
العالم 2009

جورين بيس،
سولار بيسيس و استلا



دراسة حالة كيمبرلينا - أول فريينيل تجارى

تعتبر محطة كمبرلينا التى أقامتها شركة أوزرا (Ausra) فى مدينة بيكرزفيلد (Bakersfield) بكاليفورنيا أول محطة شمسية حرارية تستخدم تكنولوجيا الفريينيل فى أمريكا الشمالية كما تعد أيضاً أول محطة شمسية حرارية تنشأ فى كاليفورنيا بعد توقف دام 15 عاماً. وقد تم تجهيز المرايا المستخدمة فى كمبرلينا فى مصنع يتبع شركة أوزرا فى لاس فيجاس بولاية نيفادا الأمريكية.

وتقوم المرايا بتركيز طاقة حرارية تبلغ حوالى 25 ميجاوات لتشغيل تربية بخارية فى محطة لتوليد الكهرباء مجاورة لموقع كمبرلينا. كما صرحت شركة أوزرا أنها قد صممت كمبرلينا لتنتج كمية بخار تكفى لتوليد 5 ميجاوات من الطاقة الكهربائية المتجددة وهو ما يمثل إحتياجات 3.500 أسرة من الكهرباء فى وسط كاليفورنيا.

وتعيد كمبرلينا عرض تكنولوجيا الفريينيل التى جريت سابقاً فى منطقة هانتر فالى (Hunter Valley) الشهيرة بمناجم الفحم فى أستراليا، كإضافة لمحطة قائمة لتوليد الكهرباء تستخدم الفحم. أما تكنولوجيا الفريينيل الخطى المدمج فتصمم لتوليد البخار المباشر أيضاً ولكن تكلفة إقامتها تقل عن بعض الأنواع الأخرى من المراكز الشمسية الحرارية. ويتولد البخار داخل المستقبل مباشرة يسهل أدماج الحقل الشمسى مع أجزاء المحطة الأخرى سواء فى المحطات القائمة بالفعل أو المحطات المزمع إنشاءها وتنتج الكهرباء مباشرة بتكلفة منافسة لإستخدام الغاز الطبيعى عند أوقات الذروة.

وتعمل شركة أوزرا حالياً على إقامة محطة للطاقة الشمسية الحرارية بقدرة 177 ميجاوات لحساب شركة (PG&E) بكاريزو بليينز (Carrizo Plains) غرب بيكرزفيلد بإستخدام مكونات تجهز فى مصنعها بنييفادا. المصدر: الموقع الإلكتروني لشركة أوزرا (Ausra).

عاكس فريينل الخطى (linear Fresnel reflector)

يتزايد الأهتمام بعاكس فريينيل الخطى وتعمل شركة أوزرا (Ausra)

على تطوير هذا النظام فى الولايات المتحدة الأمريكية بعدما أقامت فى عام 2003 محطة تجريبية بقدرة 1 ميجاوات فى شرق أستراليا تغذى بالبخر الشمسى محطة قائمة لتوليد كهرباء تستخدم الفحم. وتقوم حالياً بمضاعفة قدرة تلك المحطة التجريبية كذلك أقامت فى الولايات المتحدة الأمريكية محطة بقدرة 5 ميجاوات وتخطط لإنشاء أخرى بقدرة 177 ميجاوات. أقامت شركة أوزرا مصنعاً فى نيفادا به خط إنتاج يقوم باللحام / والتجميع للمرايا المستخدمة فى الفريينيل الخطى آلياً. ويقوم بتصميم نظام فريينيل على إستخدام مواد ومكونات منخفضة التكلفة للعاكس والأنبوب المستقبل. وبالرغم من التدنى النسبى لأداءه الضوئى وكمية الحرارة المنتجة منه إلا أن تلك الخسارة يعوضها إنخفاض تكاليف أنشاؤه وتشغيله وصيانته. كما يوفر الفريينيل أسفله منطقة شبه مظلمة مناسبة تماماً للمناخ الصحراوى حيث توفر الظل للمحاصيل والمراعى كما تحمى مجارى المياه من التبخر الزائد. بالإضافة الى توفير مأوى من سماء الصحراء الباردة ليلاً. وقد أتمت شركة نوفاتك حديثاً توصيل محطة PE-1 التى تستخدم عاكس فريينيل الخطى لتوليد الكهرباء بقدرة 1.4 ميجاوات بالشبكة فى كالاسبرا فى ولاية مورسيا بجنوب أسبانيا .



إتجاهات تكلفة المركّزات الشمسية الحرارية

وكما هو الحال في كل محطات المركّزات الشمسية الحرارية فإن إنشاء محطات جديدة يتطلب إستثمارات عالية في البداية. فعلى مدار عمر المحطة تمثل تكاليف البناء وما يرتبط بها من قروض حوالي 80 % من رأس المال وتمثل مصاريف التشغيل والصيانة ال 20 % الباقية. ولذلك فمن المهم أن تثق المؤسسات المالية في هذه التكنولوجيا الجديدة. ولئن تمكّن محطات الطاقة الشمسية الحرارية من منافسة المحطات التقليدية التي تعمل بالوقود الأحفوري لتلبية الحمل المتوسط إلا إذا توفرت لها الإستثمارات الكافية دون إضافة أعباء فائدة إضافية لتغطية مخاطر التكنولوجيا. وبعدما تسترد قيمة رأس المال المستثمر في المحطة بعد 25-30 عام فإن ما يتبقى فقط هو مصاريف التشغيل البالغة حوالي 3 سنت/كيلووات ساعة حالياً لتصبح الكهرباء المنتجة أرخص من أي منافس وتشابه فقط محطات الطاقة المائية التي أتمت سداد رأسمالها أيضاً. كانت هنالك فجوة دامت قرابة ال 15 عاماً ما بين الإنهاء من بناء محطة SEGS التاسعة بكاليفورنيا عام 1992 وبين توصيل أحدث محطتين PS-10 في أسبانيا ونيفاذا الشمسية الأولى (Nevada Solar one) بالشبكة. ولذا فقد أضطر الوافدون الجدد على هذه الصناعة إلى إعادة تقييم تكاليف و مخاطر إنشاء محطات تركيز شمسي تبعاً للسوق الحالي. وتشير الدلائل إلى دخول مصاريف التشغيل مرحلة التحسن المنتظم حيث أنها هبطت من 8 سنت/ كيلووات ساعة إلى 3 سنت/ كيلووات ساعة⁽⁴⁾ حيث أصبحت تتوافر مكونات قطع مكافئ أعلى كفاءة مما سيؤدي إلى المزيد من خفض تكلفة التشغيل.

لا يعرف الكثير عن التكلفة الحقيقية للكهرباء المولدة باستخدام التكنولوجيا الأخرى حيث أن الأمثلة الأولى أقيم بعضها فقط منذ سنوات قليلة والبعض الآخر ما زال تحت الإنشاء. بيد أنه يسود اعتقاد عام أن الأبراج الشمسية سوف تنتج كهرباء بتكلفة أرخص من محطات القطع المكافئ.

معظم المعلومات المتوافرة عن تكلفة المركّزات الشمسية تخص تكنولوجيا القطع المكافئ وذلك لأنها تمثل غالبية المحطات القائمة بالفعل حتى الآن. وتشير التوقعات إلى إنه عند إقامة محطة جديدة في ظروف إشماس الجنوب الغربي الأمريكي مستخدمة آخر ما وصلت إليه تطورات تكنولوجيا القطع المكافئ سيمنحها توليد كهرباء اليوم بتكلفة تناهز 10-12 \$/سنت / كيلووات. أما في أسبانيا فإن السعر المكافئ للكهرباء المنتجة بتكنولوجيا القطع المكافئ تكون أعلى مما هي عليه في أمريكا حيث تبلغ 23 \$/سنت / كيلووات ساعة ولكن عموماً هذا السعر أخذ في الانخفاض. أظهرت الخبرة التجارية المكتسبة من تشغيل محطات SEGS التسعة منذ إقامتها ما بين 1986 و 1992 في كاليفورنيا، والتي ماتزال بالخدمة، إن التكلفة قد أنخفضت بحوالي ثلثي القيمة بحلول عام 2004.

فقد كانت تكلفة توليد الكهرباء 44 \$/سنت / كيلووات (25 \$/سنت/كيلووات بقيمة عام 1985) في محطة SEGS الأولى بقدرة 14 ميجاوات وأستمرت التكلفة في الانخفاض حتى وصلت إلى 17 \$/سنت/كيلووات عند تشغيل محطة SEGS التاسعة بقدرة 80 ميجاوات.

ويتوقع مزيد من الانخفاض في سعر توليد الكهرباء بإستخدام محطات التركيز الشمسي في المستقبل مع زيادة قدرة كل محطة من المحطات الجديدة وتسارع معدل إنتشارها وأزدياد قوى المنافسة ومع التوسع في التخزين وإستحداث موانع نقل الحرارة وتحسين عمليات التشغيل والصيانة.

تكنولوجيات تخزين الحرارة

تزيد إضافة تخزين الحرارة من قدرة محطات التركيز الشمسي على تلبية الطلب المستمر على الكهرباء. حيث تعني تلك الإضافة إمكانية تلبية المحطة للطلب في أوقات اليوم الأخرى وليس فقط في أوقات الأشمس الشديد. تعمل تكنولوجيا تخزين الحرارة على الاحتفاظ بجزء من الطاقة الحرارية التي يجمعها الحقل الشمسي كي تحول إلى كهرباء في أوقات لاحقة من اليوم. يقوم تخزين الحرارة بعملية توافق بين العرض والطلب وكذلك يمكنه أيضا زيادة كمية الطاقة المنتجة من المحطة متجاوزاً بذلك حدود القدرة القصوى للتربة إذا ما تم تشغيلها أثناء النهار فقط. لذلك يتعين زيادة مساحة المركبات الشمسية في حالة التخزين مقارنة بمحطة غير مزودة به. وبذا ستتمكن المحطات التي تمتلك إمكانية للتخزين من التشغيل بمعامل قدرة يقارب 100% مثلما هو الحال في محطات الوقود الأحفوري. مما يؤدي بمحطات التركيز الشمسي إلى توفير الأحمال الأساسية من الكهرباء في الأماكن المناسبة لإقامتها. يستلزم تصميم التخزين الشمسي أن يستخدم تكنولوجيا تتفق مع التكنولوجيات المستخدمة في الأشكال المختلفة لمحطات التركيز الشمسي مثل نوع مانع نقل الحرارة المستخدم ومستويات درجات حرارة وضغوط التشغيل كذلك مستويات قدرة وطاقة المحطات. وبذلك لكي يصبح نظام التخزين الحراري إقتصادياً وعالي الكفاءة فينبغي العناية باختيار نوع مادة تخزين تتوافق مع المواصفات المتعددة للمحطة. يمكن تصنيف تكنولوجيات التخزين إلى نوعين التخزين المباشر والغير مباشر. وتستخدم تكنولوجيا التخزين الغير مباشر مبادل حراري حيث تنقل الحرارة الشمسية من المائع الذي يسري في الحقل الشمسي، عادة زيت مصنع، إلى مانع التخزين الذي عادة ما يكون ملح منصهر.

التخزين الغير مباشر باستخدام الاملاح المنصهرة

تعتبر محطة انداسول 1 (Andasol-1) بجنوب أسبانيا مثالاً على استخدام هذا النوع من التكنولوجيا. حيث تستخدم صهاريج باردة (حوالي 290 درجة مئوية) وصهاريج ساخنة (حوالي 390 درجة مئوية) سعة كل منهما 29,000 طن من الملح المنصهر. تمرر الأملاح الباردة خلال مبادل حراري يسري به زيت يحمل حرارة المركبات الشمسية لتسخن في طريقها للصهاريج الساخن حيث تخزن لحين استخدامها لاحقاً. ولأستخراج الحرارة تدفع العملية في الاتجاه العكسي خلال المبادل الحراري حيث تنتقل الحرارة للزيت مرة أخرى فيكتسب القدرة على إنتاج البخار اللازم لتحريك التربة. ويعد استخدام الزيت المصنع لنقل الحرارة من مميزات هذه العملية حيث إنه يعتبر تكنولوجيا أثبتت فاعليتها. أما الجانب السلبي فهو ارتفاع تكلفة المبادل الحراري مما يرفع من مبلغ الأستثمار المطلوب لأقامة المحطة.

التخزين المباشر للبخر

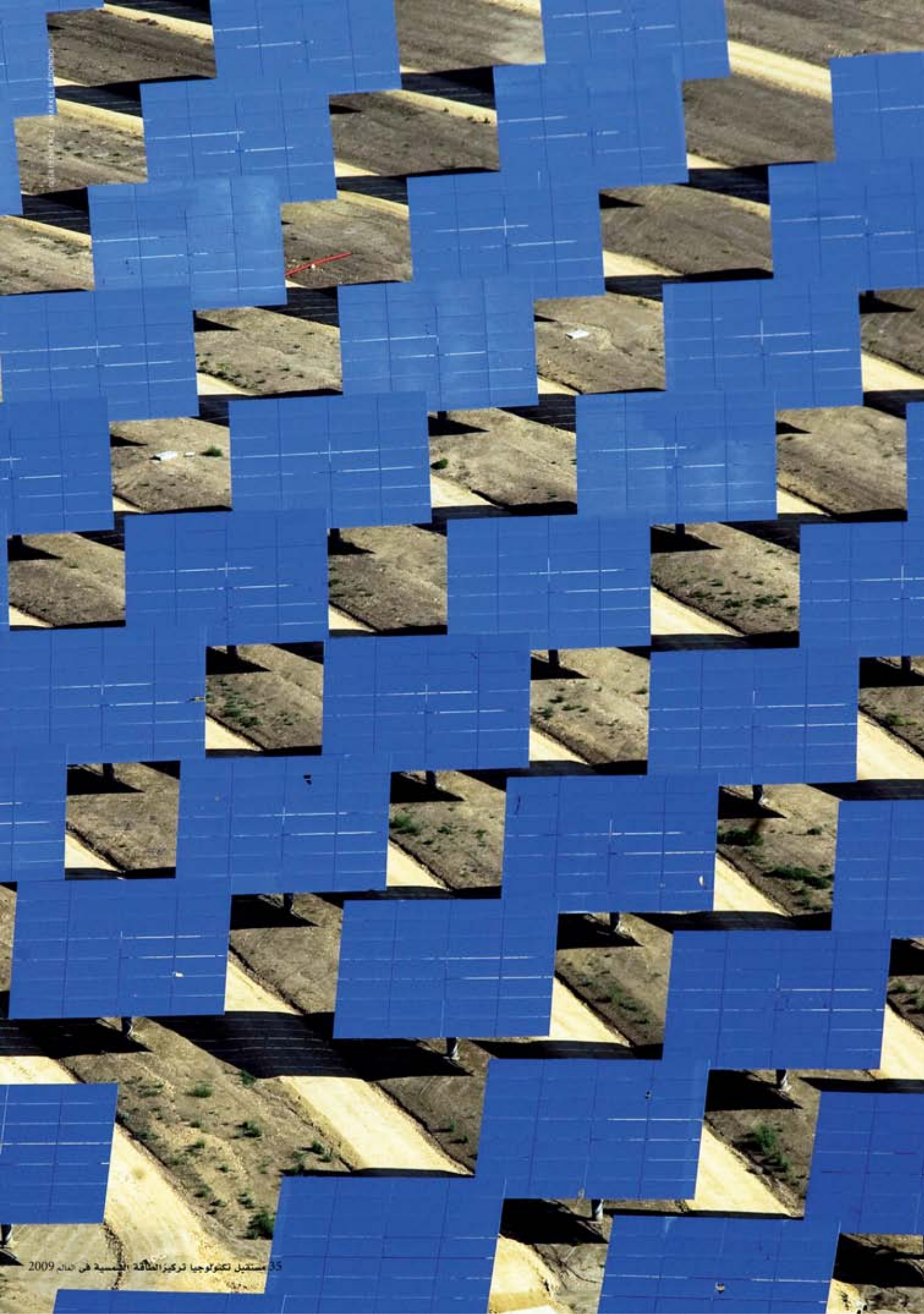
تستخدم هذه التقنية بصورة تجارية في محطة PS-10 ممثلة ما بين 30 دقيقة إلى ساعة تشغيل إضافية. وتعد هذه التكنولوجيا تقليدية وتعرف أيضا باسم تخزين روث (Ruth). بيد أن قدرتها على التخزين محدودة نظراً للتكلفة المرتفعة لتصنيع وعزل أوعية الضغط العالي المطلوبة لتخزين كميات ضخمة من البخار. ولذلك يكون الإستهلاك الأمثل لها مجرد تخزين وقتي لتلبية إحتياجات الطاقة في أوقات الذروة.

التخزين الغير مباشر باستخدام الخرسانة

أظهرت النماذج المبكرة لتخزين الحرارة باستخدام الخرسانة نتائج طيبة حتى الآن. يعمل مخزن الخرسانة عند درجات حرارة ما بين 400-500 درجة مئوية وهي وحدات نمطية وقابلة للتكرار بقدرة تتراوح ما بين 500 كيلووات ساعة إلى 1,000 ميجاوات ساعة. ويبلغ حجم التكلفة الآن حوالي 30 €/كيلووات ساعة ومن المستهدف إنقاصها لما دون 20 €/كيلووات ساعة. وقد أتم الجيل الأول من نماذج التخزين بسعة 300 كيلووات ساعة عامين كاملين من التشغيل. كما أن الجيل الثاني من النماذج بسعة 400 كيلووات ساعة يجهز الآن للاختبار العملي.

التخزين الغير مباشر في الوسيط ذو الطور المتغير

مازالت هذه التكنولوجيا تحت التطوير في محطات الإنتاج المباشر للبخر ولم تجرب تجارياً حتى الآن. حيث تستخدم نقطتي انصهار وتجميد أملاح مثل نترات الصوديوم أو البوتاسيوم لتخزين وإمداد الحرارة لتكثيف وتبخير البخار. في هذا النظام يمرر مانع نقل الحرارة الساخن خلال أنابيب مدفونة في الوسيط ذو الطور المتغير ناقلاً حرارته إليه. ويعتبر ارتفاع الكثافة الحجمية وانخفاض تكلفة مواد التخزين الميزتان الرئيسيتان لهذه التكنولوجيا. بيد أنه مازالت هنالك بعض تحديات التطوير التي يجب التغلب عليها حتى تصبح قابلة للتطبيق تجارياً.



3

تطبيقات أخرى لتكنولوجيا تركيز الطاقة الشمسية

التسخين الشمسي في العمليات الصناعية

الطلاء ومعالجة الأسطح أفضل التطبيقات للاستفادة من هذه التكنولوجيا. كما ينبغي أيضاً دراسة إمكانية استخدام التسخين أو التركيز الشمسي في تدفئة وتبريد مباني المصانع. وجرى بحث إمكانية استخدام الأبراج أو الأطباق الشمسية في عمليات تستلزم حرارة مرتفعة مثل صناعة السيراميك.

تحلية المياه

تمثل تحلية المياه عملية تحويل مياه البحر إلى مياه صالحة للشرب أو الري لخدمة سكان المناطق القاحلة. تنتشر الآن في جميع أنحاء العالم محطات تحلية ضخمة يستخدم معظمها تكنولوجيا التناضح العكسي بينما يستخدم البعض القليل التقطير الحراري. وما زال التوسع في التحلية مثيراً للجدل، أولاً لضخامة كميات الطاقة التي يستهلكها بالإضافة إلى تهديد الحياة البحرية نتيجة سحب وإعادة مياه بحر شديدة الملوحة. كما يعتبر خبراء التنمية المستدامة إن استخدام التحلية على نطاق واسع يجب أن يمثل ملاذاً أخيراً فقط لمواجهة زيادة جفاف المناخ ولذا فإنه من الأفضل رفع كفاءة استخدام المياه، تشديد محاسبة مهديريها، إعادة استخدام مياه الصرف، تقليل الفاقد في شبكات التوزيع وإتباع أنظمة الري المتطورة قبل اللجوء إلى استخدام التحلية. ويتم تشغيل معظم محطات التحلية إما من خلال ربط مباشر لشبكة الكهرباء أو باستخدام الوقود الأحفوري. ولذا فيظهر جلياً أن إقامة محطات تحلية شرهة في استخدام الطاقة سيلحق ضرراً بالغاً بالمناخ ليزيد المشكلة تعقيداً بدلاً من حلها.

لوحظ بعد صدور تقرير جرين بيس لعام 2005 إنطلاق الطاقة الشمسية الحرارية بالفعل في البلدان التي وفرت لها الدعم السياسي والمالي، والآن وبعد وصولها لمرحلة النضج يمكننا التطلع إلى أبعد من مجرد التطبيقات الكهربائية التقليدية في المنازل إلى المزيد من التطبيقات المبتكرة. ومن بين هذه التطبيقات يبرز التسخين الشمسي في العمليات الصناعية بوصفه وسيلة ذكية ومجدية من أجل الحصول على أقصى استفادة من هذه التكنولوجيا. تشمل العديد من الصناعات على عمليات حرارية مكثفة مثل التعقيم والغلايات والتدفئة والتبريد. وقد أثبتت دراسة أجريت في عام 2008 بتكليف من وكالة الطاقة الدولية (International Energy Agency) ⁽⁵⁾

أن 27 % من إحتياجات العديد من القطاعات الصناعية مثل الغذاء والنبيذ والمشروبات ومعدات النقل والآلات والمنسوجات واللباب والورق تندرج تحت تصنيف درجات الحرارة المتوسطة ما بين 100 و 400 درجة مئوية وأن 43 % من إحتياجاتها تندرج تحت درجات الحرارة المرتفعة وهي ما يفوق 400 درجة مئوية. ويعد نظامي القطع المكافئ والفرينيل الخطي هما الأكثر ملائمة لإنتاج الحرارة اللازمة لهذه العمليات الصناعية. ولذا فيمكن إعتبارهما خياراً إقتصادياً يمكن أقامته في نفس مواقع تلك الصناعات التي تحتاج إلى درجات حرارة متوسطة إلى مرتفعة. ولقد أظهرت الدراسة أن الصناعات الأكثر توافقاً مع التسخين الشمسي هي الغذاء (بما فيها النبيذ والمشروبات)، المنسوجات، معدات النقل، الكيماويات ومعالجة المعادن والبلاستيك. ولذا تعد عمليات التنظيف، التجفيف، التبخير، التقطير، التبييض، البسترة، التعقيم، الطهي، الصهر،

5 Vainoni, Battisti and Drigo (2006) Department of Mechanics and Aeronautics - University of Rome "La Sapienza". Potential for Solar Heat in Industrial Processes. Commissioned by Solar Heating and Cooling Executive Committee of the International Energy Agency (IEA)

ويدرس بعض الباحثين إمكانية التصدي لمشكلة ندرة المياه باستخدام الطاقة الشمسية في التحلية خاصة مع زيادة انتشارها واستمرار انخفاض تكلفتها. فبطبيعة الحال يسود نقص المياه في الأماكن التي تسقط عليها كميات ضخمة من أشعة الشمس. وقد أجري مركز علوم الفضاء والطيران الألماني (DLR)⁽⁶⁾ دراسة في عام 2007 لبحث إمكانية استخدام الطاقة الشمسية المركزة في تحلية مياه البحر لتوفير احتياجات المناطق الحضرية الكبيرة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (MENA). وقد بينت الدراسة أن موارد المنطقة من الطاقة الشمسية تزيد عن احتياجاتها لتحلية مياه البحر بحيث تسد الفجوة المتزايدة في توفير المياه اللازمة لها. حيث تتمتع أربع دول فقط من الـ 19 دولة الموجودة في المنطقة بأزدياد النصيب السنوي للفرد من المياه العذبة المتجددة عن 1.000 متر مكعب وهو ما يمثل حد الفقر المائي⁽⁷⁾.

كما تشير الدراسة إلى أن العجز المائي السنوي في المنطقة يقدر حالياً بـ 50 مليار متر مكعب وسيبلغ حوالي 150 مليار متر مكعب سنوياً بحلول عام 2050. وتتوقع الدراسة أن تصبح الطاقة المنتجة من محطات التركيز الشمسي هي الخيار الأرخص لتوليد الكهرباء بسعر أقل من 4 سنت/كيلووات ساعة وكذا لتحلية المياه بسعر أقل من 0.4 € للمتر المكعب خلال العقدَيْن القادمَيْن. كما خلصت الدراسة إلى إستنتاج هام وهو أن رفع كفاءة استخدام المياه مع تقليل الفاقد في شبكات التوزيع وإتباع أنظمة الري المتطورة بجانب إعادة استخدام مياه الصرف وتشديد محاسبة مهديري المياه يمكن أن يتغلب على 50 % من العجز في مياه الشرق الأوسط وشمال أفريقيا على المدى الطويل. مما يعنى إمكانية أن تعوض التحلية الشمسية النصف الأخر وذلك إلى جانب تقليل الأخطار البيئية على الكائنات البحرية باستخدام تقنية الماسورة الأفقية لسحب المياه والنانوتكنولوجيا المتقدمة في صناعة أغشية التناضح العكسي. وقد اقترحت DLR مزيجين مناسبين للطاقة الشمسية عن طريق توليد الكهرباء اللازمة لتحلية المياه باستخدام محطات التناضح العكسي (RO) (reverse osmosis) أو عن طريق تركيز الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء للشبكة ثم استخدام الحرارة الناتجة في محطات التقطير المتعدد المراحل

(MED). تستخدم حالياً معظم محطات التحلية في منطقة (MENA) تكنولوجيا التوميض المتعدد المراحل (MSF) (multi stage flash) ذات الكفاءة المنخفضة في استخدام الطاقة مما يعد خياراً غير مناسب في المستقبل. يتضح مما سبق إن استخدام محطات تركيز شمسي متقدمة سوف يؤدي إلى إقامة محطات تحلية ذات تأثير بيئي منخفض جداً مقارنة بمحطات اليوم ولكن بتكلفة رأسمالية أعلى بحوالى 20 % ولكن مع استخدام وقود أقل تكلفة من الوقود الأحفوري المستخدم حالياً. كما ينبغي العناية بإختيار مواقع مناسبة لأقامة محطات تحلية تسمح بتخلص سريع ومخفف للمياه عالية الملوحة مع إخضاع الموقع لتحليل بيئي مكثف لتفادي الآثار السلبية على الحياة البحرية الهامة. وحيث أن جفاف المناخ هو أحد الآثار الناجمة عن ظاهرة الاحتباس الحراري الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري. ولتوافق المراكز الشمسية مع المناطق الحارة الجافة فسوف يمكنها ذلك من أن تتبوأ مكانة مهمة في مستقبل تحلية المياه لدعم السكان.

الوقود الشمسي

لمواجهة تحدى إنتاج كميات كبيرة من الوقود الناتج مباشرة من أشعة الشمس بتكلفة مناسبة جاري الآن تطوير سريع للوقود الشمسي حيث يتكون بعضه من مزيج من الوقود الأحفوري معرض لأشعة الشمس المركزة مما يقلل جزء من غازات ظاهرة الصوبة (green house effect). ويمثل الهدف المنشود إنتاج وقود شمسي بتكنولوجيات تعتمد على عمليات خالية من أى وقود أحفوري. ويزداد الاهتمام بالهيدروجين (H_2) كبديل نظيف للوقود الأحفوري خاصة للاستخدام في وسائل النقل. ويتم حالياً تحضير أكثر من 90 % من الهيدروجين باستخدام الحرارة الناتجة من حرق وقود أحفوري، غالباً ما يكون الغاز الطبيعي. ولو أمكن إنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية المركزة لأصبحت تلك التكنولوجيا نظيفة بالكامل وخالية من أى نفايات خطيرة أو آثار سلبية على المناخ. ويمثل ذلك الخطوط العريضة لرؤية المفوضية الأوروبية التي ترجمتها إلى خارطة طريق للهيدروجين وخلية الوقود (European hydrogen and fuel cell) يستمر تنفيذها حتى عام 2050.

6 German Aerospace Centre (DLR), 2007, "Aqua-CSP: Concentrating Solar Power for Seawater Desalination" Full report can be found online at <http://www.dlr.de/ta/aqua-csp>

7 Ibid.

الإعتمادات الاقتصادية

8 Meier, A. Sattler, C.
(2008) Solar Fuels from
Concentrated Sunlight.
Published by SolarPACES.
www.solarpaces.org

يتوقع أن تتراوح تكلفة إنتاج الهيدروجين بواسطة المركبات الشمسية الحرارية ثم تحليل الماء كهربائياً ما بين 15 و 20 \$ سنت / كيلووات ساعة أو 5.90 إلى 7.90 \$ / كيلوجرام هيدروجين (مع افتراض بلوغ تكلفة توليد الكهرباء من الحرارة الشمسية 8 \$ سنت / كيلووات ساعة).

يحدد الجدوى الاقتصادية لإنتاج الوقود الشمسي سعر الوقود الأحفوري ومدى حزم إجراءات التقليل الحاد لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الواجب إتباعها لحماية مناخ الأرض. يتوافر لدى كل من إدارة شئون الطاقة الأمريكية والمفوضية الأوروبية رؤية واضحة لإقتصاد مبنى على الهيدروجين في المستقبل واضعين نصب أعينهم هدف صارم لا بد من تحقيقه لتكلفة إنتاج الهيدروجين. حيث تهدف إدارة شئون الطاقة إلى الوصول بالسعر إلى 3 \$ / gge (ما يعادل جالون بنزين) بحلول عام 2017 بينما تهدف المفوضية الأوروبية إلى 3.5 € / كيلوجرام بحلول عام 2020⁽⁹⁾. 1 كيلوجرام H₂ يساوي 1 gge. خلصت العديد من دراسات تقييم إقتصاديات إنتاج الهيدروجين على نطاق واسع إلى أنه من الممكن لإنتاج الهيدروجين باستخدام حرارة الشمس في العمليات الكيميائية الحرارية أن يصبح يوماً منافساً لإنتاج الهيدروجين بالتحليل الكهربائي للماء باستخدام الكهرباء المولدة بالطاقة الشمسية. وفي حالة إضافة دعم شهادات الكربون⁽⁹⁾ المائي إلى إنتاج الهيدروجين الشمسي باستخدام الكيمياء الحرارية فسوف يناهض تكلفة الإنتاج التقليدي للهيدروجين باستخدام وقود أحفوري بأسعاره الحالية. ولتحقيق ما جاء بهاليه فنحن بحاجة إلى المزيد من البحث والتطوير والتوسع في إقامة مشاريع ريادية لإنتاج الوقود الشمسي. وهذا من شأنه رفع الكفاءة المحققة وخفض التكاليف الاستثمارية للمواد والمكونات. ومع دخول المزيد من المحطات الشمسية الحرارية للخدمة التجارية وخاصة الأبراج الشمسية فستتخفض تكلفة إنتاج الهيدروجين الشمسي الحراري بما أن مرآيا الأبراج (الهيليوستات) تعد من أغلى مكونات محطات الإنتاج.

يعتمد الإنتاج النظيف لوقود شمسي كالهيدروجين على تحليل المياه باستخدام طاقة من مصادر متجددة. ويمكن استخدام الهيدروجين في مجالات متعددة كاستخدامه في تحريك تربينات ومن ثم توليد حركة أو كهرباء أو في رفع كفاءة الوقود الأحفوري المستخدم لتوليد الحرارة كما يمكن استخدامه أيضاً في توليد وتخزين الكهرباء في خلايا الوقود والبطاريات. ويعمل تخزين الطاقة في وقود كالهيدروجين على إستعادة هذه الطاقة عند الطلب حتى في أوقات غياب الشمس.

ويمكن إنتاج وقود شمسي سهل التخزين والنقل بواسطة ثلاث عمليات أساسية :

- العمليات الكهروكيميائية: توليد كهرباء من خلايا شمسية ضوئية أو من التركيز الشمسي ثم إجراء تحليل كهربائي للماء.
- العمليات الكيميائية الضوئية أو الحيوية الضوئية: بالإستخدام المباشر لطاقة الفوتونات الشمسية في عمليات الكيمياء الضوئية والعمليات الحيوية الضوئية.
- العمليات الكيميائية الحرارية: بتركيز طاقة الشمس للوصول إلى درجات حرارة مرتفعة تتبعها عمليات كيميائية حرارية كاملة.

ويسبب القدرة العالية للأبراج الشمسية فهي أكثر المركبات ملائمة لإنتاج الوقود الشمسي بكميات كبيرة في المستقبل وذلك لأنها تستخدم درجات تركيز عالية تمكنها من بلوغ درجات الحرارة المطلوبة (> 1000 درجة مئوية).

نحتاج لتحقيق الثورة المطلوبة في الطاقة تغيير شامل للأنظمة الحالية لإنتاج وتوزيع الوقود والكهرباء كما نحتاج لإنتاج كميات ضخمة من الهيدروجين الشمسي لكي نستطيع تخزين الطاقة المنتجة من مصادر متجددة. ويرجع الكثيرين أن تستند وسائل النقل والتنقل على أنواع من الوقود منتجة بطرق مستدامة أكثر من اعتمادها على الكهرباء.

ويتنبأ الاتحاد الأوروبي في تصوره لمستقبل تكنولوجيا الطاقة العالمية أن يبلغ الطلب على الهيدروجين ما يكافئ المليار طن من النفط في عام 2050. ويمكن إشباع ذلك الطلب من خلال تحليل المياه باستخدام الكهرباء المولدة من محطات التركيز الشمسي. وتمثل تلك الوسيلة مؤشر قياسي لتقييم كفاءة الوسائل الأخرى لإنتاج كميات ضخمة من الهيدروجين.

9 توست الطاقة كيتو إلى تداول ما يسمى بشهادات الكربون كوسيلة لقرض غرامات على ملوئي المناخ



4

حالة السوق حسب المنطقة الجغرافية

نظرة عامة على العالم

مقاولي التنفيذ كما أصرت على ضمانات لإنتاجية المحطات يصاحبها غرامات ضخمة في حالة الإخلال. مثلت الضمانات ملوية الأمد لشراء الكهرباء المنتجة من محطات التركيز الشمسي بسعر متميز المفتاح لتمويل المحطات المقامة في الجزائر وأسبانيا والولايات المتحدة. فلم يبدأ بناء المحطات في أسبانيا إلا عندما تخلت الحكومة عن حقها في مراجعة سعر عقد الشراء سنوياً. كما تحققت الإنطلاقة في الولايات المتحدة بعدما مد العمل مؤخراً بالإعفاءات الضريبية.

يتحدد السعر المعادل للكهرباء المولدة من محطات التركيز الشمسي بناءً على شدة الأشعاع الشمسي وعلى تكاليف إقامة وتمويل وتشغيل تلك المحطات. فعلى سبيل المثال، إذا افترضنا بناء محطات بنفس التكلفة وظروف التمويل فستنتج المحطات المقامة في الجنوب الغربي للولايات المتحدة وفي جنوب مصر كهرباء بسعر معادل يقل 20.30% عن مثيلاتها في جنوب أسبانيا وشمال أفريقيا. ويرجع ذلك لارتفاع شدة الإشعاع الشمسي المباشر بنفس قيمة ال30% (2.800 2.600) مقارنة ب 2.100 2.000 كيلووات ساعة/متر مربع في السنة) بين المواقع المذكورة. وقد سجلت أعلى موارد شمسية في العالم في صحارى جنوب أفريقيا وشيلي حيث تصل شدة الأشعاع الشمسي المباشر إلى ما يقرب من 3.000 كيلووات ساعة/متر مربع سنوياً في حين تحظى فرنسا والبرتغال وإيطاليا بموارد شمسية ضعيفة. ويعنى ما سبق أن الجدوى الاقتصادية لمشروع إقامة محطة يتحدد بناءً على موارد الموقع الشمسية وسعر وظروف عقد بيع الكهرباء المنتجة. في حالة تدنى السعر المحلى السائد لتجارة الكهرباء بدرجة يعجز بها عن تغطية تكلفة إنتاج محطات التركيز الشمسي فيمكن أن تقوم الحواجز والقروض الميسرة بتغطية الفجوة بينهما. وتمثل آليات التسويق البيئي كشهادات الطاقة المتجددة مصدراً محتملاً للدخل خاصة في البلدان النامية. ففي الولايات المتحدة قام المستثمرون والمقاولون بتمويل بناء جميع محطات التركيز الشمسي القائمة ذاتياً ثم حصلوا على حوافز بعد بدء الإنتاج. بينما حصل المستثمرون على تسهيلات ميكرة لتمويل بناء كل محطات التركيز الشمسي في أسبانيا. وأشرطت البنوك لإتمام صفقات تمويل المحطات إجراء دراسات تحسبية موسعة لأصول الشركات المتقدمة بطلبات للقروض وأعلنت أنها لن تقبل إلا بصفوة

	M	A
2010	741	741
2020	6,883	11,290
2030	17,013	40,312
2050	34,570	152,371

35,224 KM² (TODAY)
2,136 KM² (2050)
NEEDED CSP AREA TO SUPPORT ENTIRE REGION

22,032 KM² (TODAY)
3,047 KM² (2050)
NEEDED CSP AREA TO SUPPORT ENTIRE REGION

5,872 KM² (TODAY)
1,000 KM² (2050)
NEEDED CSP AREA TO SUPPORT ENTIRE REGION

OECD NORTH AMERICA LATIN AMERICA

CSP

0 1,500 KM

	M	A		M	A
	MM	MM		MM	MM
2010	1,995	1,995	2010	0	100
2020	29,598	25,530	2020	2,198	2,298
2030	70,940	106,806	2030	8,034	12,452
2050	162,883	494,189	2050	33,864	50,006

OECD أوروبا	OECD أمريكا الشمالية	OECD دول المحيط الهادئ	الاقتصاديات الانتقالية	الصين	باقي دول آسيا النامية
النمسا، بلجيكا، جمهورية التشيك، الدنمارك، فنلندا، فرنسا، ألمانيا، اليونان، المجر، أيسلندا، أيرلندا، إيطاليا، لكسمبورج، هولندا، النرويج، بولندا، البرتغال، جمهورية سلوفاكيا، أسبانيا، السويد، سويسرا، تركيا، المملكة المتحدة	كندا، المكسيك، الولايات المتحدة الأمريكية	أستراليا، اليابان، كوريا الجنوبية، نيوزيلندا	ألبانيا، أرمينيا، أذربيجان، روسيا البيضاء، البوسنة والهرسك، بلغاريا، بركواتيا، أستراليا، الصرب، والجبل الأسود، جمهورية ماسيدونيا، السابقة، جورجيا، كازاخستان، لايتانيا، ليتوانيا، مولدوفا، رومانيا، روسيا، سلوفاكيا، تاجيكستان، تركمنستان، أوكرانيا، أوزبكستان، قبرص، #، مالطا	جمهورية الصين الشعبية و هونغ كونغ	أفغانستان، بنغلاديش، بوتان، بروناي، كمبوديا، لاوس، لاوي الصينية، هجس، بولونديزيا الصينية، أندونيسيا، كيريباتي، جمهورية كوريا الشعبية الديمقراطية، لاوس، مكاو، هانغكونغ، تايوان، ميانمار، نيبال، كاتالونيا الجديدة، باكستان، فيتنا الجديدة، بابوا الغيليين، ساموا، سنغافورة، جزر سولومون، سيريلانكا، تايلاند، فيتنام، فانواتو

#: وضع قبرص و مالطا في الأقتصاديات الانتقالية لأسباب أحصائية.

الشرق الأوسط والهند

10 From update provided
to DLR/SolarPACES

إسرائيل

جعلت وزارة البنية التحتية الوطنية الإسرائيلية في عام 2002 - وهي المسؤولة عن قطاع الطاقة - الطاقة الشمسية المركزة مكون إستراتيجي لسوق الكهرباء. كما أصدرت إسرائيل في سبتمبر 2006 تعريفة تفضيلية لمدة عشرون عاما لسعر شراء إنتاج المحطات الشمسية التي يقيمها القطاع الخاص. وذلك بعد دراسات جدوى كانت قد أجريت في عام 2003 لبحث كيفية تحفيز تركيز الطاقة الشمسية الحرارية وقد قامت سلطة المرافق العامة الإسرائيلية (PUA) بتقييم تلك الدراسة. وقد تلا ذلك تحليل لتكاليف وفوائد الطاقة الشمسية في إسرائيل نشرته منظمة جرين بيس (Greenpeace) مشيراً إلى الحاجة إلى إستغلال ما يصل إلى 2,000 ميجاوات من طاقة الشمس بحلول عام 2025. تقضى حوافز نشر الطاقة الشمسية الحرارية في إسرائيل منذ نوفمبر 2006 بتعريفة سعر شراء تناهز 16.3 سنت/كيلووات ساعة من المحطات التي قدرتها لا تقل عن 20 ميجاوات والتي تستخدم الوقود الأحفوري بحد أقصى 30 %. كما تقضى أيضا بتعريفة سعر شراء حوالي 20.4 سنت أمريكي/كيلووات ساعة للعشرين سنة الأولى للمحطات الصغيرة بقدرة 100 كيلووات إلى 20 ميجاوات. وقد أمرت الحكومة الإسرائيلية في عام 2007 ببناء محطة مركزات شمسية حرارية في موقع كان قد سبق إقراره في أشاليم (Ashalim) بجنوب إسرائيل. ويتكون المشروع من محطتين شمسيتين حراريتين تتراوح قدرة كل منهما ما بين 80 إلى 125 ميجاوات لتنتجاً قرابة 220 ميجاوات بالإضافة إلى محطة خلايا شمسية ضوئية بقدرة 15 ميجاوات قابلة للمضاعفة. وخلال مراحل التأهيل الأولى في عام 2008 تلقت الوزارة سبعة عروض لمحطتي التركيز الشمسي وعشرة عروض لمحطة الخلايا الشمسية الضوئية. وفي وقت كتابة هذا التقرير كانت الحكومة قد طرحت المناقصات كاملة ويتوقع إعلان النتائج قبل نهاية 2009 ليبدأ البناء ما بين عامي 2010 و 2012.

تركيا

تفوق إمكانيات تركيا من المياه والرياح والشمس والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة الحيوية المتوسط الأوروبي. حيث تبلغ إمكانياتها السنوية من الطاقة الشمسية 131 تيراوات ساعة وتهدف أن يصل إنتاجها من الطاقة الشمسية إلى 2.2 تيراوات ساعة بحلول عام 2010⁽¹⁰⁾ ثم 4.2 تيراوات ساعة في عام 2020 وقد سنت تركيا في مايو 2005 أول قانون يخص الطاقات المتجددة (قانون استخدام مصادر الطاقات المتجددة لتوليد الكهرباء) . ويتناغم هذا القانون مع شهادات مصادر الطاقة المتجددة (RES certificate) . شمل القانون تعريفة ثابتة لشراء الكهرباء المولدة من مصادر متجددة مع إلزام شركات التوزيع المرخصة على شراء الكهرباء من منتجي الطاقة المتجددة المعتمدين بتعريفة تحددها (EMRA). وقد بلغ أول سعر معلن 9.13 YKr / كيلووات ساعة في عام 2007 (ما يعادل € 5.2 سنت/كيلووات ساعة) للعشر سنين الأولى من التشغيل لكل منشأة. ويجرى حالياً إدخال تعديلات على القانون (RES law). وتحتوى المسودة على سعر تغذية يبلغ € 24 سنت/كيلووات ساعة للعشر سنوات الأولى من المشروع تنخفض إلى € 20 سنت/كيلووات ساعة للعشر سنوات التالية. كما تبحث تلك التشريعات تعريفة إضافية للخمس سنوات الأولى إذا ما صنعت أكثر من 40 % من المعدات في تركيا. وقد يصبح هناك مزيد من التغييرات لمسودة القانون وشكله النهائي عند طباعة هذا التقرير.

14 DLR Website (Institut für Technische Thermodynamik):
http://www.dlr.de/it.tdesktop/
detail.asp?tabid=28814422...&id=10179

12 Prime Minister's Council on Climate Change, Government of India (2008): National Action Plan on Climate Change.

13 Ministry of New and Renewable Energy (2008): Guidelines for Generation-Based Incentive – Grid Interactive Solar Thermal Power Generation.
http://www.mnre.gov.in/pdf/guidelines...sngg.pdf, accessed on 27/4/09

إيران

أظهرت الجمهورية الإسلامية الإيرانية اهتماماً بتكنولوجيا الطاقات المتجددة بما فيها الطاقة الشمسية وهي حريصة على استخدام تكنولوجيا التركيز الشمسي لإستغلال مصادر الشمس المتوافرة لديها بغزارة في سعيها لتنويع مصادر توليد الطاقة التي تحتاجها بعيداً عن استخدام مخزونها من النفط والغاز الطبيعي. ففي عام 1997 قامت شركة تنمية الطاقة الإيرانية بعمل دراسة جدوى مستفيضة عن إقامة محطة دورة مركبة ملحقة بها حقل شمسي يستخدم تكنولوجيا القطع المكافئ بناءً على إختيار مركز أبحاث الطاقة الكهربائية (تغير أسمه إلى NIROO) وشركة فيختنر (المسماة الآن Fichtner Solar). وتعد أصفهان وفرس وكيرمان ويزد مواقع ممتازة لإنشاء محطات طاقة شمسية حرارية في إيران وقد أختيرت يزد لتكون موقع لإقامة أول محطة شمسية والتي تقع بالكامل على هضبة مرتفعة وتتميز بشدة الأشعة المباشرة المتعامدة تزيد عن 2,500 كيلووات ساعة/ مترمربع سنوياً. وبالرغم من هذه المجهودات فلم تحدث تطورات في السوق حتى الآن.

الأردن

تهتم الأردن منذ زمن بعيد بإمكانية إستغلال الطاقة الشمسية الحرارية على نطاق واسع. وقد أجريت العديد من التحليلات خلال العشر سنوات الأخيرة وقدمت مقترحات لإستغلال الطاقة الشمسية في الأردن ولكنها تعثرت بسبب حرب الخليج. نشرت الحكومة تحديثاً لحالة الصناعة في عام 2002 ورد به نيته بناء أول محطة شمسية مهيئة في القويرة بقدرة 100-150 ميجاوات تدخل الخدمة بحلول عام 2005. ولكن يبدو أن المشروع قد توقف حيث لم ترد أية معلومات منذ أن تم التعاقد مع شركة (Solar Millennium).

أشتركت مجموعة من المؤسسات البحثية عام 2007 في دراسة استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه على نطاق واسع كخطوة نحو إنشاء محطة ريادية لتحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية لخدمة تجمعات سكانية في إسرائيل والأردن⁽¹¹⁾.

الإمارات العربية المتحدة

أخذت إمارة أبو ظبي في دولة الإمارات العربية المتحدة مبادرة هامة لإدارة مدينة بالكامل (تحت الإنشاء) باستخدام الطاقات المتجددة بهدف دعم الاتجاه إلى هذا المجال الحيوي لأقتصاد العالم في المستقبل. وتضطلع شركة مصدر (MASDAR) بتلك المهمة فقد طرحت العديد من مشاريع الطاقات المتجددة ومنها محطة لتوليد الكهرباء بقدرة 100 ميجاوات باستخدام الطاقة الشمسية فقط يبدأ إنشاءها عام 2009.

الهند

تمتلك الهند مصادر شمسية واعدة جداً حيث أن الإشعاع الشمسي الكلي سنوياً يبلغ ما بين 1.600 و 2.200 كيلووات ساعة/ مترمربع وهو المستوى المتوقع في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. وتقدر الحكومة الهندية أن مجرد 1 % فقط من أراضيها يكفي لتلبية إحتياجتها من الطاقة حتى عام 2030⁽¹²⁾. وقد وضعت خطة العمل الوطنية المتعلقة بتغير المناخ عدة تدابير محددة تشمل: المزيد من البحث والتطوير بهدف خفض تكلفة الإنتاج والصيانة وإنشاء مركز لبحوث الطاقة الشمسية وإقامة محطات تركيز شمسي بقدرة لا تقل عن 1,000 ميجاوات بحلول عام 2017.

ويمثل الهدف المعلن لوكالة الطاقة الشمسية (Solar Mission) تقليل دعم أسعار الكهرباء وإقامة محطات طاقة شمسية منافسة لمحطات الوقود الأحفوري خلال 20 إلى 25 عاماً. كما تبحث الحكومة الهندية حالياً سن تعريفية تغذية للكهرباء الشمسية بحد أقصى 10 روبية / كيلووات ساعة (19 سنت أمريكي) للعشر سنوات الأولى من التشغيل بقدرة 10 ميجاوات لكل ولاية⁽¹³⁾. ويبدو أن الاهتمام بالهند قد عاد من جديد ففي شهر مارس أعلنت شركة (eSolar) الناشئة في كاليفورنيا عن صفقة لمنح تصريح استخدام تكنولوجيااتها في إنشاء محطات شمسية بإجمالي قدرة 1 جيجاوات خلال العقد القادم.

الجزائر

تتمتع الجزائر بمصادر شمسية ممتازة حيث تتعدى شدة الأشعاع المباشر 2.000 كيلووات ساعة / متر مربع في السنة. وتهدف الحكومة إلى توفير 5% من إحتياجات الطاقة عام 2015 من مصادر متجددة ترتفع إلى 10% بحلول عام 2025. كما أنشأت الحكومة شركة الجزائر للطاقة الجديدة (NEAL) لدعم شراكة القطاع الخاص المحلي والأجنبي لأقامة محطات في الجزائر تمتد أوروبا بالطاقة النظيفة اللازمة لتحقيق أهدافها. نشرت الحكومة الجزائرية عام 2004 في عدد جريدها الرسمية رقم 19 أول قانون تغذية (Decret Executif 04-92) لكل بلدان OECD يرفع تعريفه الطاقات المتجددة بهدف تشجيع توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية في محطات الدورة المركبة الملحق بها حقل شمسي. ويحدد المرسوم قيمة سعر التغذية بناءً على نسبة المساهمة الشمسية في إجمالي الكهرباء المنتجة من المحطة. فتحظي مساهمة شمسية تبلغ 10.5% بالتعريف الكامل كما تكافأ المساهمة الشمسية التي تفوق 20% بمضاعفة التعريف. طرحت شركة الجزائر للطاقة الجديدة (NEAL) عام 2005 مناقصة لإنشاء محطة دورة مركبة بقدرة 150 ميجاوات ملحقاً بها حقل قطع مكافئ شمسي بقدرة كهربائية تبلغ 25 ميجاوات. وقد حددت كراسة الشروط المعايير الأساسية للمشروع بمساهمة شمسية تفوق 5% و سعر بيع للكهرباء أقل من 6 سنت/كيلووات ساعة وربحية تتراوح بين 10 و 16%. وقد فازت مجموعة Abengoa بالمنافسة وجرى إقامة محطاتهم الشمسية في حاسي رمال (Hassi R'mel) ، كما تنوى الجزائر إقامة محطتان مماثلتان بقدرات 400 ميجاوات للدورة المركبة مع 70 ميجاوات شمسية لكل منهما ما بين عامي 2010 و 2015. وستجرى خلال عام 2009 دراسة جدوى لأقامة محطة أخرى.

المغرب

مول الاتحاد الأوروبي في عام 1992 دراسة قامت بها المغرب لبحث إمكاناتها من الطاقة الشمسية الحرارية. كما منح مرفق البيئة العالمي (GEF) \$ 700.000 أمريكي للمؤسسة الوطنية للكهرباء (ONE) عام 1999 لتحديد المواصفات الفنية وإعداد كراسة الشروط ثم تقييم العروض المقدمة لإقامة محطة دورة مركبة بقدرة 228 ميجاوات ملحق بها حقل شمسي بمساحة 200.000 مترمربع لتوليد كهرباء شمسية بقدرة 30 ميجاوات. وتغطي التكاليف الإضافية للجزء الشمسي من المحطة منحة قدرها 50 مليون \$ أمريكي مقدمة من (GEF). ونظراً لضعف إهتمام السوق بالمشروع تم تغيير صيغته إلى تسليم مفتاح مصحوب بعقد تشغيل وصيانة لمدة خمس سنوات مما أدى إلى رفع الأقبال في عام 2004 وقبول تأهيل أربعة مجموعات لشركات دولية. وقدمت المغرب العروض الأربعة إلى البنك الدولي في عام 2005 للحصول على شهادة عدم ممانعة وسيقوم بنك التنمية الأفريقي بتمويل المشروع. وقد كان العقد من نصيب Abener التابعة لمجموعة Abengoa لتبدأ في بناء محطة بقدرة 470 ميجاوات بعين بشي مطر (Ein Beni Mather) في الشمال الشرقي للمغرب لتبدأ المحطة في العمل في عام 2009.

14- مواقع إدارة الطاقة في جنوب أفريقيا
<http://www.dma.gov.za/energy/renewable.htm>

15- مخطط لتوزيع المحطات الشمسية
الشمسية في جنوب أفريقيا قديماً
أسكوم سولار بيسيس.



جنوب أفريقيا

حددت حكومة جنوب أفريقيا هدف توليد 10,000 جيجاوات ساعة من مصادر للطاقة المتجددة (الكتلة الحيوية، الرياح، الشمس ومحطات صغيرة للطاقة المائية) بحلول عام 2013 مما يكفى لتلبية احتياجات 2 مليون أسرة معدل استهلاكها السنوى من الكهرباء 5,000 كيلووات ساعة مما يمثل 5 % من القدرة الحالية لتوليد الكهرباء في جنوب أفريقيا أى معادلاً لإنتاجية محطتين لتوليد الكهرباء باستخدام الفحم قدرة كل منهما 660 ميجاوات كالتى يديرها مرفق توليد الطاقة أسكوم (Eskom).

وقد أقر جهاز شئون الطاقة في جنوب أفريقيا (NERSA)⁽¹⁴⁾ في مارس 2009 تعريف تغذية للطاقات

المتجددة سميت ريفيت (REFIT) تطبيق على المشاريع

الجديدة فقط. وقد تم حساب قيمة التعريف على أساس السعر

المكافئ لتوليد الكهرباء كما يلى: 2.10 /كيلووات ساعة للمركبات

الشمسية 1.25 /كيلووات ساعة للرياح، 0.94 /كيلووات ساعة

للطاقة المائية و0.90 /كيلووات ساعة لغاز دهن النفايات، وتسرى

التسعيرة لمدة عشرون عاماً على أن تراجع سنوياً خلال الخمس سنوات الأولى من تطبيقها ثم تراجع كل 3 سنوات بعد ذلك .

تستهدف أسكوم إقامة محطات شمسية بناءً على العديد من العوامل أهمها التكلفة ونسبة المساهمة المحلية ولذا أجرت دراسة لتحديد

الأرخص بين تكنولوجيا القطع المكافئ والمستقبلات المركزية وبادرت بفتح حوار مع مصنعى الزجاج والصلب المحليين. ثم حدثت أسكوم في

منتصف 2008 دراسة إقامة برج شمسي ريادى يستخدم الملح المنصهر بقدرة 100 ميجاوات مما قد يجعلها صاحبة أكبر محطة برج شمسي في

العالم بحلول عام 2010. وستطرح المناقصات فى النصف الأول من عام 2009. ويمنح المشروع المختار سعر متميز حتى يتسنى تمويله بنكياً، كما

يدرس المشرع الوطنى حالياً سن نظام لتعريفات التغذية.

و فى سياق تشجيعها لإقامة محطات المركبات الشمسية الحرارية ستدعم

الحكومة البحث من خلال إدارة العلوم والتكنولوجيا وتمول جهود

الجامعات فى هذا المجال. كما تبحث الأرتقاء بالبرنامج القومى لأبحاث

الطاقة الشمسية وتركيزها بإنشاء مركز مخصص لهذا الغرض فى

المستقبل⁽¹⁵⁾.

مصر

أجريت فى عام 1995 دراسة لبحث جدوى استخدام تكنولوجيا القطع المكافئ

والبرج المركزى تلتها زيارة لفريق (SolarPACES START) فى عام

1996 قررت مصر بعدها بناء محطة للتركيز الشمسي بدورة مركبة قدرتها 140

ميجاوات مع حقل شمسي من القطع المكافئ بقدرة 20 ميجاوات قدم مرفق البيئة

العالمى (GEF) الخدمات الإستشارية اللازمة لها كما عرض تغطية تكلفة الحقل

الشمسي. وقد أكتمل تقرير دراسة الجدوى المفصلة للمرحلة الأولى للمشروع فى

عام 2000 تلاه إعداد قائمة بالمؤهلين للقيام بالمشروع فى عام 2001. وقد أدى

الإرتفاع المفاجئ للدولار الأمريكى فى مقابل الجنيه المصرى إلى تجميد الفكرة.

فقر البنك الدولى فى منتصف عام 2003 تغيير صياغته بجعله مشروع حكومى

يشترك فيه القطاع الخاص من خلال عقد تشغيل وصيانة يستمر لمدة 5 سنوات.

وعند طرح المناقصة فى فبراير عام 2004 أعلنت 35 شركة رغبتها فى المشاركة.

وفى عام 2007 تم إسناد عقد تنفيذ محطة الدورة المركبة الى شركتى أيبيردولا

وميتسوى وعقد تنفيذ الحقل الشمسي إلى مجموعة عمل مكونة من أوراسكوم

وقلا جسول ويتوقع بدء تشغيل المحطة الجارى إنشاءها فى عام 2010.

أوروبا

أسبانيا

وقد شهدت التعريفة في أسبانيا زيادة مطردة فقد ارتفعت من 12 € سنت/كيلووات ساعة عام 2002 لتصبح 27 € سنت/كيلووات ساعة منذ عام 2004. بالرغم من أن هذا القرار قد حفز العديد من عروض التنمية ولكن السبب الرئيسي لوصول أسبانيا لهذا المستوى هو تحقق بناء وتشغيل العديد من المحطات مما جعل عروض التنمية قابلة للتمويل بنكياً. أبقى مرسوم 2007 الحالي على غالبية النقاط الهامة في مرسوم 2004 (RD 436) وعلى الاختصاص ضمان سعر الشراء لمدة 25 عاماً مما عزز قابلية التمويل البنكي كما أنه سمح أيضاً باستخدام وقود إضافي وهو الغاز الطبيعي في حدود 12-15 % حتى يتحقق التشغيل الأمثل للمحطات. ونتيجة لكل ما سبق فقد تخطت المحطات المزعم إنشاءها الهدف المرجو. أنظر المربع للتعرف على المزيد من الموقف في أسبانيا.

تقود أسبانيا العالم في مجال تطوير المركبات الشمسية الحرارية وذلك للأسباب الآتية: أولاً لأن لديها هدف البلوغ بالقدرة المقامة إلى 500 ميجاوات في عام 2010، ثانياً لأنها كانت الأولى بين دول جنوب أوروبا في تطبيق نظام تعريفة التغذية. فقد حدد المرسوم الملكي 661 لعام 2007 أن محطات المركبات الشمسية الحرارية التي تقل عن 50 ميجاوات لها تعريفة ثابتة تبلغ 26.9 € سنت/كيلووات ساعة لمدة 25 عاماً مع زيادة سنوية تقل عن معدل التضخم بـ 1%. ثم تنخفض التعريفة بعد إنقضاء 25 عاماً إلى 21.5 € سنت/كيلووات ساعة. مما فصل بين سعر الكهرباء الشمسية وبين السعر المرجعي لسوق الطاقة المرتبط بسعر النفط. وبذلك تكون أسبانيا قد رفعت تسعيرة الكهرباء النظيفة.

اللجان الوطنية للطاقة هي المسؤولة عن رصد وتسجيل المنشآت. ولقد أسست موقعاً على شبكة الانترنت من شأنه أن يظهر المحطات التي استوفت جميع متطلبات البناء للوصول إلى الهدف الوطني. ولدى الوصول إلى 85 % من الهدف المنشود ستحدد السلطات إلى متى ستحصل المشاريع المسجلة حديثاً على تعريفة ثابتة. وقد خلق هذا النهج إلى تسابق المطورين لتسجيل مشاريعهم قبل الوصول إلى حد الـ 85 %. تحتاج الصناعة الآن إلى المزيد من اليقين نحو الهدف ومستوى التعريفة بحيث يمكن أن تكون المشاريع والاستثمارات مضمونة في المستقبل. وقد اقترح المشاركون في الصناعة هدفاً هو 1,000 ميجاوات / سنة.

دعا مؤيدي الصناعة (Protermosolar) إلى القول أن التعريفة يجب ألا تقل عن 24 أو 25 € سنت / كيلووات ساعة؛ حيث إن أي انخفاض عن هذه التعريفة من شأنه أن يضع حداً لسوق التنمية ولن تستطيع المشاريع أن تغطي تكاليف إنتاج الكهرباء في ظل ظروف السوق الحالية.

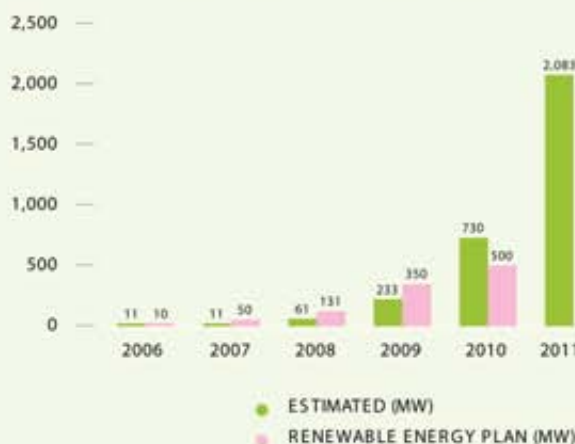
يحدد القانون الحالي القدرة القصوى لأي محطة بـ 50 ميجاوات كي تنطبق عليها شروط شراء إنتاجها بسعر تعريفة التغذية المذكورة. وبما إن القدرة المثلثة إقتصادياً وفنياً قد تعدت تلك القدرة لذا فينبغي على القانون الجديد إزالة هذا الحد الحالي.

خير دليل على نجاح عملية الدعم الاسبانية للمركبات الشمسية الحرارية هو الحالة الراهنة لتنمية المشاريع هناك. وحتى كتابة هذا التقرير، فهناك ست محطات توليد طاقة قائمة بمجموع 81 ميجاوات، بالإضافة إلى 12 محطة أخرى تحت الإنشاء ستضيف 839 ميجاوات. كما تم الإعلان عن العديد من المشاريع بقدرة تبلغ آلاف الميجاوات. (أنظر الجدول 4.1). ويتضح من الشكل والرسم البياني المقدمان من Protermosolar و IDEA أن التنمية تجاوزت الأهداف المرجوة. كما يتضح أيضاً أهمية دور أسبانيا في بيان كيفية إدماج الطاقة الشمسية ضمن مصادر الطاقة الأخرى

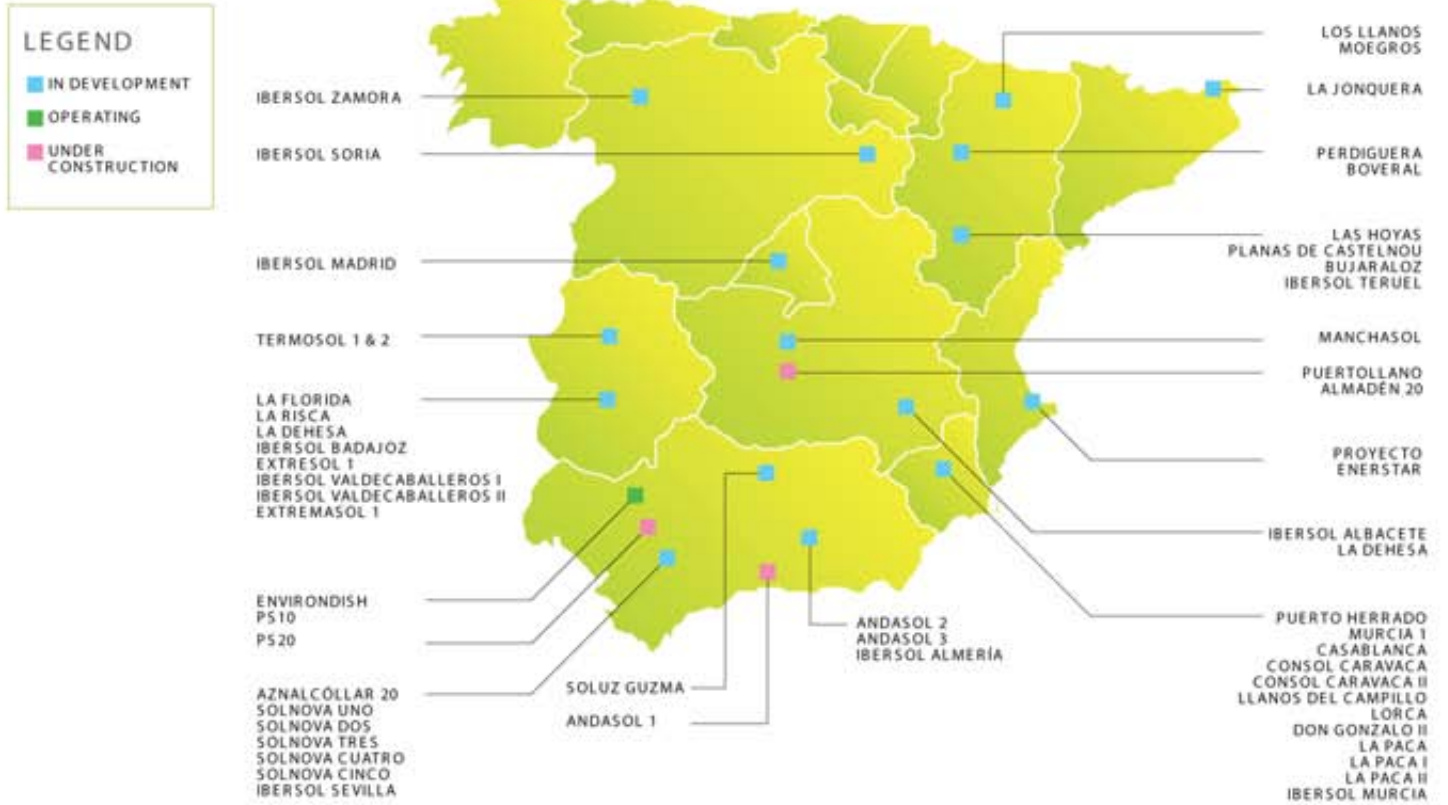
محطات عاملة	81 ميجاوات
محطات تحت الإنشاء	839 ميجاوات
مشروع محطة (شارف على بدء التنفيذ)	2,083 ميجاوات
محطات مقترحة (في بداية الحصول على التصاريح)	7,830 ميجاوات
إجمالي المحطات تحت التجهيز	10,813 ميجاوات
محطات إضافية (سددت رسوم التوصل بالشبكة)	3,418 ميجاوات
إجمالي المحطات المحتملة بأسبانيا (أبريل 2009)	14,231 ميجاوات

شكل 4.1

حتى كتابة هذا التقرير يوجد 6 محطات طاقة عاملة بقدرة 81 ميجاوات، بالإضافة إلى 12 محطة تحت الإنشاء مضيعة 839 ميجاوات.



شكل 4.2



إيطاليا

خصص البرلمان الإيطالي 100 مليون € عام 2001 لـ ENEA (الوكالة الوطنية للتكنولوجيات الجديدة والطاقة والبيئة) لبرنامج تطوير وعرض المركبات الشمسية الحرارية . ولكن تسببت قيود الميزانية في خفض ذلك المبلغ إلى 50 مليون € وإلى الآن لم ينفق إلا جزء ضئيل منها. أضطلعت ENEA بالإمكانيات المتاحة بعمل برنامج بحثي طموح أولاً لتنمية وتصنيع تكنولوجيا القطع المكافئ ذو الكفاءة عالية مع استخدام الملح المنصهر كمائع ناقل للحرارة وثانياً لتطوير إنتاج الهيدروجين من خلال تجزئة الماء بواسطة الشمس في تفاعل حراري كيميائي. وقد وقعت كل من ENEA و ENEL في أوائل عام 2004 إتفاقية تعاون لإنشاء مشروع أرشميدس في صقلية (Archimede Project Sicily) الذي يتمثل في إقامة محطة المركبات الشمسية الحرارية الأولى في إيطاليا بقدرة 5 ميجاوات مقامة بجانب محطة قائمة تدار بالضم. يستخدم الحقل الشمسي تكنولوجيا القطع المكافئ والملح المنصهر كمائع لنقل الحرارة وكوسيط لتخزينها ومن المقرر أن يستكمل هذا المشروع عام 2010.

وقد أصدرت إيطاليا عام 2008 تعريفية التغذية الخاصة بالمركبات الشمسية الحرارية لشراء الكهرباء بسعر يتراوح ما بين 22 و 28 € سنت /كيلووات ساعة تدفع للجزء الشمسي من إنتاج المحطة طبقاً للنسبة المئوية للطاقة الشمسية في تشغيل المحطة (تنطبق أعلى تعريفية على المحطة التي يكون المساهمة الشمسية فيها أكبر من 85 %) . وتسري هذه التعريفية الثابتة لمدة 25 عام على المحطات التي يبدأ تشغيلها في الفترة ما بين تاريخ العمل بالقانون الجديد و 31 ديسمبر 2012.

يقتصر تطبيق الحوافز على المحطات البالغ حجمها الإجمالي 1.5 مليون مترمربع من المركبات بالإضافة إلى 0.5 مليون مترمربع مخصصة للهيئات العامة. كما إن هناك بعض الإشتراطات الأخرى مثل حتمية وجود تخزين حراري بالمحطات وقصر التصريح باستخدام الزيت المصنع على المحطات الصناعية فقط.

فرنسا

نشرت فرنسا تعريفية تغذية جديدة هي 26 يوليو 2006 تقضى بمنح 30 € سنت / كيلووات ساعة من الكهرباء الشمسية (40 € سنت / كيلووات ساعة للمشروعات المقامة في مستعمرات فرنسية) مع 25 € سنت / كيلووات ساعة إضافية في حالة إستخدام خلايا مدمجة في زجاج نوافذ المبني (و 15 € سنت / كيلووات ساعة إضافية للمشروعات المقامة في مستعمرات فرنسية) . تقتصر التعريفية على محطات المنشآت الشمسية فقط حتى قدرة 12 ميجاوات والعاملة حتى 1,500 ساعة تشغيل سنوياً. وتنخفض إلى 5 € سنت / كيلووات ساعة للكهرباء الإضافية التي تتعدى هذه الحدود. و يتوقع تعديل التعريفية خلال عام 2009 كما يتوقع طرح مناقصات لإقامة محطة شمسية في كل محافظة فرنسية وهو ما حث عليه إتفاق البيئة (Agreement on Enviroment) الصادر في عام 2007.

ويجرى حالياً إقامة محطة مجهزة تستخدم تربية غازية بقدرة 2 ميجاوات مع مساهمة شمسية تبلغ 50 % مستخدمة مرايا هيليوستات منها الجديد والمعاد تأهيله بالإضافة إلى مستقبل (mini-PAGASE)، كما يجري إقامة محطة ثانية للتركيز الشمسي بقدرة 12 ميجاوات تستخدم القطع المكافئ والزيت كمائع لنقل الحرارة الشمسية والأملاح المنصهرة لتخزين الحرارة تقيمها شركة (Solar Euromed SAS) .

البلدان الأوروبية الأخرى

تمهد المزيد من الدول الأوروبية وخاصة دول الجنوب مثل البرتغال واليونان الطريق لنشر تكنولوجيا تركيز الطاقة الشمسية عن طريق قوانين لتعريفية التغذية إما سارية أو مازالت تحت الإعداد. وقد سنت ألمانيا قانون لتعريفية التغذية يشجع إقامة محطات للتركيز الشمسي ولكنها لا تمتلك الموارد الشمسية المناسبة. وبالرغم من ذلك فقد أدى إستمرار الأبحاث وحماس الصناعة الألمانية في هذا المجال إلى إقامة برج للتركيز الشمسي بقدرة 1.5 ميجاوات في يوليش Julich قد تم إفتتاحه في نهاية عام 2008 تعرض تكنولوجيا المستقبل الحجمي للهواء وكى يستخدم كممنشأة للإختبارات.

الأمريكتين



الولايات المتحدة الأمريكية

الجنوب الغربي يطرح مناقصات لبناء محطات تستخدم الطاقات المتجددة بما فيها الطاقة الشمسية بقدرة تبلغ عدة آلاف من الميجاوات.

- حددت مجموعات العمل الخاصة بتحديث استخدام الفحم والطاقة الحيوية وكفاءة استخدام الطاقة والطاقة الحرارية الجوفية والطاقة الشمسية ونقل الكهرباء وطاقة الرياح والتابعة لرابطة حكام الولايات الغربية (WGA) التغييرات المطلوبة في السياسات المختلفة على مستوى الولاية والمستوى الفيدرالي اللازمة لإقامة 30,000 ميجاوات من محطات الطاقة التي تستخدم وقود نظيف بحلول عام 2015 بالإضافة إلى تحقيق زيادة قدرها 20 % في كفاءة استخدام الطاقة بحلول عام 2020 علاوة على تأمين قدرة مناسبة لشبكات نقل الطاقة خلال الخمس والعشرون سنة المقبلة. وقد إشتمل تقرير رابطة حكام الولايات الغربية (WGA) الصادر في عام 2006 على تحديد مجموعات العمل لمواقع في الجنوب الغربي الأمريكي ذات مصادر شمسية ممتازة لإقامة محطات لتوليد الكهرباء بالطاقة الشمسية بقدرة 4,000 ميجاوات. كما أقترحوا إتخاذ الاجراءات اللازمة لسن سياسات وحوافز لإقامة تلك المحطات.
- أصدرت ولاية نيومكسيكو في يوليو 2003 معايير محفظة الطاقات المتجددة التي نصت على ضرورة أن يقوم القطاع الخاص بتوليد ما لا يقل عن 5 % من مبيعات الكهرباء لسكان نيومكسيكو من مصادر متجددة بحلول عام 2006، وما لا يقل عن 10 % عام 2011.
- رفعت ولاية أريزونا خلال عام 2007 معايير محفظة الطاقات المتجددة إلى 1.1 % تمثل الطاقة الشمسية 60 % منها كما سمحت بأن يقوم المستثمرين بإستخدام الكهرباء من خارج الولاية بشرط التأكد من بيعها لمستهلكين داخل الولاية. كما تصدر الولاية شهادات إئتمان مضاعفة للكهرباء المنتجة من مصادر متجددة مما يمثل حافز إضافي لتوليد الكهرباء الشمسية داخل الولاية نفسها.
- ولقد مددت حكومة الولايات المتحدة العمل بالإعفاء الضريبي على الإستثمار في محطات الطاقة الشمسية مقداره 30 % حتى عام 2017 مما يعد وسيلة هامة لتمويل إقامة المحطات ولم يتضح بعد أثر أزمة 2008 الإقتصادية على العمل بهذا التمديد ولكن من المؤكد إنه خلال العامين القادمين سيتم إعادة 30 % من الضريبة مباشرة للمشروع عندما يصبح جاهزاً للتشغيل

أكتسبت العديد من المسارات الجديدة نحو تنمية سوق التركيز الشمسي قوة دفع في الآونة الأخيرة. تحديداً في صورة مشاريع في جنوب غرب الولايات المتحدة حيث يتوافر مصدر ممتاز للأشعاع الشمسي المباشر بالإضافة إلى طلب متزايد على الكهرباء من جراء الزيادة السكانية .

- تشترط الآن معايير محفظة الطاقات المتجددة (RPS) في ولاية كاليفورنيا أن تمثل 20 % من مبيعات مرافق القطاع الخاص بحلول عام 2017 كهرباء قد تم إنتاجها من مصادر متجددة. كما يمتد العمل بهذا التشريع ليشمل مبيعات الكهرباء المنتجة خارج ولاية كاليفورنيا.
- تشترط ولاية نيفادا منذ عام 2003 على شركتي القطاع الخاص الموجودة بها (كهرباء نيفادا وكهرباء سييرا للمحيط الهادئ) (Nevada Power & Sierra Pacific Power) أن تمثل مصادر متجددة 15 % من إنتاجهما من الكهرباء بحلول عام 2013.
- طلب مجلس الشيوخ الأمريكي في عام 2002 من إدارة الطاقة (DOE) المبادرة لرسم سياسة تهدف إلى إقامة 1,000 ميجاوات من المحطات الشمسية باستخدام تكنولوجياي القطع المكافئ وأبراج الطاقة بالإضافة إلى طيق القطع المكافئ لتغذية جنوب غرب الولايات المتحدة بحلول عام 2006. وبناءً على ذلك فقد بادرت شركات إنتاج الطاقة في

آسيا - المحيط الهادى

الصين

أصدر برنامج الصين لنشر الطاقة المتجددة (CRES) مؤخراً تقريراً يقترح سياسات مالية لزيادة استخدامات الطاقة الشمسية لتشجيع إقامة محطات للتركيز الشمسى. وقد إشتمل التقرير على المقترحات التالية: مزايا تمويلية وضريبية، قروض ميسرة، دعم مالى مباشر، تشريعات لمنح أسعار تفضيلية، تعزيز مجالات البحث العلمى والتطوير وزيادة الأستثمار فيها، وضع مواصفات فنية وإدارية بالإضافة إلى تحسين الرقابة على المنتجات. كما أجرت مفوضية التنمية القومية والإصلاح (NDRC) دراسة لحساب تكلفة إنتاج الكهرباء فى محطات للطاقة الشمسية الحرارية بقدرات مختلفة بغرض تحديد تعريفة التغذية المناسبة. وعليه تم تحديد قيمة 4 Yuan / كيلووات ساعة كإضافة مناسبة على سعر الشراء التقليدى ستطبق على محطات ريادية تنوى إقامتها فى صحراء الصين قريباً.

وتتضمن خطة (NDRC) الخمسية الحادية عشر (2006-2010) إقامة محطات تجارية للطاقة الشمسية فى ولايات منجوليا الداخلية وزن يانج والتبت بقدرة إجمالية 200 ميجاوات تتمتع بعقد شراء للكهرباء مضموناً لمدة 25 عاماً. كما يقوم معهد الهندسة الكهربائية بالأكاديمية الصينية للعلوم بتنفيذ مشروع ريادى للطاقة الشمسية الحرارية يحمل رمز (مشروع 863) فى الخطة الخمسية. وقد فضل المشروع تكنولوجيا البرج الشمسى عن تكنولوجيا القطع المكافئ لتيسير ورفع نسبة المكون المحلى.

بحثت الحكومة المحلية لأقليم نانينج فى عام 2007 إقامة منشأة لتكنولوجيا القطع المكافئ بقدرة 100 كيلووات نفذتها شركة نانينج زونجكايتيان شنج للطاقة الجديدة (Nanjing Zhongcaitiancheng New Energy). تتضمن خطة توفير الطاقة وخفض الانبعاثات واستخدام الطاقة المتجددة لولاية جوانج دونج لعام 2008 إقامة محطة ريادية لتكنولوجيا القطع المكافئ بقدرة 1 ميجاوات تنولى شركة كامدا للطاقة الجديدة (CAMDA New Energy) بحث جدوى إقامتها فنياً. تقوم شركة سولار ميلانيوم الألمانية (Solar Millennium AG) بالأشتراك مع شركة روي للصناعة بولاية منجوليا الداخلية (Ruyi Industry Co., Ltd) بإجراء دراسة جدوى إقامة محطة تستخدم تكنولوجيا القطع المكافئ بقدرة 50 ميجاوات فى مقاطعة أوردوس (Ordos) بولاية منغوليا الداخلية.

أستراليا

أعلنت حكومة أستراليا هدف الوصول إلى 20 % من الطاقات المتجددة بحلول عام 2020 و لكن حتى كتابة هذا التقرير لم يتم وضع هذا الهدف فى صورة قانون. كما تجرى الآن مناقشة إرساء هدف لخفض الانبعاثات وإعداد نظام لتجارة الكربون مما سيوفر دخلاً إضافياً لمحطات الطاقة الشمسية غير أن اللمسات النهائية لهذا النظام لم تنته بعد.

ويتوافر لمعهد الشمس الأسترالى تمويل قدره 50 مليون \$ أسترالى موزعة على أربع سنوات لتعزيز الأماكن الموجودة لدى منظمة الكومنولث لإبحاث العلوم والصناعة (CSIRO) تخصص لزيادة قدرة أستراليا على القيام بأبحاث للطاقة الشمسية الحرارية وإقامة منشآت بحثية وخلق تعاون دولى وتوسيع برنامج درجات الدكتوراه. وتوجد حالياً فى أستراليا ثلاثة منشآت لتوليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية الحرارية، وتعتبر وحدة التركيز باستخدام عاكس فريزيل خطى (CLFR) الموجودة بجوار محطة لتوليد الكهرباء بالفحم هى الأكثر تقدماً تجارياً فهى تنتج بخار شمسى يغذى التربينات البخارية الموجودة داخل المحطة الأصلية. وقد تم بناء المرحلة الأولى من تلك الوحدة بقدرة 1 ميجاوات كهرباء فى عام 2003 وجارى حالياً مضاعفة حجمها. وقد طورت شركة أوزرا (Ausra) نظاماً يعمل بتربينات مستقلة وأقامت محطة بقدرة 5 ميجاوات كهرباء فى كاليفورنيا وتخطط لإنشاء أخرى بقدرة 177 ميجاوات كهرباء قريباً. أقامت الجامعة الوطنية الأسترالية طبق قطع مكافئ بمساحة 500 متر مربع يسمى الطبق الكبير (Big Dish) وتعادل مساحته من ثلاث لأربع أمثال مساحة النماذج الأخرى لهذه التكنولوجيا وجارى الآن تسويقه تجارياً. وأقامت منظمة (CSIRO) برج شمسى لإنتاج الغاز الشمسى وجارى الآن إختباره لتوليد الكهرباء.





5

سيناريوهات مستقبل التركيز الشمسي الحراري في العالم

علاوة على ذلك فهو يفترض زيادة ثقة المستثمرين في هذا القطاع نتيجة لنجاح جولة مفاوضات تغير المناخ الحالية والتي ستعقد في (NFCCC COP-15) في كوبنهاجن بالدنمارك في ديسمبر 2009. ويستند النمو المتوقع لأسواق العالم خلال الخمس سنوات القادمة على مجموع تعاقدات المحطات الشمسية المبرمة بالفعل ولذا تمثل تلك الأرقام توقعات مثبتة حتى عام 2012 وليست إفتراضات. أما بعد عام 2012 يصبح التكهّن أكثر صعوبة.

السيناريو المتقدم

هذا هو السيناريو الأكثر طموحاً. فهو يبين كيف يمكن لهذه الصناعة أن تزدهر في ظل أفضل رؤية للطاقة الشمسية المركزة. حيث يفترض توافر الإرادة السياسية وتلبية الحكومات لكل طلبات جمهور المصنعين لدعم الطاقة المتجددة. كما يفترض أيضاً زيادة سريعة ومنسقة في قدرات شبكات الكهرباء الجديدة خاصة شبكات الضغط العالي للتيار المستمر (HVDC) لإستيعاب الطاقة الشمسية المولدة من محطات التركيز الشمسي المقامة في المواقع المثلى لها مع إتاحة فرص تصديرها للدول الصناعية ودول الاقتصاد الناشئ ذات الطلب المرتفع والمتزايد على الكهرباء. ومع استمرار صعوبة التنقيب بما سيحدث بعد عام 2012 فقد صمم هذا السيناريو لإظهار ما يمكن لقطاع التركيز الشمسي بلوغه لو تحقق له الإلتزام السياسي والتشجيع الكافيين.

نستعرض في هذا الجزء الإمكانيات المستقبلية المتوقعة للطاقة الشمسية في عام 2020 ثم نتطلع بعد ذلك حتى عام 2050 لأستبيان ما يمكن تحقيقه من الناحيتين الفنية والاقتصادية بناءً على رؤية مشتركة للرابطة الأوروبية للكهرباء الشمسية الحرارية (ESTELA)، وسولاربيسس (SolarPaces) وجرين بيس (Greenpeace). وتستند هذه النظرة على إفتراض ظروف مختلفة (سيناريوهات) للسوق وتتبع تأثيرها على تنمية صناعة تركيز الطاقة الشمسية الحرارية.

السيناريوهات

نفترض ثلاثة سيناريوهات مختلفة لنمو مستقبل الطاقة الشمسية المركزة حول العالم.

السيناريو الأساسي

يعد هذا الافتراض أكثر السيناريوهات تحفظاً وقد بنى على التوقعات الواردة في تقرير (World Energy Outlook) الصادر عام 2007 من الوكالة الدولية للطاقة (IEA). أخذاً في الإعتبار السياسات والتدابير القائمة مع إفتراض استمرار إعادة هيكلة أسواق الكهرباء والغاز وتحرير التجارة الدولية وكذا استمرار السياسات المستحدثة لمكافحة التلوث.

السيناريو المعتدل

يفترض هذا السيناريو تنفيذ جميع تدابير دعم الطاقات المتجددة القائمة منها والمخططة حول العالم. كما يفترض أيضاً أن الأهداف التي حددتها العديد من الدول سواء لمصادر الطاقة المتجددة أو للطاقة الشمسية المركزة سيتم تنفيذها بنجاح.

توقعات كفاءة استخدام الطاقة

بنيت السيناريوهات الثلاث المستخدمة في هذه المحاكاة لتوقعات نمو الطاقة الشمسية المركزة على خلفية توقعان متباينان لزيادة الطلب العالمي على الكهرباء يفترض أن سياسات وتدابير رفع كفاءة استخدام الطاقة سيقلا من نسبة الزيادة الحالية على الطلب مما يدعم تأمين الحصول على الطاقة و يكافح تغير المناخ بصورة إقتصادية. وفيما يلي وصف لتوقعي كفاءة استخدام الكهرباء:

التوقع الأساسي لكفاءة استخدام الطاقة: بنى هذا التوقع إستناداً على تقرير الوكالة الدولية للطاقة الصادر عام 2007 فيفترض نتائج متواضعة لجهود رفع كفاءة استخدام الطاقة مع إستمرار السياسات الحالية بدون تغير فيفترض على سبيل المثال إستمرار سياسات الحكومات تجاه الطاقة النووية مما سيؤدي لتضاعف الطلب من 18,197 تيراوات ساعة في عام 2005 إلى 35,384 تيراوات ساعة بحلول عام 2030.

التوقع المرتفع لكفاءة استخدام الطاقة : يضع هذا التوقع تكهات الوكالة الدولية للطاقة لنمو الطلب على خلفية نتائج دراسة قام بها معهد الأبحاث وعلوم الفضاء والطيران الألماني (DLR) بالإشتراك مع مكتب أيكوفيس الاستشاري (Ecofys) عن حجم توفير الطاقة من خلال رفع كفاءة استخدامها. وقد حددت الدراسة أوجه طموحة لإستغلال تدابير رفع كفاءة استخدام الطاقة مركزة على أفضل الممارسات الحالية والتكنولوجيات المتاحة ومفترضة الأستمرار في ابتكار ممارسات وتكنولوجيات جديدة لذات الغرض. كما أظهرت الدراسة أهمية قطاعي النقل والبناء حيث يمكن توفير 46% من الطاقة على مستوى العالم عن طريق رفع كفاءة نقل الركاب والبضائع وتحسين طرق تصميم المباني وعزلها حرارياً مما يغير من حجم الطلب العالمي على الطاقة. وعلى الرغم من تطبيق العديد من التكنولوجيات والمبادرات فإن فاعلية تدابير رفع كفاءة استخدام الطاقة مازالت عملياً محدودة بسبب إرتفاع تكلفتها وغير ذلك من العوائق. ويظهر هذا التوقع نمو للطلب العالمي على الطاقة يقل عن مقدار النمو في التوقع الأساسي حتى مع إفتراض محدودية تطبيق تدابير رفع كفاءة استخدام الطاقة. أما في حالة أنتشار تدابير رفع كفاءة استخدام الطاقة فيسبب انحصار الطلب العالمي بحلول عام 2030 في 23,131 تيراوات ساعة وسيلبلغ قيمة في عام 2050 تقل ب 35% عن مثيلتها في السيناريو الأساسي.

النتائج الأساسية

تظهر السيناريوهات المستخدمة في هذا التقرير مدى إتساع حيز النتائج الممكنة بناءً على الخيارات التي نتخذها الآن لكيفية إدارتنا للطلب على الكهرباء ومدى تشجيعنا لنمو سوق تركيز الطاقة الشمسية الحرارية. وفي خلال السنوات الخمس المقبلة (حتى عام 2015) وفي ظل السيناريو الأساسي فسوف نشهد إقامة محطات طاقة شمسية حرارية بقدرة 566 ميجاوات سنوياً تصل في السيناريو المتقدم إلى ما يقرب من 6.814 ميجاوات أو 6.8 جيجاوات سنوياً.

وفي ظل السيناريو المعتدل الأخذ بالإجراءات الممكنة التحقيق فقط فيشهد العالم قدرة شمسية مجمعة تفوق 68 جيجاوات (1-1.2% من الطلب العالمي) بحلول عام 2020 و 830 جيجاوات (8.5-11.8% من الطلب العالمي) بحلول عام 2050 مما يمثل إضافة سنوية تقارب 41 جيجاوات بإستثمارات تبلغ 92 مليار € سنوياً بالإضافة إلى توفير أكثر من مليون فرصة عمل سنوياً.

وسوف يترتب على ما سبق إنخفاض في إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون يبلغ 148 مليون طن سنوياً في عام 2020 يرتفع إلى 2.1 مليار طن سنوياً بحلول عام 2050 ممثلاً 8% من إجمالي الإنبعاثات الحالية من ثاني أكسيد الكربون. ولوضع ذلك في السياق، تعادل القدرة الأجمالية لتوليد الكهرباء الشمسية المتوقع بلوغها في عام 2050 ما يتم توليده في الولايات المتحدة الآن أو إجمالي إنتاج كل محطات توليد الكهرباء بإستخدام الفحم القائمة في عام 2005.

في حالة تحقق السيناريو المتقدم لنمو صناعة الطاقة الشمسية وارتفاع كفاءة استخدام الطاقة فقد توفر محطات الكهرباء الشمسية ما يصل إلى 7% من إحتياجات العالم من الطاقة في عام 2030 وإلى قرابة الربع بحلول عام 2050.

جدول 5.2
سيناريوهات تنمية طاقة
التركيز الشمسي ما بين
عام 2015 و عام 2050.

النتائج الكاملة

القدرات السنوية و التراكمية

2050	2030	2020	2015	
السيناريو الأساسي				
160	552	681	566	الأنشاءات السنوية (ميغاوات)
2,400	2,800	3,000	3,400	التكلفة (€ / كيلووات)
0.383	1.546	2.043	1.924	استثمار مليار € / عام
19,296	17,736	13,739	9,611	التوظيف (وظيفة X عام)
السيناريو المعتدل				
40,557	19,895	12,602	5,463	الأنشاءات السنوية (ميغاوات)
2,280	2,660	2,850	3,230	التكلفة (€ / كيلووات)
92.470	52.921	35.917	17.545	استثمار مليار € / عام
1,187,611	428,292	200,279	83,358	التوظيف (وظيفة X عام)
السيناريو المتقدم				
80,827	35,462	14,697	6,814	الأنشاءات السنوية (ميغاوات)
2,160	2,520	2,700	3,060	التكلفة (€ / كيلووات)
174.585	89.356	39.683	20.852	استثمار مليار € / عام
2,106,123	629,546	209,998	89,523	التوظيف (وظيفة X عام)

يحتوى شكل 5.1 على إجمالي
قدرات المحطات القائمة بالميجاوات.

السيناريو الأساسي

يعكس هذا السيناريو افتراضية بقاء الحال على ما هو عليه بناءً على التوقعات الواردة في التقرير السنوي للوكالة الدولية للطاقة لعام 2007. فبيدًا بافتراض معدل نمو قدره 7% في عام 2011 ينخفض إلى 1% فقط في عام 2015 ثم يظل ينمو على هذا المستوى المنخفض حتى لما بعد عام 2040. ونتيجة لذلك تصبح التصورات المتوقعة طبقاً لهذا السيناريو كما يلي:

- يبلغ إجمالي قدرة محطات التركيز الشمسي في العالم 1.6 جيجاوات بنهاية هذا العقد تنتج 5 تيراوات ساعة سنوياً ممثلة 0.03% من الطلب العالمي على الكهرباء.
- وبحلول عام 2020 يصل إجمالي القدرة إلى 7.3 جيجاوات ثم إلى 18 جيجاوات فقط بحلول عام 2050.
- تبلغ الكهرباء الشمسية المنتجة عام 2020 مقدار 22 تيراوات ساعة أي 0.12-0.14% من الطاقة الكهربائية المنتجة في العالم، وفقاً لمدى تطبيق إجراءات كفاءة استخدام الطاقة.
- وبحلول عام 2050 ينحصر نصيب الكهرباء الشمسية في العالم إلى ما هو دون 0.2%.

السيناريو المعتدل

يتوقع السيناريو المعتدل أن نمو تكنولوجيا تركيز الطاقة الشمسية سيكون أكثر بكثير مما هو عليه في السيناريو الأساسي. حيث سيبدأ النمو السنوي التراكمي عند 17% لعام 2011 وسيزيد إلى 27% عند عام 2015. وسيظل معدل النمو عند 27% سنوياً حتى عام 2020 ثم يأخذ في الانحدار تدريجياً حتى يصل إلى 7% بحلول عام 2030 و 2% عام 2040 و 1% بعد عام 2050. ونتيجة لذلك فيتوقع حدوث الآتي أن تصل قدرة محطات الطاقة الشمسية في العالم أجمع إلى حوالي 4 جيجاوات بنهاية العقد الحالي مع إضافة سنوية مقدارها 2.9 جيجاوات بعدئذ.

- أن تصل قدرة الطاقة الشمسية إلى 68.6 جيجاوات بحلول عام 2020 مع إضافة سنوية بمقدار 12.6 جيجاوات حتى عام 2050 وسيكون لدى العالم قدرة طاقة شمسية مجمعة أكثر من 830 جيجاوات مع قدرة سنوية للسوق تقترب من 41 جيجاوات.
- أن تصل كمية الكهرباء المولدة بواسطة التركيز الشمسي في عام 2020 لأكثر من 264 تيراوات ساعة. ممثلة ما بين 1.1-1.2% من احتياجات العالم في عام 2020 و 8.5-11.8% في عام 2050.

السيناريو المتقدم

سيبدأ معدل النمو في ظل سيناريو التركيز الشمسي المتقدم عند 24% في عام 2010 لينخفض ليصل إلى 19% بحلول عام 2015 وإلى 7% في عام 2030 و 5% في عام 2040. ثم يشهد النمو بعد ذلك زيادة سنوية بمقدار 3%. وبذلك يتوقع السيناريو ما يلي:

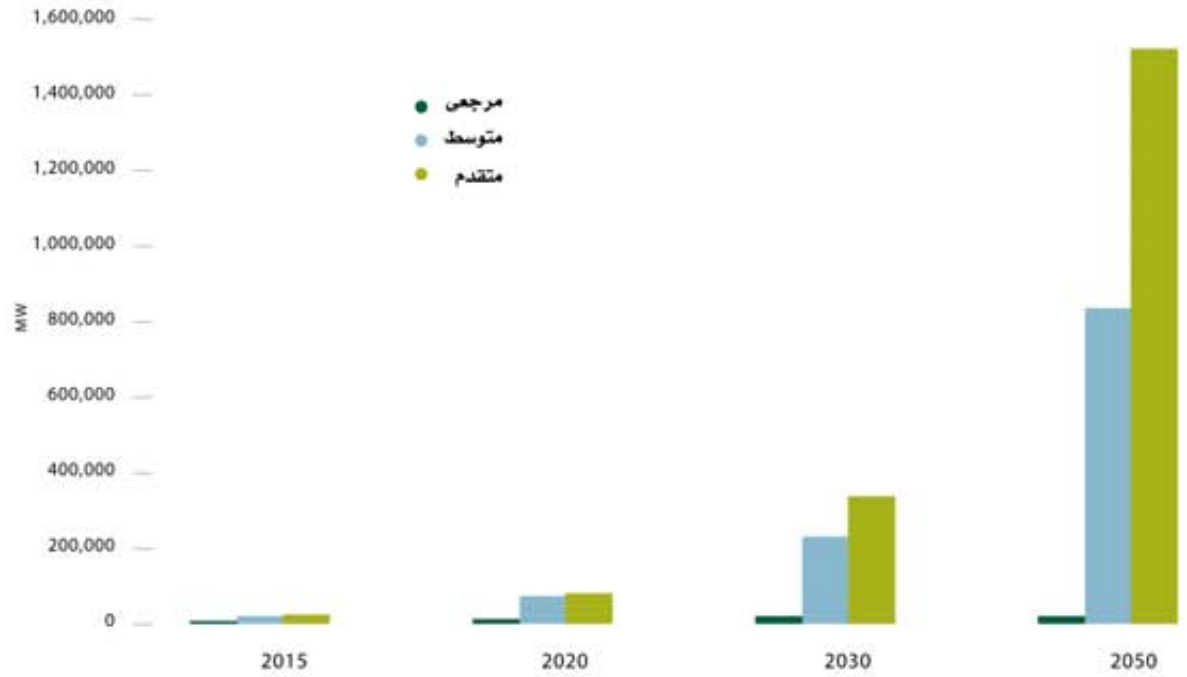
- ستبلغ القدرة العالمية 29 جيجاوات بحلول عام 2015 بزيادة سنوية قدرها 6.8 جيجاوات.

- ستتخطى القدرة العالمية 84 جيجاوات بحلول عام 2020 بزيادة سنوية قدرها 14.7 جيجاوات كما ستصل القدرة الكلية لمحطات التوليد الشمسية بحلول عام 2030 إلى حوالي 342 جيجاوات. بعدها سيثبت السوق السنوي عند 70-80 جيجاوات.

- سيصل الحجم الكلي لمحطات الطاقة الشمسية في العالم بحلول عام 2050 إلى 1.500 جيجاوات.
- سيتم توليد ما يعادل 355 تيراوات ساعة من الكهرباء المولدة بالطاقة الشمسية في عام 2020 وأكثر من 7.800 تيراوات ساعة بحلول عام 2050. وإعتماداً على حجم الطلب الذي تم كيحه بواسطة كفاءة استخدام الطاقة فإن الطاقة الشمسية من الممكن أن تغطي 1.5-1.7% من الطلب العالمي للكهرباء بحلول عام 2020 وما يصل إلى 18.3-25.69% بحلول عام 2050.

في ظل سيناريو تطوير الصناعة المتقدم ومع المستويات العالية لإستخدام الطاقة بكفاءة فإن محطات التركيز الشمسي قد تغطي ربع متطلبات العالم من الطاقة في أقل من 50 عاماً.

شكل 5.1

المجموع التراكمي لقدرات
محطات التركيز الشمسي
الحراري .

جدول 5.1،

القدرة التراكمية لمركبات
الطاقة الشمسية

السيناريو الأساسي	2015	2020	2030	2050
ميغاوات	4,065	7,271	12,765	18,018
تيروات ساعة	11	22	40	66
السيناريو المعتدل	2015	2020	2030	2050
ميغاوات	24,468	68,584	231,332	830,707
تيروات ساعة	81	246	871	3,638
السيناريو المتقدم	2015	2020	2030	2050
ميغاوات	29,419	84,336	342,301	1,524,172
تيروات ساعة	116	355	1,499	7,878

التوزيع الاقليمي

تم توزيع السيناريوهات الثلاثة للطاقة الشمسية على مناطق العالم مثلما فعلت الوكالة الدولية للطاقة مع تمييز أكثر لأوروبا. وقد وزعت كالتالي: أوروبا (الاتحاد الأوروبي 27- دولة و باقي أوروبا) والاقتصاديات الإنتقالية (دول الاتحاد السوفيتي السابق، فيما عدا الدول التي انضمت للإتحاد الأوروبي مؤخرًا)، أمريكا الشمالية، أمريكا اللاتينية، الصين، الهند، دول المحيط الهادي (وتشمل أستراليا، كوريا الجنوبية واليابان)، دول آسيا النامية (باقي دول آسيا) والشرق الأوسط وأفريقيا. وتستخدم الوكالة الدولية للطاقة هذا التوزيع في سلسلة من المنشورات عن الرؤية العالمية للطاقة. وبما أن الوكالة الدولية للطاقة لديها معظم الاحصاءات الشاملة للطاقة في العالم فإن هذا التوزيع يستخدم هنا للمقارنة بين توقعات جريين بيس (Greenpeace) وتوقعات الوكالة الدولية للطاقة. و يحتوى ملحق 4 على قائمة لتعريف أسماء البلدان الواردة تحت كل تقسيم إقليمي.

(يظهر في شكل 5.2 و شكل 5.3 و شكل 5.4 مستوى قدرة الطاقة الشمسية المتوقع تركيبها في كل منطقة من العالم بحلول عامي 2020 و 2030.

السيناريو الأساسي : ستظل أوروبا تهيمن على السوق العالمي. فبحلول عام 2030 ستمتلك أوروبا 49 % من قدرة الطاقة الشمسية على مستوى العالم تليها أمريكا الشمالية بمقدار 24 % . ثم أفريقيا بقيمة 9 %.

السيناريو المعتدل: يظهر أن نصيب أوروبا أقل بكثير حيث يصبح 7 % فقط في عام 2030 أما أمريكا الشمالية فسوف تتسبب بنصيب 31 % كما سيصبح لدى الشرق الأوسط محطات ضخمة ليكون نصيبه 19 % ويصل نصيب الصين إلى 16 % والهند 7 % ودول المحيط الهادي (أساساً أستراليا) 2 %.

السيناريو المتقدم: يظهر نمو أقوى في أمريكا الشمالية حيث سيصل نصيبها من السوق العالمي 31 % في عام 2030. أي سيصبح نصيب أمريكا الشمالية تقريباً ثلث قدرة الطاقة الشمسية في العالم في حين أن نصيب أوروبا سيكون 12 % فقط أي ستأتي بعد كلاً من الشرق الأوسط الذي سيصل نصيبه إلى 16 % والصين 13 %، ولكنها ستسبق أفريقيا 9 % والهند 6 % ودول المحيط الهادي (أساساً أستراليا) 5 %.

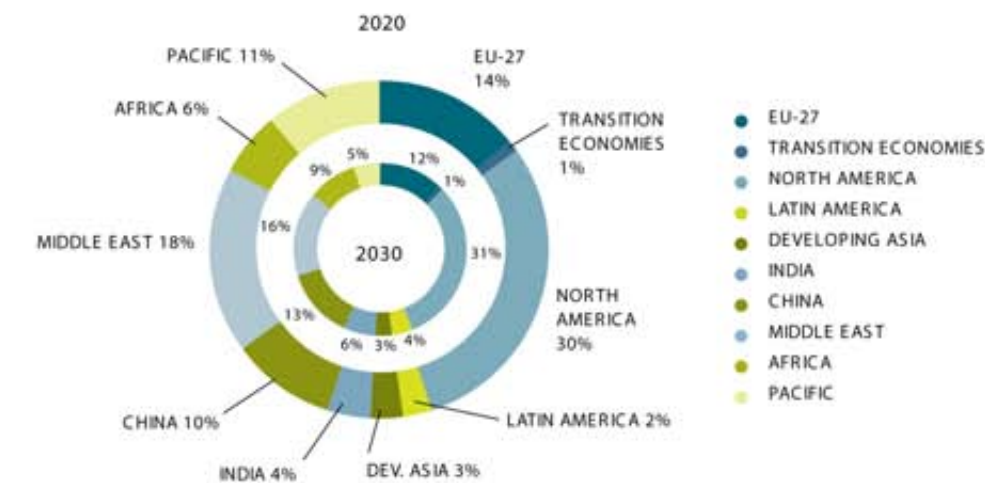
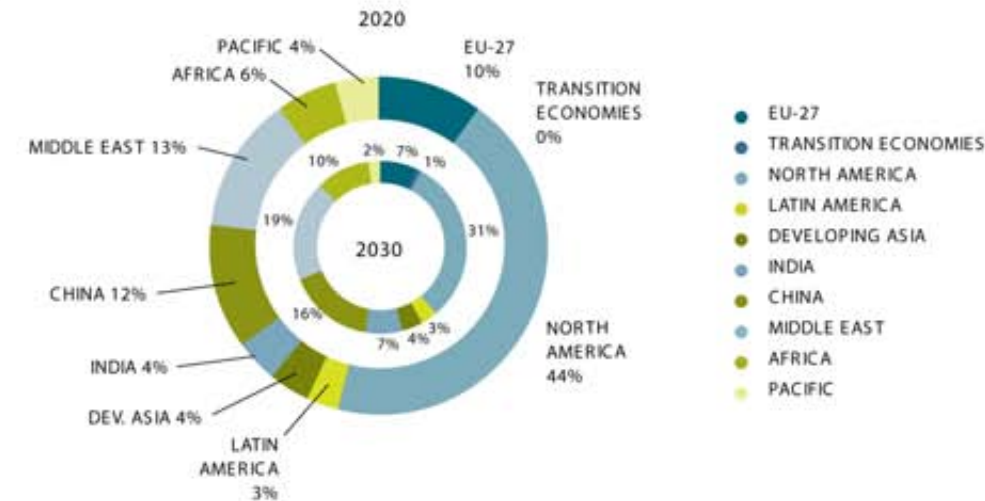
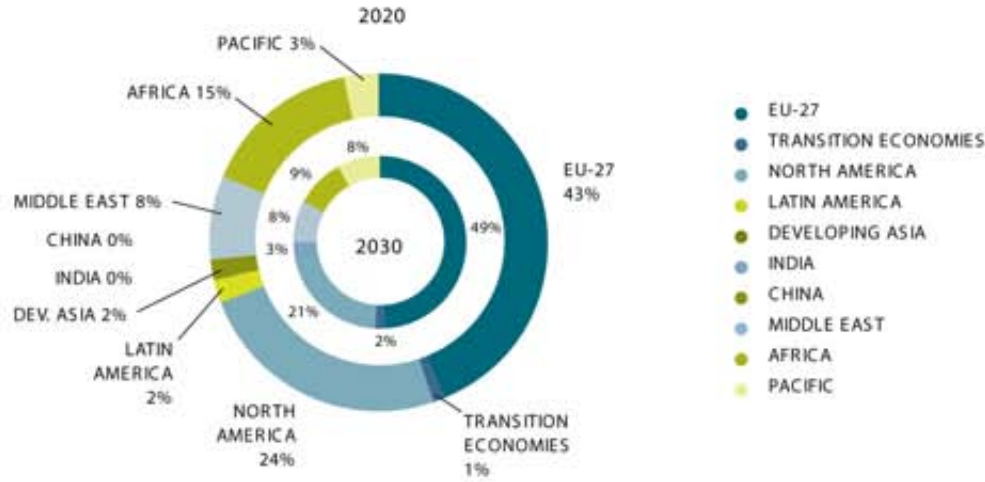
ستلعب آسيا النامية والدول التي تمر بمرحلة إنتقالية إقتصادياً في كلا من التصورين المعتدل والمتقدم دوراً ثانوياً في نفس الإطار الزمني السابق.

جدول 5.2
القدرة التراكمية
لمحطات التركيز الشمسي
حسب المكان في 2020

السيناريو المتقدم	أوروبا (EU27) الاقتصادية	أمريكا الشمالية	أمريكا اللاتينية	DEVEL آسيا	الهند	الصين	الشرق الأوسط	أفريقيا	OECD المحيط الهادي
2020 (ميغاوات)	11,290	474	2,298	2,441	3,179	8,650	15,949	4,764	9,000
السيناريو المعتدل									
2020 (ميغاوات)	6,883	328	2,198	2,575	2,760	8,334	9,094	3,968	2,848
السيناريو الأساسي									
2020 (ميغاوات)	3,065	100	1,724	0	30	30	612	1,113	475

جدول 5.3
القدرة التراكمية
لمحطات التركيز الشمسي
حسب المنطقة في 2030

السيناريو المتقدم	أوروبا (EU27) الاقتصادية	أمريكا الشمالية	أمريكا اللاتينية	DEVEL آسيا	الهند	الصين	الشرق الأوسط	أفريقيا	OECD المحيط الهادي
2030 (ميغاوات)	40,312	2,027	106,806	12,452	9,655	21,491	56,333	31,23	87,500
السيناريو المعتدل									
2030 (ميغاوات)	17,013	1,730	70,940	8,034	8,386	15,815	43,457	22,735	8,034
السيناريو الأساسي									
2020 (ميغاوات)	6,243	201	2,724	339	30	30	1,050	1,113	1,025



الاستثمار

الكهرباء المولدة من الطاقة الشمسية لها فوائد إقتصادية واسعة النطاق كحماية المناخ العالمي وزيادة خلق فرص عمل جديدة. ولذا سيتطلب زيادة حجم توليد الكهرباء بالطاقة الشمسية إستثمارات ضخمة خلال الـ 40 سنة القادمة.

يعتمد جذب المستثمرين لسوق التركيز الشمسي على رأس المال المطلوب لإقامة المحطات وتوافر مصادر التمويل ونظام تعريفية التغذية لشراء الكهرباء المنتجة ومعدل العائد المتوقع. وقد قيمت السيناريوهات المستخدمة في هذا التقرير قيمة الإستثمارات للتركيز الشمسي على أساس سنوي اعتماداً على فرضية انخفاض رأس المطلوب تدريجياً لتركيب الكيلووات كما شرحنا في السابق.

• ففي السيناريو الأساسي نجد إن حجم الإستثمار السنوي في صناعة الطاقة الشمسية الحرارية من الممكن أن يصل إلى 2.5 مليار € (3.2 مليار \$) في عام 2010 لينخفض إلى 1.5 مليار € (1.9 مليار \$) في عام 2030 ليصل أخيراً إلى 383 مليون € (494 مليون \$) فقط في عام 2050. (اليورو المستخدم بقيمة عام 2008)

• أما في السيناريو المعتدل فأننا نجد إن حجم الإستثمار السنوي في صناعة الطاقة الشمسية الحرارية سيكون 11.1 مليار € (14.3 مليار \$) في عام 2010 ثم يزيد ليصل إلى 53 مليار € (68 مليار \$) في عام 2030 ليصل إلى ذروته في عام 2050 ليكون 92.5 مليار € (119 مليار \$).

• وفي السيناريو المتقدم فإن حجم الإستثمار السنوي في صناعة الطاقة الشمسية سيصل إلى 15.4 مليار € (19 مليار \$) في عام 2010 ثم يرتفع ليصل إلى 39.7 مليار € (51 مليار \$) في عام 2020 ثم يأخذ في الارتفاع ليصل إلى 89 مليار € (51.4 مليار \$) في عام 2030 وإلى 174 مليار € (224 مليار \$) في عام 2050.

هذه الأرقام قد تبدو كبيرة ولكنها تمثل فقط جزء من الإستثمار الكلي في صناعة الطاقة في العالم. فعلى سبيل المثال فإن حجم الإستثمار السنوي في قطاع الطاقة في التسعينات كان يتراوح ما بين 158-168 مليار € (203-240 مليار \$) كل عام.

تكاليف التوليد

هناك العديد من المعايير التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند حساب تكلفة توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية أهمها على الإطلاق حجم رأس المال المستثمر في إنشاء المحطات (كما ورد بالسابق) وكمية الكهرباء المنتجة. ويعتمد المعيار الثاني اعتماداً كبيراً على ظروف الإشعاس في المنطقة المقامة فيها المحطة مما يجعل اختيار الموقع الجيد عاملاً أساسياً لتحقيق الجدوى الإقتصادية. ومن العوامل المهمة الأخرى تكاليف التشغيل والصيانة، العمر الافتراضي للتربة ومعدل الخصم (تكلفة رأس المال).

عادة ما يحسب إجمالي تكلفة إنتاج كيلووات ساعة من الكهرباء بخصم تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة على إمتداد العمر الافتراضي للمحطة الشمسية ثم قسمته على كمية الكهرباء المولدة. أي إن حساب تكلفة وحدة الكهرباء المولدة هو متوسط التكلفة على العمر الافتراضي للمحطة، والذي قد يصل إلى أربعين عاماً، طبقاً للمعايير الصناعية. وعملياً تقل التكلفة الفعلية عندما تبدأ المحطة في العمل، وذلك لانخفاض تكاليف التشغيل والصيانة وزيادة عمر مكونات المحطة بالنسبة للإفتراسات المبدئية التي عادة ما يغلب عليها التحفظ.

بأخذ كل هذه العوامل في الاعتبار فستتراوح تكلفة توليد الكهرباء بواسطة تكنولوجيا التركيز الشمسي حالياً بين 15 € /سنت /كيلووات ساعة (19 \$ /سنت) في المناطق ذات الإشعاس العالي و23 € /سنت /كيلووات ساعة (29 \$ /سنت) في المناطق ذات الإشعاس المنخفض. ومن المتوقع انخفاض التكلفة إلى ما بين 10-14 € /سنت /كيلووات ساعة (15-20 \$ /سنت) بحلول عام 2020 كنتيجة لزيادة حجم المحطات الشمسية والتوسع في عدد منتجي المكونات وقدراتهم الإنتاجية وتحسن الأداء من خلال جهود البحث والتطوير. وبالإضافة لتوقع انخفاض التكلفة فسوف تنقلص الفجوة الموجودة ما بين تكاليف إنتاج الكهرباء باستخدام الوقود التقليدي والطاقة الشمسية بسبب ارتفاع أسعار الوقود التقليدي في الأسواق العالمية مما قد يمكن الكهرباء الشمسية من منافسة كهرباء الأحمال المتوسطة المولدة باستخدام الغاز الطبيعي مثلاً في غضون من خمس إلى عشر سنوات من الآن. تتعدد مزايا الطاقة الشمسية مقارنة بالوقود الأحفوري من حيث التكلفة، والتي لم تؤخذ في الحسبان عاليه، ومنها الآتي:

• "التكاليف الخارجية الغير مباشرة" لإنتاج الكهرباء التقليدية.

فمصادر الطاقة المتجددة مثل الشمس لها فوائد بيئية واجتماعية مقارنة بالوقود التقليدي مثل الفحم والغاز الطبيعي والنفط والوقود النووي. ويمكن ترجمة هذه الفوائد إلى تكلفة يتجنبها المجتمع ويجب أن يضاف ذلك على حساب تكاليف إنتاج الكهرباء التقليدية وعندها فقط يمكن عمل مقارنة عادلة بين مصادر الطاقة المختلفة. وقد مولت المفوضية الأوروبية مشروع "ExternE" الذي قدر التكلفة الخارجية للغاز الطبيعي بحوالي 1.1-3.0 € /سنت /كيلووات ساعة (1.4-3.8 \$ /سنت) وللفحم 3.5-7.7 € /سنت /كيلووات ساعة (4.5-10.4 \$ /سنت).

العمالة

فرص العمل التي خلقت في ظل كل السيناريوهات هي عامل حاسم لابد أن يوضع في الاعتبار جنباً إلى جنب مع باقي الفوائد والتكاليف الأخرى. فإن إرتفاع معدلات البطالة يشكل عبئاً على إقتصاديات العديد من الدول في العالم، كما إن أي تكنولوجيا تتطلب عدد كبير من العمالة الماهرة وغير الماهرة تعتبر بالفعل ذات أهمية إقتصادية بالغة، فخلق فرص عمل لابد أن يبرز بقوة في صنع القرار السياسى في مختلف خيارات الطاقة. أجرت ألمانيا وأسبانيا والولايات المتحدة العديد من التقييمات على تأثير صناعة الطاقة الشمسية على العمالة. وقد إفتترض هذا السيناريو إن كل ميجاوات جديد في سوق الطاقة الشمسية المركزة سيخلق 10 وظائف سنوياً لتصنيع وتوريد مكونات المحطات الشمسية وفي إعدادها وتركيبها وتطويرها وفي العمالة غير المباشرة أيضاً. و سيتناقص هذا المستوى إلى 8 وظائف سنوياً بحلول عام 2030 حيث إن عمليات الإنتاج ستكون قد وصلت إلى المستوى الأمثل في ظل السيناريو الأساسي. كما ستضيف عمليات التشغيل والصيانة العادية وظيفية واحدة لكل ميجاوات من القدرة التراكمية.

• ويعمل نظام المناخ العالمى بصورة مختلفة تبعاً لكل إقليم وبلد، على تقييم سعر للكربون يضاف على أسعار الوقود الأحفوري مثلما أحدث البرنامج الأوروبي للتجارة والانبعاثات (European Emissions Trading Scheme) (ETS)، مما سيؤدى إلى تحسن تنافسية تكنولوجيات الطاقات المتجددة.

• مخاطر زيادة أسعار الوقود التقليدى. تعتبر الطاقة المنتجة من الشمس في مأمن من مخاطر تقلبات الأسعار التي يتعرض لها كل أنواع الوقود الأخرى مثل الغاز الطبيعى والفحم والتفط. ولذا فكلما زادت حصة الطاقة الشمسية في مزيج الطاقة التي يحتاجها المجتمع أدى ذلك إلى تقليص المخاطر التي سيتعرض لها هذا المجتمع في المستقبل نتيجة لإرتفاع أسعار الوقود الأحفوري. ففي عصر يشهد مصادر وقود محدودة وتقلب شديد في أسعارها فإن فوائد الوقود الشمسى ستبدو جلية.

• كما إن تفادى تكلفة إنشاء المحطات التقليدية للطاقة مع تفادى تكلفة مدنها بالوقود الأحفوري من شأنه تحسين إقتصاديات محطات التركيز الشمسى

إستثمارات ضخمة خلال الـ 40 سنة القادمة.

يعتمد جذب المستثمرين لسوق التركيز الشمسى على رأس المال المطلوب لإقامة المحطات وتوافر مصادر التمويل ونظام تعريفية التغذية لشراء الكهرباء المنتجة ومعدل العائد المتوقع. وقد قيمت السيناريوهات المستخدمة في هذا التقرير قيمة الإستثمارات للتركيز الشمسى على أساس سنوى إعتماذا على فرضية إنخفاض رأس المطلوب تدريجياً لتركيب الكيلووات كما شرحنا في السابق.

• ففي السيناريو الأساسي نجد إن حجم الإستثمار السنوى في صناعة الطاقة الشمسية الحرارية من الممكن أن يصل إلى 2.5 مليار € (3.2 مليار \$) في عام 2010 لينخفض إلى 1.5 مليار € (1.9 مليار \$) في عام 2030 ليصل أخيراً إلى 383 مليون € (494 مليون \$) فقط في عام 2050. (اليورو المستخدم بقيمة عام 2008)

• أما في السيناريو المعتدل فأنتنا نجد إن حجم الإستثمار السنوى في صناعة الطاقة الشمسية الحرارية سيكون 11.1 مليار € (14.3 \$) في عام 2010 ثم يزيد ليصل إلى 53 مليار € (68 مليار \$) في عام 2030 ليصل إلى ذروته في عام 2050 ليكون 92.5 مليار € (119 مليار \$).

• وفي السيناريو المتقدم فإن حجم الإستثمار السنوى في صناعة الطاقة الشمسية سيصل إلى 15.4 مليار € (19 مليار \$) في عام 2010 ثم يرتفع ليصل إلى 39.7 مليار € (51 مليار \$) في عام 2020 ثم يأخذ في الإرتفاع ليصل إلى 89 مليار € (51.4 مليار \$) في عام 2030 وإلى 174 مليار € (224 مليار \$) في عام 2050.

هذه الأرقام قد تبدو كبيرة ولكنها تمثل فقط جزء من الإستثمار الكلى في صناعة الطاقة في العالم. فعلى سبيل المثال فإن حجم الإستثمار السنوى في قطاع الطاقة في التسعينات كان يتراوح ما بين 158-168 مليار € (203-240 مليار \$) كل عام.

جدول 5.4
العمالة المفترض توفيرها
بواسطة محطات التركيز
الشمسي في ظل
السيناريوهات الثلاثة.

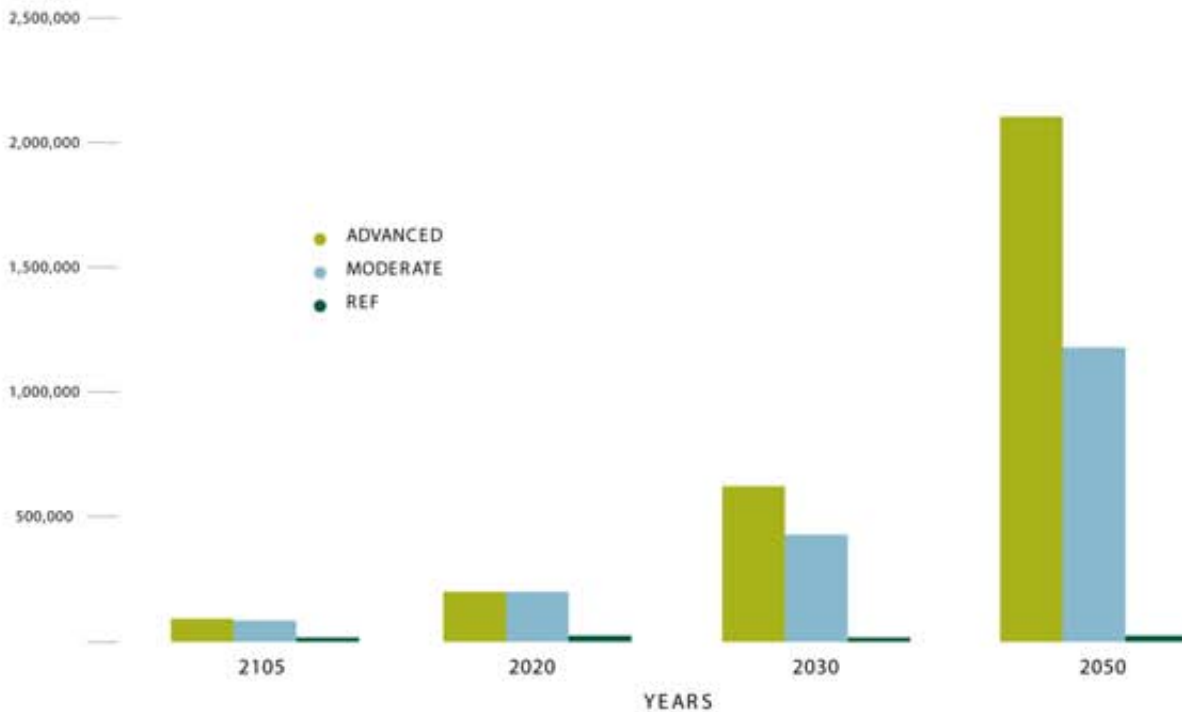
السيناريو الأساسي		السيناريو المعتدل		السيناريو المتقدم		عام
عمالة التشغيل والصيانة (وظيفة/ميجاوات)	عمالة التصنيع والتركيب (وظيفة سنوياً) (وظيفة/ميجاوات)	عمالة التشغيل والصيانة (وظيفة/ميجاوات)	عمالة التصنيع والتركيب (وظيفة سنوياً) (وظيفة/ميجاوات)	عمالة التشغيل والصيانة (وظيفة/ميجاوات)	عمالة التصنيع والتركيب (وظيفة سنوياً) (وظيفة/ميجاوات)	
10.00	1.00	10	1	10	1	2005
10.00	1.00	10	1	10	1	2010
8.82	0.86	10	1	10	1	2015
8.55	0.81	10	1	10	1	2020
8.10	0.77	10	1	9	1	2030
7.65	0.72	9	1	9	1	2040
7.20	0.68	9	1	8	1	2050

• هذا يعني إنه في ظل السيناريو الأساسي سيتم توفير أكثر من 13,000 فرصة عمل في عام 2020 وحوالي 20,000 فرصة عمل في عام 2050.

• وفي ظل السيناريو المعتدل فيمكن توفير أكثر من 200,000 فرصة عمل بحلول عام 2020 وحوالي 1,187 مليون فرصة عمل في عام 2050.

• أما في ظل السيناريو المتقدم فتشير النتائج إلى توفير ما يقرب من 210,000 فرصة عمل جديدة بحلول 2020 وحوالي 2.1 مليون فرصة عمل في عام 2050.

شكل
توقعات فرص العمل
الجديدة في المستقبل
في محطات التركيز
الشمسي.



جدول 5.5

إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون
التي يتم تجنبها بسبب استخدام
محطات التركيز الشمسي في ظل
السيناريوهات الثلاثة.

معدلات تجنب ثاني أكسيد الكربون

يعتبر ثاني أكسيد الكربون الغاز المسئول عن تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري في المقام الأول، والذي سيؤدي إلى عواقب وخيمة نتيجة تغير المناخ العالمي. ولذا فإن التقليل من إنبعاث ثاني أكسيد الكربون في الجو عالمياً يعتبر من أهم الفوائد البيئية المستفادة من الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء. وفي الوقت ذاته، فإن تأثير التكنولوجيا الحديثة للطاقة الشمسية على ميزان الطاقة هو تأثير جيد للغاية. حيث يكفى من ثلاثة إلى ستة أشهر فقط من تشغيل المحطة لتعويض كمية إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي كانت قد تسببت فيها نتيجة عمليات تمهيد الموقع وتصنيع ونقل مكوناتها وانتقالات العاملين منها إليها وتشغيلها طوال عشرين عاماً من عمرها الافتراضي. أظهرت تقديرات مجلس الطاقة العالمي مسئولية كل وقود عن قدر مختلف من إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وبذلك يعتمد حجم الاستفادة من زيادة توليد الكهرباء الشمسية من حيث تقليل إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون على نوع الوقود أو مزيج الوقود الذي قد تستبدله. ولذا استخدمنا في التحليل التالي حجم إنبعاثات مقداره 600 طن CO₂ لكل جيجاوات ساعة كقيمة متوسطة بافتراض استمرار الاتجاه إلى أحلال الغاز محل الفحم واستخدام الفحم والغاز في توليد غالبية الكهرباء بعد عشرين عاماً من الآن.

التقليل التراكمي من إنبعاث ثاني
أكسيد الكربون (مليون طن CO₂)

التقليل السنوي من إنبعاث
ثاني أكسيد الكربون (مليون طن
CO₂)

السيناريو الأساسي

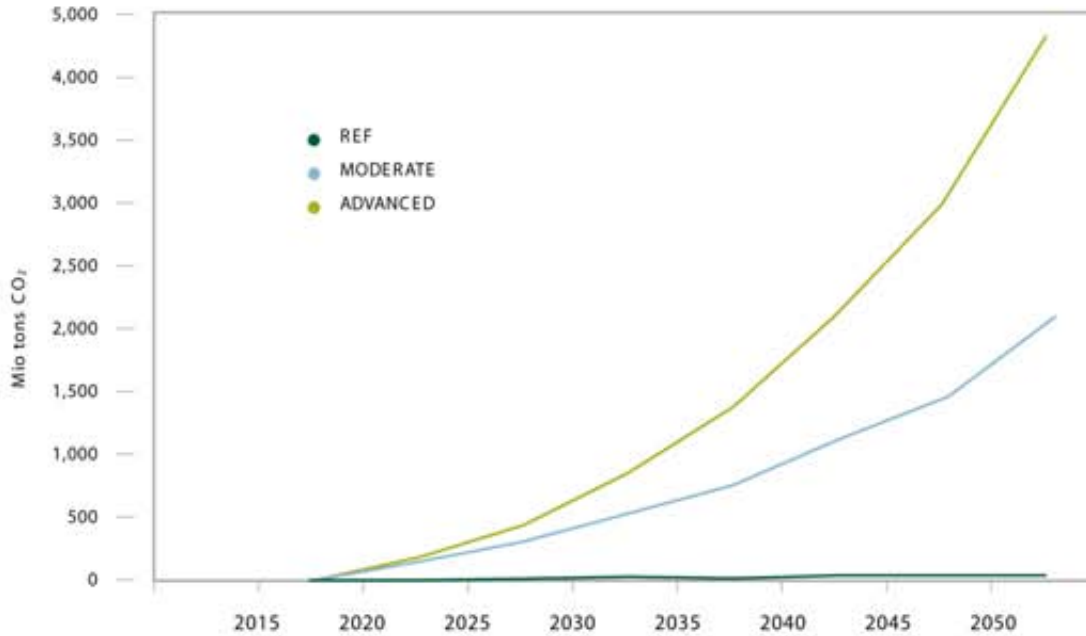
2010	3	6
2015	7	31
2020	13	82
2025	18	162
2030	24	267
2035	28	400
2040	33	552
2045	34	721
2050	40	901

السيناريو المعتدل

2010	6	10
2015	49	143
2020	148	630
2025	302	1,814
2030	523	3,920
2035	774	7,270
2040	1,157	12,113
2045	1,549	19,050
2050	2,183	28,318

السيناريو المتقدم

2010	27	70
2015	70	176
2020	213	887
2025	472	2,672
2030	900	6,189
2035	1,444	12,265
2040	2,279	21,659
2045	3,187	35,724
2050	4,727	55,250



كما يدعم هذا الافتراض أيضاً توقع إقامة حوالي نصف محطات توليد الكهرباء الشمسية بحلول عام 2020 في مناطق OECD (أمريكا الشمالية، أوروبا ودول المحيط الهادئ) حيث يتم إستبدال الفحم بالغاز الطبيعي بصورة كبيرة بينما ينتشر إستخدام الفحم في توليد الكهرباء في مناطق أخرى مما يزيد من إقلال انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بها. وبذلك يترتب على كل هذه الافتراضات بلوغ الإقلال السنوي من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الكميات التالية:

- السيناريو المعتدل: سيصل حجم ثاني أكسيد الكربون المنبعث سنوياً في عام 2020 إلى 148 مليون طن يرتفع إلى 2.1 مليار طن في عام 2050. و سيمثل التوفير التراكمي حتى عام 2020 حوالي 630 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون وعلى إمتداد كل فترة هذا السيناريو سيصل إلى أكثر قليلاً من 28.3 مليار طن.
- السيناريو المتقدم: سيصل حجم ثاني أكسيد الكربون المنبعث سنوياً في عام 2020 إلى 213 مليون طن يزيد ليصل إلى 4.7 مليار طن بحلول عام 2050. وهذا يعني توفير ما مجموعه 887 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون بواسطة محطات التركيز الشمسي وحدها حتى عام 2020. وهذا الرقم من الممكن أن يزيد ليصل إلى 55.2 مليار طن طوال فترة السيناريو.

تعتبر فترة التشغيل الأولى لمحطة
لإنتاج الكهرباء بالطاقة الشمسية
لمدة تتراوح بين ثلاثة وستة أشهر
كافية لتجنب كمية من انبعاثات ثاني
أكسيد الكربون مكافئة لمجموع
الانبعاثات التي نتجت خلال جميع
عمليات تصنيع وتركيب وتشغيل المحطة
لفترة عشرين عاما.

الفروض والعوامل الرئيسية

معدلات نمو السوق

يفترض السيناريو المتقدم معدل نمو سنوي لحجم السوق يفوق الـ 20 % مما يعد معدل مرتفع بالنسبة لأى صناعة ثقيلة. وتستند تلك المعدلات المرتفعة إلى تحليلات للحجم الحالى لسوق محطات التركيز الشمسى. وقد حقق سوقى الخلايا الشمسية الضوئية وصناعة تربيينات الرياح معدلات نمو أكبر من ذلك فى السنوات الاخيرة. وعلى سبيل المثال فقد نمت صناعة تربيينات الرياح بمعدل سنوى يفوق 30 % خلال العقد الاخير ومثل عام 2008 نمواً قياسياً حيث تعدى مجموع قدرات التربيينات المركبة ذلك العام 27 جيجاوات وبذلك تخطى إجمالى القدرات المركبة عالمياً أكثر من 120 جيجاوات .

وبالرغم من انخفاض المعدلات المفترضة للنمو السنوى للسوق فى المستقبل إلى ما هو دون 10 % فى كل من السيناريوهات الثلاثة فإذا نظرنا إلى الحجم المحتمل لسوق محطات التركيز الشمسى بعد أربعين سنة فسوف نرى ضخامة حجم المحطات التى سوف تقام من حيث القدرة الإجمالية رغماً من تدنى معدلات النمو السنوى .

متوسط القدرة

يفترض السيناريو نمو متحفظ لمتوسط قدرة المحطات الشمسية المقامة ليبلغ 100 ميجاوات فى عام 2020 ثم تستقر عند ذلك الحجم فيما بعد. تتعدد قدرات المحطات بصورة كبيرة ،ففى حين أن الطبق الشمسى الواحد من الممكن أن تصل قدرته الى 25 كيلووات نجد إن محطات الطاقة الشمسية ذات القطع المكافئ تتراوح قدراتها بين بضع ميجاوات إلى ما يتعدى الـ 250 ميجاوات. ويتوقع إستمرار نمو أحجام محطات الطاقة الشمسية إلى ما يناهز 200-300 ميجاوات. كما إنه من غير المستبعد أن يزداد حجم المحطة الواحدة فعلياً إلى ما يفوق ذلك الحجم مما سيؤدى إلى إقامة أعداد أقل من المحطات لتحقيق نفس حجم القدرة الإجمالية المطلوبة. وقد افترض السيناريو أيضاً أن العمر الافتراضى للمحطة الشمسية أربعون عاماً تحتاج بعدها للإحلال. وقد أخذت عمليات الإحلال تلك فى الحسبان عند إعداد كافة السيناريوهات.

معامل القدرة

يحدد معامل القدرة كمية القدرة التى تولدها محطة تركيز شمسى قائمة فى موقع ما نسبة إلى قدرتها الإسمية. وتعتمد قيمة المعامل على شدة الاشماس بالموقع ويمكن رفعها بتخزين حرارة الشمس. فزيادة مساحة المحطة (المضاعف الشمسى) حتى تتعدى قدرة السطح العاكس القدرة الإسمية للتربةينة. فتخزين الحرارة الشمسية الزائدة يؤدى إلى إستمرار تشغيل التربةينة بعد غروب الشمس. ومن حيث المبدأ يمكن بناء محطات بمعامل قدرة يقترب من 100 % فى مواقع تتمتع بإشماس مناسب لتصبح تكنولوجيا التركيز الشمسى قادرة فى المدى المتوسط والبعيد على إمداد أحمال الكهرباء الأساسية المستمرة على مدار الأربعة وعشرون ساعة. وعلى سبيل المثال تولد محطة شمسية بقدرة 100 ميجاوات ومعامل قدرة 30 % ما يعادل 263 جيجاوات ساعة من الكهرباء سنوياً.

ويفترض السيناريو المتقدم إن معامل قدرة محطات التركيز الشمسى سيزيد بثبات من 30 % وهى القيمة المتوسطة المفترضة لمعامل القدرة اليوم إلى 45 % فى عام 2020 ثم إلى 54 % بحلول عام 2030 وذلك نتيجة التحسن المطرد فى تخزين الحرارة بالإضافة إلى إختيار أمثل لمواقع المحطات. كما يظهر السيناريو إن المتوسط العالمى لمعامل القدرة سوف يبلغ 34 % بحلول عام 2015.

التكلفة الرأسمالية ومعدلات النمو

يعمل تطورتقنيات إنتاج مكونات المحطات الشمسية على خفض المستمر لحجم رأس المال المطلوب لإنشاءها. صممت معظم المحطات

مع عدد المحطات المقامة وليس مع قدراتها مما يضمن عدم إغفال أثر الزيادة في حجم متوسط قدرات تلك المحطات على تراجع التكلفة. وقد افترضت هذه الدراسة إن عامل التقدم يبدأ عند قيمة 90 % حتى عام 2015 ثم يستمر في الارتفاع حتى يبلغ 94 % في السيناريو الأساسي و 92 % في السيناريو المعتدل بحلول عام 2020. وقد افترضنا في السيناريو المتقدم إن القيمة المرتفعة لمعدل التقدم والبالغة نحو 90 % سيمكن إستمرارها حتى عام 2030. أما عند بلوغ جميع عمليات إنتاج المكونات وإقامة المحطات أوج نضجها بعد عام 2041 ، وفي ظل بلوغ مستوى الطلب العالى إلى ذروته فسوف ينخفض معامل التقدم إلى 0.98 .

السيناريو المتقدم فقط هو الذى يفترض معامل تقدم يصل إلى 93 % .

ولأن قطاع صناعة مكونات المحطات الشمسية لم يبلغ بعد مرحلة وجود خطوط إنتاج منتظمة فقد كان لزاماً علينا تدريج كل الافتراضات خاصة خلال السنوات الأولى التى يغلبها إنتشار سريع لمكونات المحطات مع التضخيم المستمر لحجم تلك المكونات. وذلك بالإضافة إلى غياب الإستفادة القصوى من المكاسب المنتظر تحقيقها عند تحسين التصميمات تحديداً فى تلك المرحلة المبكرة. لقد أنخفضت فعلاً تكلفة إقامة محطات التركيز الشمسى بصورة عامة ورغم ذلك فليس من الممكن اعتبار أن صناعة المكونات قد بلغت مرحلة تجارية بعد مثلما تؤكد نظريات منحنى المعرفة. وقد بلغ متوسط التكلفة الاستثمارية لإقامة كيلووات واحد 4000 € (5160 \$) فى عام 2008 سينخفض ليصل إلى 3800 € (4900 \$) فى عام 2010 (معدلة للقيمة الشرائية فى عام 2008) حسبما ورد فى السيناريوهات الثلاثة. ويظهر الجدول أدناه المعدلات المختلفة لهبوط الأسعار فى السيناريوهات الثلاثة.

القائمة حالياً على استخدام تكنولوجيا القطع المكافئ، بيد أن تكنولوجيا الأبراج الشمسية قد بدأت تأخذ دوراً متنامياً مؤخراً. وسيؤدي زيادة حجم إنتاج المكونات وميكنتها إلى خفض التكلفة بالإضافة إلى انخفاض تكلفة التركيبات فى الموقع أيضاً على إمتداد السنوات القادمة. تخلص نظرية منحنى المعرفة الصناعية إلى إنه كلما تضاعف عدد وحدات منتج معين أدى ذلك إلى انخفاض تكلفة إنتاجه بنحو 20 % مما يكافئ معدل نمو قيمته 0.8. ويعد تاريخ محطات التركيز الشمسى فريداً من نوعه حيث إنه على الرغم من انخفاض التكلفة إلى أقل من النصف فى التسعينات إلا إنه قد حدثت وقفة دامت 15 عاما ثم عاد التهاافت على إنشاء محطات جديدة الآن مما سيؤدي إلى مزيد من خفض التكلفة. وسيحقق الارتفاع الحالى لأسعار الكهرباء المولدة من تلك الصناعة فى مراحل تطوره الأولى معدل نمو قيمته 0.9.

إعتبر هذا التقرير أن الخبرة المكتسبة والمسئولة عن انخفاض التكلفة تتناسب

جدول 5: التكاليف المتوقعة لكل ميجاوات من محطات التركيز الشمسى فى ظل السيناريوهات الثلاثة.

السنة	السيناريو الأساسى		السيناريو المعتدل		السيناريو المتقدم	
	معدل النمو %	التكلفة الاستثمارية (€/كيلووات)	معدل النمو %	التكلفة الاستثمارية (€/كيلووات)	معدل النمو %	التكلفة الاستثمارية (€/كيلووات)
2005	0.90	4,000	0.90	4,000	0.90	4,000
2010	0.90	3,800	0.90	3,800	0.90	3,800
2015	0.90	3,400	0.92	3,230	0.86	3,060
2020	0.94	3,000	0.96	2,850	0.89	2,700
2030	0.96	2,800	0.98	2,660	0.91	2,520
2040	0.96	2,600	0.98	2,470	0.91	2,340
2050	0.98	2,400	1.00	2,280	0.93	2,160

مرجعية البحث

إستخدم هذا التقرير معظم المعلومات التى وردت فى دراسة
Greenpeace's Energy [R]evolution للتنبؤ بالطلب العالمى
على الكهرباء ولزويد من المعلومات عن كيفية تمثيل جهود رفع كفاءة
إستخدام الطاقة وعوامل أخرى برجااء الرجوع للمصدر الذى يمكن الحصول
عليه من موقع <http://www.energyblueprint.info>
www.greenpeace.org



6

تصدير طاقة التركيز الشمسي : منطقة حوض البحر المتوسط

خطة حوض البحر المتوسط للطاقة الشمسية 2008

أعلنت أثناء انعقاد مؤتمر قمة باريس لمنطقة حوض البحر المتوسط في 13 يوليو 2008 "خطة حوض البحر المتوسط للطاقة الشمسية" بهدف الوصول إلى إنتاج طاقات متجددة جديدة في المنطقة بقدرة 20 جيجاوات بحلول عام 2020 على النحو التالي: 3-4 جيجاوات من الخلايا الشمسية الضوئية، 5-6 جيجاوات من مزارع الرياح و 10-12 جيجاوات من محطات تركيز الطاقة الشمسية الحرارية. كما أعتبر الربط الكهربائي بين تونس/إيطاليا وتركيا/اليونان شرطاً أساسياً لتنفيذ هذه الخطة.

وقد أنهى المؤتمر إلى ضرورة تنمية وتطوير مصادر بديلة للطاقة ونشرها في الأسواق كأولوية هامة لتحقيق التنمية المستدامة كما خلص إلى ضرورة بحث جدوى تنفيذ الخطة الشمسية لحوض البحر المتوسط.

يعتبر عام 2009 توقيت حاسم كى يحد العالم من تغير المناخ حيث ستحدد محادثات كوبنهاجن ما إذا كانت التوصية الأوروبية بتخفيض الانبعاثات بمقدار 30% بحلول عام 2020 ستدخل حيز التنفيذ. مما يجعل الشراكة القوية بين الاتحاد الأوروبي (EU) والشرق الأوسط وشمال أفريقيا (MENA) عنصراً هاماً لتحقيق ذلك الهدف.

تمتلك منطقة حوض البحر المتوسط إمكانيات هائلة من الطاقة الشمسية لازمة لنموها الإقتصادي وكسلة ثمينة للتصدير بينما يستطيع الاتحاد الأوربي تقديم التكنولوجيات والتمويل الضروريين لتفعيل تلك الإمكانيات.

من المفاهيم المذهلة أنه من الثابت فنياً إن الطاقة الشمسية الواقعة على 0.04% فقط من مساحة صحراء شمال أفريقيا تكفى لتلبية طلب أوروبا (بدولها الخمسة وعشرين) من الكهرباء و 2% من مساحتها تكفى لتلبية طلب العالم أجمع. وسيصبح تصدير الكهرباء من شمال أفريقيا إلى أوروبا الغربية خياراً ممكناً مع نمو تكنولوجيا التركيز الشمسي وبلوغها مستوى التطبيق على نطاق واسع مما سوف يستلزم أيضاً إستثمارات ضخمة لإقامة محطات عملاقة ومد خطوط كهرباء عالية الجهد لتقليل الفاقد خلال التوصيل. يتسبب إستخدام المكيفات في إنقطاع التيار الكهربائي في فصل الصيف خاصة في مناطق إرتفاع الطلب أثناء ساعات الذروة مثل جنوب أسبانيا، وتعاون دول عديدة مثل دول جنوب أوروبا بشكل يومي مع البلدان المجاورة لتنسيق تلبية الطلب على الكهرباء حيث تتصل شبكات غاز وكهرباء إيطاليا وتونس والجزائر من جهة والمغرب وأسبانيا من جهة أخرى.

الإمكانيات الفنية لتكنولوجيا التركيز الشمسي في حوض البحر المتوسط / الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (MENA)

ستؤدي الزيادة السكانية ونمو اقتصاد دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى زيادة كبيرة للطلب على الطاقة حتى يبلغ مستوى الطلب الحالي في أوروبا (3,500 تيراوات ساعة سنوياً) بحلول عام 2050 حتى مع الأخذ في الاعتبار جهود رفع كفاءة استخدام الطاقة وتراجع معدلات زيادة السكان في بعض البلدان.

و لتلبية هذا الطلب سيتعين على كل دولة أن توجد في المستقبل مزيج متوازن من الطاقات المتجددة تبعاً لتنوع مواردها الطبيعية. أظهرت دراسة "تركيز الطاقة الشمسية بمنطقة حوض المتوسط" التي أجراها مركز أبحاث الفضاء والطيران الألماني (DLR) في عام 2005 عظم الإمكانيات الفنية والاقتصادية لمحطات الطاقة الشمسية الحرارية وتمكنها من تلبية إحتياجات سوق ضخمة في شمال أفريقيا وتصدير الكهرباء لأوروبا.

وبالرغم من شدة كثافة الإشعاع الشمسي في تلك المنطقة فما زالت إلى الآن لا تصدر إلا الوقود الأحفوري فقط، المسئول عن الأضرار المدمرة على المناخ، والتقلبات الغير متوقعة لإسعاره. وقد ركزت دراسة "MED-CSP" على كهرباء وماء المناطق والبلدان التي تقع في جنوب أوروبا (البرتغال، أسبانيا، إيطاليا، اليونان، قبرص ومالطا) وشمال أفريقيا (المغرب، الجزائر، تونس، ليبيا ومصر) وغرب آسيا (تركيا، إيران، العراق، الأردن، إسرائيل، لبنان وسوريا) و شبه الجزيرة العربية (السعودية، اليمن، عمان، دولة الامارات العربية، الكويت، قطر والبحرين) وقد أظهرت الدراسة ما يلي:

- لا يمكن تحقيق الإستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية إلا بالطاقات المتجددة. وإن التدابير المتخذة حالياً ما زالت غير كافية لتحقيق هذا الهدف.

- استخدام مزيج متوازن من تكنولوجيات الطاقات المتجددة في توليد الكهرباء في أوقات الذروة التقليدية وساعات الحمل المتوسط والأحمال العادية سيؤدي إلى إتاحة الوقود الأحفوري لفترات أطول وبصورة مستدامة.

- موارد الطاقة المتجددة وفيرة وبإمكانها أن تتماشى مع الطلب المتزايد على الكهرباء في مناطق الإتحاد الأوروبي والشرق الأوسط وشمال أفريقيا بل يمكنها أيضاً إمداد مناطق وسط وشمال أوروبا بالطاقات المتجددة.

- إن مصادر الطاقة المتجددة هي الخيار الأقل تكلفة لتأمين المياه والطاقة للإتحاد الأوروبي والشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

- الطاقات المتجددة هي المفتاح الرئيسي للتنمية الاقتصادية والاجتماعية وهي مصدر للشراء المستديم للشرق الأوسط وشمال أفريقيا حيث إنها تلبى الإحتياجات البيئية والاقتصادية بطريقة متوافقة.

- تحتاج الطاقات المتجددة لإستثمارات حكومية في البداية فقط فهي لا تحتاج لإعانات على المدى الطويل مثل الوقود الأحفوري والطاقة النووية. تستطيع محطات الطاقة الشمسية الحرارية في منطقة البحر المتوسط العمل بالتهجين مع الوقود الأحفوري وذلك لضمان الإمداد المستمر للكهرباء ولتأمين الطاقة. ويمكن الإطلاع على التقرير الكامل على موقع <http://www.dlr.de/tt/med-csp>.

كما يوضح الجزء السابع من هذا التقرير التوصيات والخطوات التي يجب أن تتبع للتعبيل بنشر الطاقات المتجددة في الإتحاد الأوروبي والشرق الأوسط وشمال أفريقيا وغيرها من مناطق الحزام الشمسي في العالم.

سيناريو الطاقة الشمسية لحوض البحر المتوسط

يمثل سيناريو الطاقة الشمسية لحوض البحر المتوسط وسيلة مستدامة لمواكبة الموارد مع الطلب في إطار القيود الفنية والاقتصادية والبيئية والاجتماعية لكل دولة. وسيطلب ذلك إستثمار مبكر لإقامة محطات ضخمة تستخدم تكنولوجيات الطاقة المتجددة وليس أعانات طويلة المدى مثلما كان الحال مع الوقود الأحفوري والطاقة النووية.

تمثل الشمس بجدارة أكبر مصدر من مصادر الطاقة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وستصبح الكهرباء المولدة من محطات التركيز الشمسي المصدر الأساسي لتوفير الطلب على الكهرباء لمعظم هذه البلدان. وذلك لأنها يمكن أن توفر كميات كبيرة من الكهرباء التي يمكن الإعتماد عليها عند الطلب. كما تتوافر لبعض بلدان المنطقة أيضاً مصادر لطاقة الرياح والطاقة المائية والكتلة الحيوية، مثلما ورد في تقرير

(Greenpeace's Energy [R]evolution) دور تلك المصادر في مستقبل

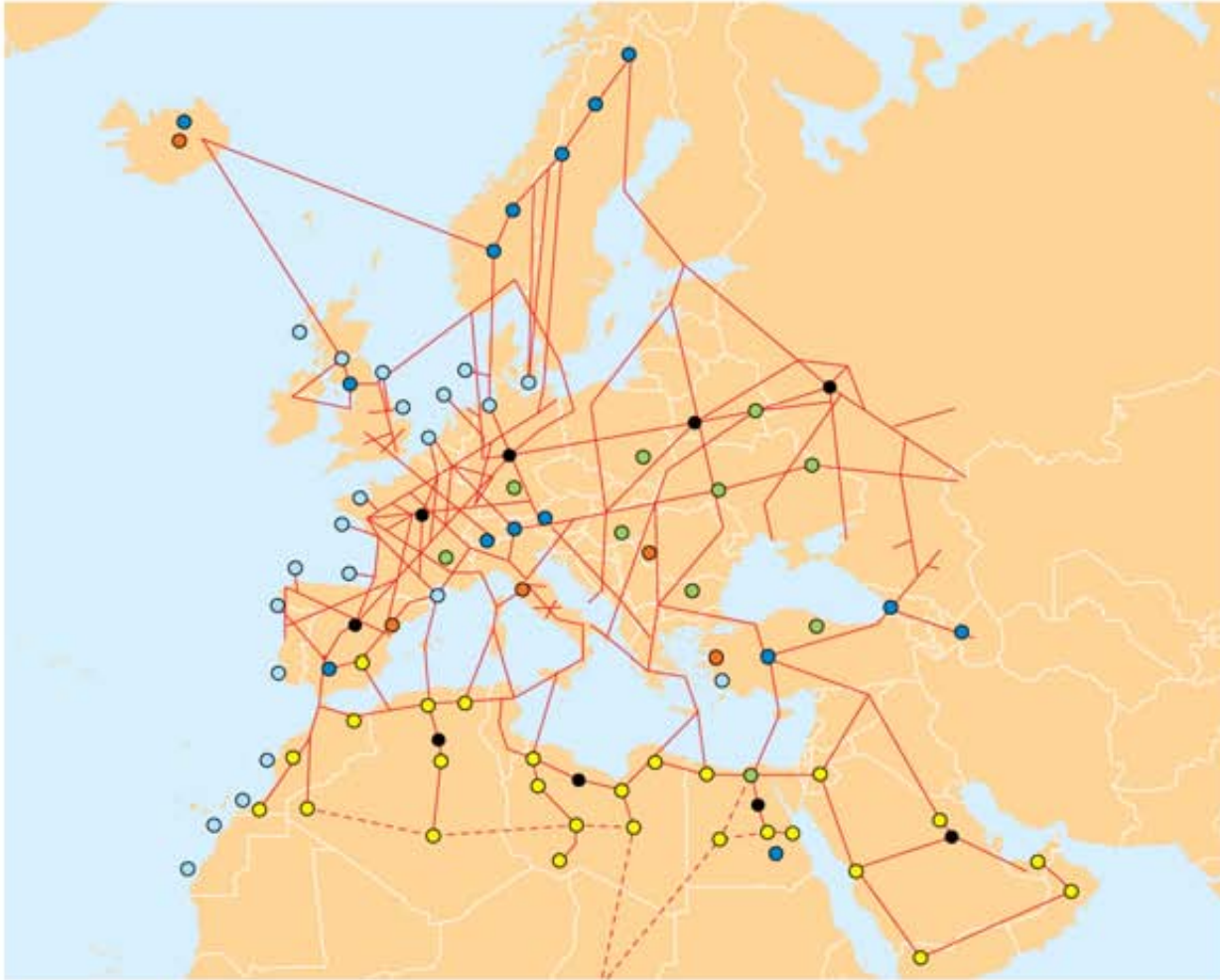
الطاقة المستدامة. وسوف يصبح بالإمكان في المستقبل إقامة أنظمة خلايا شمسية ضوئية على مساحات واسعة من الصحراء. كما يمكن أن توفر محطات التركيز الشمسي الطلب عند الحاجة و يمكن إقامتها في وقت قصير.

في حين أنه يتعين على الإتحاد الأوروبي أن يدعم مصادر الطاقة المتجددة على كافة المستويات ولكن من المرجح أن تصبح طاقة التركيز الشمسي هي المصدر الرئيسي للكهرباء في المستقبل في جنوب أوروبا وجيرانها من دول جنوب المتوسط. ولذا فإن وضع السياسات التي تضمن خطة تمويل عادلة للطاقات المتجددة في الإتحاد الأوروبي ومنطقتي الشرق الأوسط وشمال أفريقيا هي مسئولية الحكومات الوطنية والدولية لتفادي مخاطر السياسات الحالية للطاقة بما فيها من صراعات دولية و لتجنب الخسائر البيئية والاقتصادية الضخمة الناجمة عن تغير المناخ.

2050	2030	2020	2015	السيناريو الأساسي	
1,113	1,113	1,113	488	ميجاوات	أفريقيا
4	4	3	1	ثيراوات ساعة/سنة	
1,955	1,060	612	393	ميجاوات	الشرق الأوسط
7	3	2	1	ثيراوات ساعة/سنة	
8,071	6,243	3,065	1,741	ميجاوات	أوروبا
30	20	9	5	ثيراوات ساعة/سنة	
11,138	8,470	4,790	2,622	ميجاوات	المنطقة كلها
41	27	14	7	ثيراوات ساعة/سنة	
السيناريو المعتدل					
110,732	22,735	3,968	1,043	ميجاوات	أفريقيا
485	86	14	3	ثيراوات ساعة/سنة	
196,192	43,457	9,094	4,171	ميجاوات	الشرق الأوسط
359	164	33	14	ثيراوات ساعة/سنة	
34,570	17,013	6,883	2,220	ميجاوات	أوروبا
151	64	25	7	ثيراوات ساعة/سنة	
341,494	83,205	19,945	7,434	ميجاوات	المنطقة كلها
1,496	313	72	25	ثيراوات ساعة/سنة	
السيناريو المتقدم					
204,646	31,238	4,764	1,176	ميجاوات	أفريقيا
1,058	137	20	5	ثيراوات ساعة/سنة	
226,323	56,333	15,949	6,049	ميجاوات	الشرق الأوسط
1,170	247	67	24	ثيراوات ساعة/سنة	
152,371	40,312	11,290	4,379	ميجاوات	أوروبا
768	177	47	17	ثيراوات ساعة/سنة	
583,340	127,882	32,003	11,604	ميجاوات	المنطقة كلها
3,015	560	135	46	ثيراوات ساعة/سنة	

شكل ١

ربط شبكات الضغط العالي
للتيار المستمر الممكن إقامتها
لتصدير الكهرباء الشمسية
من محطات التركيز الشمسي
بشمال أفريقيا إلى أوروبا.



- WIND POWER
- BIOMASS
- GEOTHERMAL
- HYDROPOWER
- CONVENTIONAL
- SOLAR POWER

هناك عدة اسباب وجيئة لتخطيط النقل هذا:

- تستطيع الطاقة الشمسية الضخمة بالشرق الأوسط وشمال أفريقيا أن تولد بسهولة 560 تيرافوات ساعة سنوياً للتصدير بحلول عام 2050، كما إنها ستخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في أوروبا بدرجة كبيرة.
- طاقة التركيز الشمسي في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا يمكنها أن توفر الكهرباء على مدار الساعة للأحمال العادية والمتوسطة ولأحمال الذروة أيضاً، كما يمكنها أن تكمل مزيج الطاقات المتجددة الأوروبي لتوفر إمدادات طاقة آمنة.
- وجود مزيج متوازن بشكل جيد من الطاقات المتجددة المحلية والمستوردة سيقول الإعتماد على إستيراد الطاقة في أوروبا وسيبقى أساساً للتنمية الاقتصادية في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.
- ستصبح الكهرباء المولدة من محطات التركيز الشمسي الخيار الأرخص في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، فوجود مزيج متوازن من الطاقات المتجددة هو الضمان الوحيد لاستقرار أسعار

يظهر هذا الرسم البياني إمكانية ترابط شبكة الكهرباء بين أوروبا والشرق الأوسط وشمال أفريقيا (EUMENA) بفرض توصيل الكهرباء الشمسية لأوروبا حيث لا تستطيع شبكات الكهرباء التقليدية نقل كميات كبيرة من الكهرباء على مسافات طويلة. ولذا يجب أن تستخدم تكنولوجيات نقل تسمح بالجمع بين التيار المتردد التقليدي (AC) مع تيار الجهد العالي المباشر (HVDC) عند تخطيط شبكات الكهرباء عبر أوروبا.

القسم السادس

جرين بيس،
سولار بيسيس واستلا

مستقبل تكنولوجيا تركيز
الطاقة الشمسية في
العالم 2009





مجموعة عمال يتفقدون مراكز
قطع مكافئ بجوار محطة البرج
الشمسي PS-10. ويبلغ طول كل
قطع مكافئ 150 متر ويعمل على
تركيز حرارة الشمس في مائع
تسخين كي ينتج بخار لتوليد
الكهرباء.

7

مقترحات لسياسات طاقة التركيز الشمسي

وقد أصدر البرلمان الأوروبي في 23 أبريل 2009 توجيه بشأن تعزيز
مصادر الطاقة المتجددة حيث وضع هدف محدد بحلول عام 2020، وهو
أن يكون نصيب الطاقات المتجددة 20% من إجمالي الطاقة (توجيه
CE/28/2009) هذا بالإضافة إلى مد العمل باتفاقية تبادل الكربون
لوضع طاقة التركيز الشمسي في إطارا شرعية. فإذا تم تطبيق توجيهات
البرلمان الأوروبي بشكل صحيح بواسطة الاتحاد الأوروبي و دول العالم
الأخرى فسوف يحدث الآن توسع ملحوظ في حجم السوق .

ما هي السياسات التي تعمل على دعم طاقة التركيز الشمسي؟

برهن ثبات تعريفة التغذية على المدى الطويل إنه اكفا أداة للتشجيع على
دخول هذا السوق بصورة مستديمة. فقد أثبتت تجربة أسبانيا إن
التعريفة المناسبة يمكنها أن تزيد من حجم هذا السوق بصورة تصاعدية.
ويظهر جدول 7.1 قيم التعريفات المعمول بها في أسبانيا واليونان
 وإيطاليا وفرنسا و الجزائر وجنوب أفريقيا وإسرائيل والتي جرى الآن
مناقشتها في تركيا .
كما يمثل تشريع نسبة محددة لمبيعات الكهرباء النظيفة من إجمالي
مبيعات شركات التوزيع أداة فعالة أخرى لتشجيع إقامة محطات الكهرباء
الشمسية كما هو متبع في ولايات الجنوب الغربي الأمريكي، خاصة
كاليفورنيا. كذلك تمثل المنح المالية أداة دعم أخرى كما جرى في المغرب
ومصر.

تظهر توقعات سيناريوهات تركيز الطاقة الشمسية أنه في حالة الأسراع
بتنمية الصناعة ورفع مستوى كفاءة إستخدام الطاقة ستستطيع
تكنولوجيا التركيز الشمسي أن تلبى حوالى 7% من إحتياجات العالم من
الطاقة عام 2030 و الربع عام 2050.

تظهر تدابير تنمية السوق في السيناريو المعتدل أن العالم سيكون لديه
قدرة مجمعة من الطاقة الشمسية تفوق 830 جيجاوات بحلول عام 2050
بقدره سوق سنوية تقارب ال 41 جيجاوات، وهو ما يمثل 3.0-3.6% من
إحتياجات العالم في عام 2030 و 8.5-11.8% في عام 2050.

وقد أعلنت الرابطة الأوروبية للكهرباء الطاقة الشمسية الحرارية
ESTELA إن هناك العديد من المؤشرات التي تنبئ بنمو قوى لسوق
محطات التركيز الشمسي أولها النجاحات الفنية والإقتصادية لمحطات
التركيز الشمسي الريادية كخطوة أولى، ولجعل هذه التكنولوجيا في
المقدمة رأيت الرابطة الأوروبية حتمية وجود سعر مغري مضمون للكهرباء
النظيفة أو منح حوافز لسد الفجوة بين أسعار الكهرباء المكافئة ومحاولة
تخفيض أسعار مكونات المحطات وأسعار الطاقة المولدة. ويعتبر فتح أسواق
جديدة، على سبيل المثال تصدير الكهرباء من شمال أفريقيا إلى أوروبا،
عاملاً أساسياً لتنمية هذه الصناعة على المدى الطويل كما إن تطوير
الأبحاث وتنمية هذه الصناعة بصورة قوية هو أمر مطلوب لإستمرار
التحسن في تقنيات إنتاج الطاقة.

يجب على الحكومات والمهتمين بتنمية هذه الصناعة أن يضعوا التدابير
اللازمة للوصول بتكنولوجيا التركيز الشمسي لأقصى مدى. وبذا
ستستطيع هذه التكنولوجيا بالتعاون مع الطاقات المتجددة الأخرى
كالرياح والخلايا الضوئية والطاقة الحرارية الأرضية والأمواج والأشكال
المستديمة من الطاقة الحيوية أن يصبح لهم دوراً رئيسياً في تجنب كارثة
تغير المناخ.

جدول 7.1

نظرة على تعريفية التغذية
في البلدان المختلفة المعمول
بها والتي مازالت تحت
الإعداد

البلد	تعريفية التغذية	الوضع
الجزائر	حتى 200 % من التعريفية العادية لمحطات ISCC مع زيادة < 20 % للكهرباء الشمسية	منذ مارس 2004
فرنسا	30 € /سنت/كيلووات ساعة	منذ 2006
جنوب أفريقيا	R 2.10 /كيلووات ساعة (17 € /سنت/كيلووات ساعة)	اعلنت في مارس 2006
إسرائيل	16.3 \$ /سنت/كيلووات ساعة (12.6 € /سنت/كيلووات ساعة)	منذ نوفمبر 2006
أستراليا	27 € /سنت/كيلووات ساعة لمدة 25 عاماً	منذ 2007
إيطاليا	28-22 € /سنت/كيلووات ساعة	منذ 2008
الهند	تقريباً من 10 روبية/كيلووات ساعة (10 \$ /سنت/كيلووات ساعة)	أعلان 2008 (تحت التجربة)
تركيا	24 € /سنت/كيلووات ساعة للعشر سنوات الأولى ثم 20 € /سنت/كيلووات ساعة بعد ذلك	مسودة مقترحة ليست نهائية

أطر السياسة الدولية

يوجد الآن أطاران عريضان من أدوات السياسة الدولية متصلتان بطاقة التركيز الشمسي في الوقت الحالي وهما مبادرة السوق العالمي وخطة حوض البحر المتوسط للطاقة الشمسية. وقد وقع العديد من الدول على مبادرة السوق العالمي حيث اتفقوا على تحديد الأهداف المرجوة ووضع تعريفية ثابتة للتغذية وتحديد وسائل تنظيم وتمويل هذه الصناعة. ولذا نجد أن سوق طاقة التركيز الشمسي قد أنطلق في الدول التي تبنت تلك التدابير وعلى الأخص أستراليا ومن المأمول أن تلحق بها جنوب أفريقيا وإسرائيل والدول الأخرى. بيد أن الحل ليس بهذه المبادرة وحدها، حيث أن هذه المبادرة كونها إتفاقية فهي لا تمتلك الضوابط القانونية لإقرارها ولن تستطيع أن تحدث تغيير فعلي في سوق الكهرباء إلا بوجود رغبة سياسية عند حكومات الدول المعنية لتحقيق ذلك النمو. وللتدليل على فاعلية تلك الحوافز فإنه من المتوقع أن يتخطى هدف الوصول إلى 5,000 ميجاوات في أستراليا وحدها من خلال المشاريع التي مازالت تحت البناء والتنمية.

أعلنت خطة حوض المتوسط في منتصف 2008 والتي تهدف بالوصول إلى 10-12 جيجاوات من تركيز الطاقة الشمسية في عام 2020. وهذا يعكس بوضوح إمكانيات المنطقة المعدة لإستقبال هذه التكنولوجيا لإنتاج طاقة للإستهلاك المحلي وللتصدير. ففي ظل السيناريو المعتدل في هذا التقرير فإن دول أفريقيا وأوروبا والشرق الأوسط مجتمعة سيكون لديها ما يقرب من 17 جيجاوات طاقة منتجة بواسطة التركيز الشمسي في عام 2020 و 241 جيجاوات في عام 2050. ولكن نجاح هذه الخطة سوف يعتمد بالأساس على توفر وصلات الضغط العالي ما بين تونس وإيطاليا وتركيا واليونان. كما إن عدم الإستقرار السياسي في المنطقة يمثل عائقاً رئيسياً أمام تنفيذ هذه الخطة، بيد أن البيان الأولي الذي أدلى به زعماء دول البحر المتوسط يعتبر بمثابة علامة إيجابية لتنمية هذا السوق.

التوصيات

الأهداف الواجبة و الملزمة للطاقات المتجددة

للمحافظة على العالم في إطار أمن من تغييرات المناخ فينبغي أن تبلغ إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون ذروتها بحلول عام 2015 ثم تبدأ في التلاشي تدريجياً في أقرب وقت ممكن بعد عام 2050 . حدد تقرير "Greenpeace Energy [R]evolution" الصيغة التي على أساسها يمكن تحقيق هذا الهدف في ظل غياب الفحم والطاقة النووية. تتمثل الخطوط العريضة للسياسات المطلوبة لتحقيق ثورة الطاقة فيما يلي:

- رفع كافة صور الدعم عن الوقود الأحفوري والطاقة النووية وكل ما يدعم تشجيع إستخدامهما.
- إضافة تكلفة الإنبعاثات الناتجة عن توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري (التكلفة الاجتماعية والبيئية) من خلال برنامج الحد من تجارة الكربون.
- وضع معايير كفاءة صارمة لكافة الأجهزة والمباني والمركبات المستخدمة للطاقة.
- وضع أهداف ملزمة قانوناً للربط بين الطاقات المتجددة وبين توليد الحرارة والكهرباء.
- إعادة هيكلة سوق الكهرباء عن طريق إصدار ضمانات لأولوية التوصيل بالشبكة لمحطات الطاقة الكهربائية المتجددة.
- ضمان عائدات ثابتة ومحددة للمستثمرين من خلال نظم اقتصادية كنظام تعريفية التغذية مثلاً.
- زيادة ميزانيات البحث والتطوير في مجال الطاقات المتجددة ووسائل استخدام الطاقة بكفاءة.
- بالإضافة إلى هذه النهج العالمية قدمنا مجموعة من التدابير الملموسة لزيادة تركيز الطاقة الشمسية لتصل إلى المستوى الذي يمكن أن يمثل ما بين 8% إلى 25% من الطلب العالمي على الطاقة بحلول عام 2050.

- تدابير فتح اسواق جديدة
- أظهرت التجربة الفعلية في أسبانيا وأمريكا نجاح وجود تدابير صحيحة في فتح أسواق في المناطق الملائمة لإقامة محطات للطاقة الشمسية. ولتكرار هذا النجاح في مناطق أخرى فينبغي عمل الآتي:
- مد العمل بالأدوات التي سنتها إتفاقية كيوتو مثل (Clean Development Mechanism) و (Joint Implementation) إلى محطات الطاقة الشمسية لتوفير الضمانات البنكية الكافية لتمويلها.
- أن تساعد الحكومات في تركيب الأدوات المطلوبة وتعزز قوانين التغذية كأقوى أداة لدفع التوليد.
- للتنفيذ الكامل لخطة حوض البحر المتوسط للطاقة الشمسية.
- فتح الشبكة الأوروبية لإستقبال الكهرباء المولدة بالطاقة الشمسية من شمال أفريقيا وتأمين تصدير هذه الطاقة بسن أدوات لتحفيز الطلب عليها.
- فتح اسواق للطاقة المتجددة داخل وخارج الإتحاد الأوروبي مما يسمح للكهرباء النظيفة بالعبور داخل أوروبا. كما يستوجب تنفيذ هذا التبادل بين الدول ضمان تسعيرة لنقل هذه الكهرباء.
- السماح للمنظمات الأوروبية للعمل والمشاركة مع شمال أفريقيا . حيث تمتلك أفريقيا موارد شمسية غير محدودة والتي يمكن الحصول عليها عن طريق المشاركة في التكنولوجيا والمعرفة والعمالة. وهذا من شأنه بناء قاعدة من الصناعة والموارد البشرية اللازمة للأخذ بيد هذه التكنولوجيا في أفريقيا مما سيؤدي إلى تطوير العلاقات الاقتصادية وخلق إطار للإستثمار من خلال دعم تحرير سوق الكهرباء في شمال أفريقيا.

التدابير السياسية المحددة

سعر شراء الشبكة للكهرباء

كى تكون مشروعات إقامة محطات لتوليد الكهرباء بتركيز الطاقة الشمسية الحرارية فى جنوب أوروبا قابلة للتمويل البنكى فقد أجمعت مختلف أطراف الصناعة على حتمية أن يكون سعر شراء الشبكة للكهرباء يتراوح ما بين 24 - 27 € سنت/كيلووات ساعة مع ضمان إستمرار السعر التفضيلى لمدة 20-25 سنة الأولى من عمر المحطة. وبالإضافة إلى ذلك فينبغى أن يتضمن هيكل تسعير شراء الشبكة للكهرباء ما يلى :

- طمانة المستثمر بضمان إستمرار الإتفاق التفضيلى كى يتثبت من تحقيق العائد المرجو من الإستثمار.
- نشر المدة الزمنية التى يحق خلالها قبول المشروعات المقدمة.
- العزوف عن تخفيض السعر التفضيلى لشراء الكهرباء إلا بعدما يحقق المشروع ربحيته حتى لا يتحمل المستهلك نفقات اضافية.

ضمانات الأقراض

وتحديداً فيما يخص مشاريع إقامة محطات فى الدول النامية بشمال أفريقيا فيجب تسهيل الحصول على ضمانات بنكية دولية من خلال جهات رسمية مثل مرفق البيئة العالمى (GEF) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) وبرنامج الأمم المتحدة للتنمية (UNDP).

دعم التكنولوجيا المستحدثة

مثلما هو الحال مع كل الصناعات المستحدثة، فالجيل الجديد من التكنولوجيا عادة ما يكون أقل تكلفة، وتساعد العوامل الآتية على تحقيق هذا الهدف:

- تمويل المحطات الريادية فى مراحلها السابقة على القابلية التجارية لتحفيز الأجيال التالية من المحطات لدخول السوق.
- مساندة الإتحاد الأوروبى للمحطات الريادية بتوفير ضمانات للأقراض لتغطية مخاطر التطوير التكنولوجى.
- تمويل أنشطة البحث والتطوير فى المجالات الآتية (أجزاء مكونات المحطات، طلاء المستقبل الحرارى، تخزين الحرارة، وسائط نقل الحرارة إما بتوليد البخار مباشرة أو باستخدام الملح المنصهر، أنواع المحركات البخارية، وإعادة توجيه الأشعة المركزة كى يتم الإستفادة منها فى منشآت على سطح الأرض بدلاً من أعلى البرج).

التدابير التكنولوجية المحددة

الوقود المستخرج من طاقة الشمس

تهدف تلك التدابير إلى إستنباط وسائل مقبولة فنياً وتجارياً لإنتاج وقود من طاقة الشمس وبالأخص الهيدروجين بواسطة عمليات كيميائية حرارية. ولتحقيق تلك الغاية فقد أوصت جمعية الصناعة (SolarPACES) بدعم من جرين بيس (Greenpeace) القيام بالآتي:

- الأسراع بجهود البحث والتطوير للانتقال من إقتصاد اليوم القائم على الوقود الأحفوري إلى إقتصاد الغد القائم على الهيدروجين المنتج من الطاقة الشمسية. ولدراسة العمليات الكيميائية الحرارية المطلوبة لإنتاج الهيدروجين على نطاق واسع فقد رسم مشروع (INNOHYP-CA) 2004-2006 بواسطة EU-FP6 خارطة الطريق لتحقيق تلك الغاية.
- تأكيد الجدوى الفنية والإقتصادية لتكنولوجيات الإنتاج الكيميائي الشمسي من خلال دعم جهود التطوير وبناء النماذج.
- ترسيخ دعائم الإجماع الدولي على أن وقود المستقبل الواعد يتمثل في الكهرباء الشمسية و الهيدروجين.
- الأقرار بضرورة بدء الانتقال من الوقود الأحفوري إلى الطاقات المتجددة ومن البنزين إلى الهيدروجين.
- ألتزام الحكومات والمشرعين والمراقق وبنوك التنمية ومستثمرى القطاع الخاص بتنمية البنية التحتية وخلق أسواق جديدة.

التسخين الشمسي في العمليات الصناعية

تدعو الوكالة الدولية للطاقة (IEA) وجرين بيس (Greenpeace) إلى تشجيع إستخدام الطاقة الشمسية في العمليات الصناعية عن طريق:

- أتاحة حوافز لتحسين الجدوى الإقتصادية للصناعات المهتمة بالاستثمار في إستخدامات الطاقة الشمسية الحرارية؛ وأمثلة على ذلك توفير قروض بفوائد ميسرة، تخفيض الضريبة، الدعم المادى المباشر وإيجاد مصادر جديدة للتمويل. وقد لوحظ إن إستخدام تلك الحوافز لم يتحقق ألا على نطاق ضيق حتى الآن.
- العمل على إقامة محطات ريادية للطاقة الشمسية الحرارية في مختلف الصناعات مع مراعاة تنوع المراكز الشمسية المستخدمة والمستخدمة.
- رفع وعى مختلف القطاعات الصناعية بإمكانات إستخدام الطاقة الشمسية الحرارية في العمليات الصناعية من حيث:
 - التكلفة الفعلية لتوليد الحرارة بإستخدام مصادر الوقود التقليدي في إدارة التكلفة الكلية للعملية الصناعية.
 - الفوائد المترتبة على إستخدام تكنولوجيا التسخين الشمسي الحراري المناسبة.
- دعم المزيد من التطوير الذى يهدف إلى تحسين التقنية وتخفيض التكاليف خاصة في الإستخدامات التى تحتاج درجات حرارة مرتفعة.

نبذة عن المؤلفين:

إستلا (ESTELA)

- إستلا (ESTELA) هي اتحاد الصناعات الأوروبية المنشأ لدعم صناعة الكهرباء الشمسية الحرارية الأوروبية الصاعدة لنشر الطاقة الخضراء في أوروبا و الخارج و على الأخص في منطقة حوض البحر المتوسط. وتفتح إستلا أبوابها لمشاركة كل الأطراف المعنية في أوروبا؛ المروجين والمستثمرين والمصنعين والمرافق والشركات الهندسية والجهات البحثية و ذلك للقيام بما يلي:
- نشر استخدام التكنولوجيات الشمسية الحرارية في تطبيقات متوسطة ومرتفعة الحرارة بهدف تحقيق الطاقة المستدامة.
- دعم البحث والابتكار من خلال التدريب المهني و التشجيع على تكافؤ الفرص.
- نشر الإمتياز في تخطيط وتصميم وبناء وتشغيل محطات الكهرباء الحرارية.
- تشجيع توليد الكهرباء الحرارية على المستوى الدولي ، ولا سيما في منطقة البحر الأبيض المتوسط والدول النامية.
- المشاركة في العمل على الصعيد الدولي للتعاون على مكافحة تغير المناخ.
- تمثيل قطاع الكهرباء الشمسية الحرارية على المستوى الأوروبي والدولي.

سولار بيسيس SolarPACES

سولار بيسيس هي منظمة تعاون دولي تجمع فرق من الخبراء المحليين من أنحاء العالم للعمل على تطوير وتسويق أنظمة تركيز الطاقة الشمسية الحرارية. وتعد واحدة من العديد من برامج التعاون التي تديرها الوكالة الدولية للطاقة بغرض المساهمة في إيجاد حلول لمشكلة الطاقة في العالم. وتركز المنظمة على جهود تطوير التكنولوجيا وعلى جمع الدول الأعضاء معاً بهدف تقديم حلول لمختلف المعوقات الفنية في طريق نشر تكنولوجيات تركيز الطاقة الشمسية في الأسواق. كما إنها تعمل على نشر الوعي بإمكانات تكنولوجيات الطاقة الشمسية الحرارية .

جرين بيس العالمية (Greenpeace International)

جرين بيس هي منظمة عالمية تستخدم التدخل السلمي المباشر للتصدي لأهم الأخطار التي تهدد البيئة والتنوع البيولوجي لكوكبنا. وهي منظمة لا تهدف للربح ممثلة في 40 دولة في أوروبا والأمريكتين وآسيا ودول المحيط الهادئ بهدف التعبير عن 2.8 مليون مناصر من جميع أنحاء العالم وتلهم المبادرات اليومية عن مطالبهم. وكي تحافظ على أهدافها البيئية في جميع أنحاء العالم، تبرعات الحكومات والشركات وتعتمد على المساهمات المقدمة من أفراد و جمعيات.

بدأت جرين بيس حملتها للتصدي للتدهور البيئي في عام 1971 عندما أبحر مركب صغير بمتطوعين وصحافيين إلى منطقة أمشيتكا Amchitka، في الغرب من ألاسكا ، حيث كانت حكومة الولايات المتحدة بصدد إجراء تفجيرات نووية تحت سطح الأرض. و منذ ذلك الحين و تستمر جرين بيس في إتباع أسلوب إظهار الشهادة سلمياً و تستخدم السفن كوسيلة هامة في حملاتها.

Abbreviations

جرين بيس الدولية (Greenpeace International)

جرين بيس هي منظمة عالمية تستخدم التدخل السلمى المباشر للتصدي لأهم الأخطار التي تهدد البيئة و التنوع البيولوجي لكوكبنا. وهي منظمة لا تهدف للربح ممثلة في 40 دولة في أوروبا والأمريكيتين وآسيا ودول المحيط الهادئ بهدف التعبير عن 2.8 مليون مناصر من جميع أنحاء العالم وتلهم المزيد من الملايين للتعبير اليومى عن مطالبهم. وكى تحافظ على إستقلاليتها ترفض جرين بيس تبرعات الحكومات والشركات وتعتمد على المساهمات المقدمة من أفراد وجمعيات.

بدأت جرين بيس حملتها للتصدي للتدهور البيئي في عام 1971 عندما أبحر مركب صغير بمتطوعين وصحافيين إلى منطقة أمشيتكا Amchitka، في الغرب من ألاسكا، حيث كانت حكومة الولايات المتحدة بصدد إجراء تفجيرات نووية تحت سطح الأرض. ومنذ ذلك الحين وتستمر جرين بيس في إتباع أسلوب إظهار الشهادة سلمياً وتستخدم السفن كوسيلة هامة في حملاتها.

EPC	Engineering, Procurement, Construction – a type of contract for 'turnkey' solutions
GEF	Global Environmental Facility
DIS5	Direct Solar Steam
ISCC	Integrated Solar Combined Cycle
LFR	Lineal Fresnel Reflector
NEAL	New Energy Algeria
NREA	New and Renewable Energy Authority
ONE	Office National D'electricite (Electricity company of Morocco)
SEGS	Solar Energy Generating System

Major solar thermal and CSP plants operating and under construction in mid-2009

Status indicates O = operating, C = under construction/commissioning, P = proposed

Information taken from many sources, including SolarPACES and Protermosolar (<http://www.protermosolar.com/>), and company press releases

الحجم الحالي والمستقبلي لسوق تركيز الطاقة الشمسية

قائمة بالمحطات الشمسية الحرارية ومحطات التركيز الشمسي العاملة منها والتي مازالت تحت الإنشاء (حتى منتصف عام 2009).
ع - عاملة، ش - تحت الإنشاء أو تجارب بدء التشغيل، م - مقترحة

الترتيب	اسم المنشأة، تفاصيل الإنشاء	مرحلة	التكنولوجيا	القدرة بالميجاوات	النصيب الشمسي (ميجاوات كهرباء)	تاريخ التشغيل
أستراليا	أشاليم، طرحت مناقصة لإقامة محطاتين للكهرباء الشمسية بقدرة تشغيل ما بين 80 إلى 125 ميجاوات لكل منهما و مجموع قدرة حتى 220 ميجاوات	م	قطع مكافئ	220	220	2012
المغرب	Morocco ISCC Plant 2	ع	قطع مكافئ	6	6	لم يعلن بعد
المغرب	ONE/Abengoa	ش	ISCC / قطع مكافئ	470	20 (i)	لم يعلن بعد
الجزائر	حاسن زمال، أبنجوا تمويل من مرفق البيئة العالمي، أقرحت NEAL مناقصة BOOT لمستثمرين محليين و دوليين لإقامة محطة شمسية/ غاز طبيعي بقدرة 150 ميجاوات	ش	ISCC / قطع مكافئ	150	25 (ii)	2010
مصر	الكريمنات، إمبردولا/فلاجيل/OCI تمتلك NREA المحطة وتغطي جزء التمويل بالتملة المحلية (مع مساعدة من GEF) ويشارك JBIC في التمويل بقرض ميسر بقيمة 97 مليون \$	ش	ISCC / قطع مكافئ	150	20	2010 (i)
الجزائر	محطة ISCC، NEAL بقدرة 330 ميجاوات غاز طبيعي و 70 ميجاوات شمسي لكل منهما	م	ISCC / قطع مكافئ	800	140	2015
جنوب أفريقيا	Northern Cape Province-Eskom	م	برج شمسي	100	100	لم يعلن بعد
أسبانيا	سولوكار PS-10، نجوار مدينة أشبيلية و تعد أول محطة شمسية لوسل بالشبكة الأسبانية متحت 5 مليون يورو من القروض الأوروبية و تولد 24 جيجاوات ساعة من الكهرباء الشمسية سنوياً	ع	برج شمسي	11	11	2006
أسبانيا	ألز الكويار، TH، أبنجوا	ع	مليق / ستيرلنج	8x0.01	0.08	لم يعلن بعد
أسبانيا	انداسول 1-2، 8، سولار ميلنوم / ACS Cobra محطات بقدرة 50 ميجاوات لكل منهما	ع	قطع مكافئ	100	100	2008/09 (ii)
أسبانيا	انداسول 3-، سولار ميلنوم 50 ميجاوات و 7.5 ساعة تخزين	ش	قطع مكافئ	50	50	2011
أسبانيا	أبرسول، سولار ميلنوم 50 ميجاوات و 7.5 ساعة تخزين	ش	قطع مكافئ	50	50	2011
أسبانيا	PS-20، أبنجوا، تحت الإنشاء و سوف لوسل للشبكة عام 2009 بـ 10 PS-10، جيجاوات ساعة سنوياً	ش	برج شمسي	20	20	2009
أسبانيا	سولوكا، الكريمنات، 1 و 3، أبنجوا ثلاث محطات بقدرة 50 ميجاوات لكل منهم و محطتان مقترحتان سوف ينتجوا إجمالاً 114.6 جيجاوات سنوياً	ش	قطع مكافئ	150	150	2009-10 (iii)
أسبانيا	ليبريخا، سائير و سويل (فالوريزا)	ش	قطع مكافئ	50	50	2010 (iv)
أسبانيا	أبرسول لوباد ريال، إمبردولا منتج 114 جيجاوات سنوياً لمدة 25 عاماً	ش	قطع مكافئ	40	40 (iii)	2009
أسبانيا	الفارادو 1 -، أكسيونا	ش	قطع مكافئ	50	50	2009
أسبانيا	بالا دي ريو 2&1 أكسيونا محطتان بقدرة 50 ميجاوات لكل منهما يبدأ إنشاء الثانية في يونيو 2009	ش	قطع مكافئ	100	100	2010
أسبانيا	بورتيانو، إمبردولا	ش	قطع مكافئ	50	50	لم يعلن بعد
أسبانيا	مانشاسول 1- ACS Cobra محطات بقدرة 50 ميجاوات لكل منهما	ش	قطع مكافئ	100	100	2010/11
أسبانيا	أكستريسول 1- ACS Cobra، محطتان بقدرة 50 ميجاوات لكل منهما	ش	قطع مكافئ	100	100	2009/10 (v)
أسبانيا	جيماسولار (Solar) Sener Masdar (Tres)، أول برج شمسي يستخدم الفلح المتصهر لإنتاج 100 جيجاوات ساعة سنوياً	ش	برج شمسي	50	17	2008
أسبانيا	PE1، Novatec/Prointec	ع	فريزات	1.4	1.4	2009
أسبانيا	Badajoz، La Dehesa، SAMCA	ش	قطع مكافئ	50	50	2009
أسبانيا	Badajoz، La Florida، SAMCA	ش	قطع مكافئ	50	50	2010
أسبانيا	ماخاداس 2، أكسيونا	ش	قطع مكافئ	50	50	2009
إيطاليا	إضاءة شمسية لمحطة قدرة مركبة قائمة بالفعل	ش	قطع مكافئ	760	5	2010
أسبانيا	انداسول 3-، سولار ميلنوم	م	قطع مكافئ	50	50	2011
اليونان	محطة شمسية تستخدم دورة بخار	م	قطع مكافئ	50	50	لم يعلن بعد
ألمانيا	برج شمسي بوليش	ع	برج شمسي	1.5	1.5	2008

الموقع	اسم المنشأة، تفاصيل الإنشاء	مرحلة	التكنولوجيا	القدرة بالميجاوات	التصليب الشمسي (ميجاوات كهرباء)	تاريخ التشغيل
الولايات المتحدة	Luz/Solel SEGS VIII&IX محطتان بقدرة 80 ميجاوات لكل منهما	ع	قطع مكافئ	160	160	(i) 90/1989
الولايات المتحدة	Luz/Solel SEGS II-VII 6 محطات بقدرة 30 ميجاوات لكل منهم	ع	قطع مكافئ	180	180	89-1984
الولايات المتحدة	Luz/Solel SEGS I	ع	قطع مكافئ	13.8	13.8	1984
الولايات المتحدة	محطة ساجوارو: سولار جينيكس	ع	قطع مكافئ	1	1	2006
الولايات المتحدة	Acciona Nevada Solar One بدأ البناء في 2006. التشغيل التجاري سيتبع أكثر من 130 ميجاوات ساعة سنوياً	ع	قطع مكافئ	64	64	2007
الولايات المتحدة	كمبرلندا، أوزرا	ع	فريتيل	5	(i) 5	2008
الولايات المتحدة	محطة ايداهو الريادية: سوبوجي	ش	قطع مكافئ	0.05	0.05	
الولايات المتحدة	موجافي، سوليف، أبرم عقد شراء كهرباء في 2007 لإمداد 400.000 منزل.	م	قطع مكافئ	553	(ii) 553	2011
الولايات المتحدة	المرحلة الأولى من سولار 1 Stirling Energy Systems (SES)	م	طبق/محرك	300	300	2012-2009
الولايات المتحدة	المرحلة الأولى من سولار 2، أبرمت SES عقد شراء كهرباء مع شركة Southern California Edison بقدرة 500 ميجاوات مع احتمال زيادته إلى 850 ميجاوات	م	طبق-محرك	500	500	2010-2009
الولايات المتحدة	سولار 1، أيلنجو أبرمت شركة أيلنجو عقد إقامة وتشغيل مع Arizona Public	م	قطع مكافئ	280	280	2012
الولايات المتحدة	كاريزو (كاليفورنيا)، أوزرا جاري بناء المكونات في مصنع أقامته أوزرا في الولايات المتحدة	م	فريتيل	177	177	(ii) 2010
الولايات المتحدة	هاربر ليك (كاليفورنيا)، NextEra	م	قطع مكافئ	250	250	2011
الولايات المتحدة	بيكون (كاليفورنيا)، NextEra	م	قطع مكافئ	250	250	2011
الولايات المتحدة	أيفانها 1، Brightsource Energy	م	برج شمسي	100	100	2010
الولايات المتحدة	أيفانها 2، BrightSource Energy	م	برج شمسي	300	300	2013-2012
الولايات المتحدة	كاليفورنيا، Brightsource Energy عقد شراء كهرباء مع PG&E	م	برج شمسي	900	900	لم يعلن بعد
الولايات المتحدة	كاليفورنيا، Brightsource Energy عقد شراء كهرباء مع Southern California Energy	م	برج شمسي	1300	1300	لم يعلن بعد
الولايات المتحدة	فلوريدا، فلوريدا للإنارة والطاقة، أوزرا (ii)	م	فريتيل	300	300	لا توجد معلومات
الولايات المتحدة	نيو ميكسيكو، eSolar	م	برج شمسي	105	105	2011
الولايات المتحدة	eSolar Southern California عقد شراء كهرباء مع SCEiii	م	برج شمسي	140	140	2011
الولايات المتحدة	Martifer Renewables Coalinga	م	قطع مكافئ	107	107	2011
الولايات المتحدة	Next Generation Solar Centre NextEra	م	قطع مكافئ مضاف إلى ISCC	75	75	2011
الولايات المتحدة	المرحلة الثانية من SES Solar2	م	طبق/محرك	600	600	2011
الولايات المتحدة	تيفادا، سولار ميلنيوم	م	قطع مكافئ	250	250	2014-#2013
الكنسك	محطة شمسية حرارية مهيئة، تمويل من GEF، لم يوقع العقد بعد IV	م	قطع مكافئ	480	31	لم يعلن بعد
الولايات المتحدة	Bethel Energy، كاليفورنيا	م	قطع مكافئ	100	100	لم يعلن بعد
الولايات المتحدة	Inland Energy Palmdale Hybrid	م	قطع مكافئ مضاف إلى ISCC	50	50	لم يعلن بعد
الولايات المتحدة	Victorville Hybrid، Inland Energy	م	قطع مكافئ مضاف إلى ISCC	50	C 50	لم يعلن بعد
الصين	China Plant Expansion Solar Millennium	ش	قطع مكافئ	50	50	لم يعلن بعد
أستراليا	Liddel Power Station Ausra/Macquarie Generation	ش	فريتيل	2000	2	2009
مجموع القدرات القائمة (ميجاوات)		560 ميجاوات				
مجموع القدرات تحت الإنشاء		984 ميجاوات				
مجموع القدرات المقترحة		7,463 ميجاوات				

Notes for Table

ملحق 2

- i Abengoa Solar Project Information Page
http://www.abengoasolar.com/sites/solar/en/our_projects/international.morocco/index.html. Accessed on 9/4/09/
- ii Abengoa Solar Project Information Page
http://www.abengoasolar.com/sites/solar/en/our_projects/international.algeria/index.html. Accessed on 9/4/09/
- iii Flagsol Project Information Page
http://www.flagsol.com/gef_projects.htm. Accessed on 9/4/09
- iv Eskom Fact Sheet (2007)
http://www.eskom.co.za/live/content.php?Item_ID=28&Revision=en/113
 Accessed on 27/04/09
- v Project Information Page Flagsol
http://www.flagsol.com/andasol_projects.htm Accessed on 20/04/09
- vi Project Information page. Abengoa Solar
http://www.abengoasolar.es/sites/solar/en/our_projects/solucar/index.html Accessed on 20/04/09
- vii Solel Press Release. February 19 2009. Solel Begins Construction on New 50 MW Solar Field in Spain Using Advanced SunField LP Technology <http://www.solel.com/files/press-pr/lebrija-release-englishfinal2.pdf>. Accessed on 20/04/09
- viii Renewable Energy Word. April 9. 2007
<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2007/10/iberdrola-ingenieria-to-build-isccs-150-mw-solar-thermal-plant-in-egypt>
 Accessed on 20/04/09 .50195
- ix ACS Press Release Cobra begins construction on Extresol-1 in Torre de Miguel (Bajaoz). July 2007
http://www.grupoacs.com/adjuntos/2173_nota_de_prensa_extresoleng_.pdf. Accessed on 20/04/09
- x Presentation By SolarGenix Energy to IEEE. 2006
http://ewh.ieee.org/r6/las_vegas/IEEEELASVEGASMAY2006.pdf
 Accessed on 20/04/09
- xi Ausra Fact Sheet. The Kimberlina Solar Thermal Energy Plant
<http://www.ausra.com/pdfs/KimberlinaOverview-101108.pdf>
 Accessed on 20/04/09
- xii PG&E Press Release. June 2007 PG&E Signs Contract with Solel for 553 MW http://www.solel.com/files/press-pr/pge_solel.pdf
 Accessed on 20/04/09
- xiii Abengoa Project Update
http://www.abengoasolar.com/sites/solar/en/our_projects/solana/index.html accessed on 9/4/09
- xiv Ausra Press Release. Nov 2007. PG&E and Ausra announce MW Solar Thermal Agreement 177
<http://www.ausra.com/news/releases/071105.html>. accessed on 9/4/09
- xv FPL Press Release Sept 2007 FPL Plans to boost US Solar Energy Production <http://www.fplgroup.com/news/contents/2007/092607.shtml>. accessed on 9/4/09
- xvi CNET news. June 3 2008. eSolar lands solar power plan deal http://news.cnet.com/8301-11128_3-9959107-54.html. accessed on 9/4/09
- xvii World Bank Project database. Project ID: P066426
<http://web.worldbank.org>. Accessed on 9/4/09.Man/SPC

بعض الشركات العاملة في مجال تركيز الطاقة الشمسية

أنظمة القمطع المكافئ

- أكسيونا
- ACS
- أبنجوا
- سينير
- سولارميليونوم
- سكاى فيول
- سوليل
- سولار 21

عاكس فريينيل الخطى

- أوزرا
- MAN/SPC
- نوفاتيك/بيوسول
- سكاى فيول

أبراج الطاقة

- أبنجوا
- برايت سورس للطاقة
- سولار ريزيرف
- اى سولار

أنظمة محركات الأطباق

- Stirling Energy Systems
- Schlaich Bergermann und P.
- مجموعة إنفينا
- برايتون للطاقة

محركات ستيرلينج

- كوكس
- كلين اينرجى
- Stirling Energy Systems
- مجموعة إنفينا
- سن باور

مكونات الملح المنصهر

- Friatec-Rheinhuetet
- SQM

ملحق 3

محطات الطاقة الشمسية الريادية

اسم المحطة	الموقع	القدرة (ميغاوات كهرباء)	التكنولوجيا-مائع نقل الحرارة وسيط التخزين	تاريخ بدء التشغيل	التمويل
Eurelios	أندرانو، صقلية	1	برج، ماء/بخار	1981	الاتحاد الأوروبي
SSPS/CRS	أليريا، أسبانيا	0.5	برج، صوديوم	1981	8 دول أوروبية والولايات المتحدة
SSPS/CRS	أليريا، أسبانيا	0.5	برج، صوديوم	1981	8 دول أوروبية والولايات المتحدة
SSPS/DCS	أليريا، أسبانيا	0.5	قطع مكافئ، زيت مصنع	1981	8 دول أوروبية والولايات المتحدة
Sunshine	نيو، اليابان	1	برج، ماء/بخار	1981	اليابان
Solar One	كاليفورنيا، الولايات المتحدة	10	برج، ماء/بخار	1982	إدارة الطاقة الأمريكية وشركات مرافق
Themis	تارجاسون، فرنسا	2.5	برج، ملح منصهر	1982	فرنسا
CESA-1	أليريا، أسبانيا	1	برج، ماء/بخار	1983	أسبانيا
MSEE	البيوكريك، الولايات المتحدة	0.75	برج، ملح منصهر	1984	إدارة الطاقة الأمريكية وشركات مرافق
SEGS-1	كاليفورنيا، الولايات المتحدة	14	قطع مكافئ، زيت مصنع	1984	قطاع خاص - لوت
Vanguard	الولايات المتحدة	0.025	طبق قطع مكافئ، هيدروجين	1984	مجموعة أدفانكو
MDA	الولايات المتحدة	0.025	طبق قطع مكافئ، هيدروجين	1984	ماكسونيل-دوجلاس
C3C-5	كريميا، روسيا	5	برج، ماء/بخار	1985	روسيا

ملحق 4 : قائمة الدول حسب تقسيم الوكالة الدولية للطاقة

OECD أمريكا الشمالية	OECD أوروبا	الصين	أفريقيا
كندا، المكسيك، الولايات المتحدة الأمريكية.	النمسا، بلجيكا، جمهورية التشيك، الدنمارك، فينلندا، فرنسا، ألمانيا، اليونان، المجر، أيسلاند، أيرلندا، إيطاليا، لوكسمبورج، هولندا، النرويج، بولندا، البرتغال، جمهورية السلوفاك، أسبانيا، السويد، سويسرا، تركيا، المملكة المتحدة.	جمهورية الصين الشعبية و هونغ كونغ	الجزائر، أنجولا، بربن، بتسوانا، بوركينا فاسو، بروندي، الكاميرون، كاب فردي، جمهورية أفريقيا الوسطى، تشاد، كوموروس، الكونغو، جمهورية الكونغو الديمقراطية، ساحل العاج، جيبوتي، مصر، غينيا، الاستوائية، إريتريا، أثيوبيا، الجابون، جامبيا، غانا، غينيا، غينيا بيساو، كينيا، ليسوتو، ليبيريا، ليبيا، مدغشقر، مالاوي، مالي، موريتانيا، موريشيوس، المغرب، موزمبيق، ناميبيا، النيجر، نيجيريا، ريونيون، رواندا، ساوتومي و برينسيب، السنغال، سيشيل، سيراليون، الصومال، جنوب أفريقيا، السودان، سوازيلاند، جمهورية تنزانيا المتحدة، توغو، تونس، أوغندا، زامبيا، زيمبابوي.
أمريكا اللاتينية	الأكوادور، السالفادور، غيانا الفرنسية، جرينادا، جواديلوب، جواتيمالا، جويانا، هايتي، هندوراس، جامايكا، مارتيك، الأنتيليس الهولندية، نيكاراغوا، بنما، باراجواي، بيرو، سانت كيتس نيفيس، أنجويلا، سانت لوشيا، سانت فينسنت وجيريناديث، نيكاراغوا، بنما، باراجواي، سورينام، ترينيداد و توباغو، أوروغواي، فنزويلا	أفغانستان، بنغلادش، بوتان، بروناي، كمبوديا، تايباي الصينية، فيجي، بولونيزيا الفرنسية، أندونيسيا، كيريباتي، جمهورية كوريا الشعبية الديمقراطية، لاوس، مالايزيا، المالديف، منجوليا، ميانمار، نيبال، نيو كاليدونيا، باكستان، بابو نيو جيني الجديدة، الفلبين، ساموا، سنغافورة، جزر سولومون، سيريلانكا، تايلاند، فيتنام، فانواتو	أفغانستان، بنغلادش، بوتان، بروناي، كمبوديا، تايباي الصينية، فيجي، بولونيزيا الفرنسية، أندونيسيا، كيريباتي، جمهورية كوريا الشعبية الديمقراطية، لاوس، مالايزيا، المالديف، منجوليا، ميانمار، نيبال، نيو كاليدونيا، باكستان، بابو نيو جيني الجديدة، الفلبين، ساموا، سنغافورة، جزر سولومون، سيريلانكا، تايلاند، فيتنام، فانواتو
OECD المحيط الهادئ	أستراليا، اليابان، كوريا الجنوبية، نيوزلاند	البحرين، إيران، العراق، إسرائيل، الأردن، الكويت، لبنان، عمان، قطر، المملكة العربية السعودية، سوريا، الإمارات العربية المتحدة، اليمن.	أستراليا، اليابان، كوريا الجنوبية، نيوزلاند

ملحق 5 : ملخص لأهم افتراضات سيناريوهات المستقبل

السيناريو الأساسي	المجموع التراكمي (جيجاوات)	الحجم السنوي للسوق العالي (ميغاوات)	معامل القدرة	إنتاج الكهرباء (تيراوات ساعة)	الخفض السنوي لثاني أكسيد الكربون # (مليون طن)	المجموع التراكمي لخفض ثاني أكسيد الكربون (مليون طن)	نسبة التقدم
السنة							
2007	0.41	0	30%	1	1		90%
2008	0.48	0	30%	1	1	1	90%
2009	1.0	529	30%	3	2	2	90%
2010	1.6	663	31%	5	3	3	90%
2015	4.1	566	32%	11	7	6	90%
2020	7.3	681	34%	22	13	31	94%
2025	10.0	550	34%	30	18	82	94%
2030	12.8	552	36%	40	24	162	96%
2035	14.9	371	36%	47	28	267	96%
2040	16.4	273	38%	55	33	400	96%
2045	17.2	160	38%	57	34	552	96%
2050	18.0	160	42%	66	40	721	98%
						901	

السيناريو المتوسط	المجموع التراكمي (جيجاوات)	الحجم السنوي للسوق العالي (ميغاوات)	معامل القدرة	إنتاج الكهرباء (تيراوات ساعة)	الخفض السنوي لثاني أكسيد الكربون # (مليون طن)	المجموع التراكمي لخفض ثاني أكسيد الكربون (مليون طن)	نسبة التقدم
السنة							
2007	0.41	0	30%	1	1	1	90%
2008	0.48	0	30%	1	1	2	90%
2009	1.0	529	30%	3	2	4	90%
2010	3.9	2,936	31%	11	6	10	90%
2015	24.5	5,463	38%	81	49	143	92%
2020	68.6	12,602	41%	246	148	630	96%
2025	140.1	16,082	41%	503	302	1,814	96%
2030	231.3	19,895	43%	871	523	3,920	98%
2035	334.6	24,008	43%	1,291	774	7,270	98%
2040	478.6	29,541	46%	1,929	1,157	12,113	98%
2045	640.7	34,456	46%	2,582	1,549	19,050	98%
2050	830.7	40,557	50%	3,638	2,183	28,318	100%

السيناريو المتقدم	المجموع التراكمي (جيجاوات)	الحجم السنوي للسوق العالي (ميغاوات)	معامل القدرة	إنتاج الكهرباء (تيراوات ساعة)	الخفض السنوي لثاني أكسيد الكربون # (مليون طن)	المجموع التراكمي لخفض ثاني أكسيد الكربون (مليون طن)	نسبة التقدم
السنة							
2007	0.41	0	30%	1	1		90%
2008	0.48	0	30%	1	1	1	90%
2009	1.4	3,500	31%	32	19	2	90%
2010	4.1	4,208	31%	46	27	42	90%
2015	29.4	6,814	45%	116	70	70	86%
2020	84.3	14,697	48%	355	213	176	89%
2025	186.9	25,202	48%	786	472	887	89%
2030	342.3	35,462	50%	1,499	900	2,672	91%
2035	549.6	45,829	50%	2,407	1,444	6,189	91%
2040	818.2	59,486	53%	3,799	2,279	12,265	91%
2045	1,144	69,211	53%	5,312	3,187	21,659	91%
2050	1,524	80,827	59%	7,878	4,727	35,724	93%
						55,250	

يفترض أن إنتاج كل كيلوات ساعة يستخدم وقود تقليدي ينتج انبعاثات مقدارها 600 جرام

تكلفة الاستثمار (€ / كيلوات)	الاستثمارات السنوية (€ مليار)	وظائف مرحلة التصنيع والانشاء (وظيفة / ميجاوات)	وظائف مرحلة التشغيل والصيانة (وظيفة / ميجاوات)	إجمالي الوظائف (وظيفة / ميجاوات)	حصة الكهرباء الشمسية من إجمالي الكهرباء المنتجة في العالم	حصة الكهرباء الشمسية من إجمالي الكهرباء المنتجة في العالم
4,000	غير متوافرة	غير متوافرة	418	418	0.0	0.0
4,000	1.000	غير متوافرة	481	481	0.0	0.0
4,000	2.116	5,290	1,010	6,300	0.0	0.0
3,800	2.519	6,631	1,673	8,304	0.0	0.0
3,400	1.923	5,546	4,065	9,611	0.1	0.1
3,000	2.042	6,469	7,271	13,739	0.1	0.1
2,941	1.616	5,221	10,009	15,230	0.1	0.1
2,800	1.546	4,971	12,765	17,736	0.2	0.1
2,783	1.033	3,343	14,856	18,199	0.2	0.1
2,600	0.709	2,318	16,420	18,738	0.2	0.2
2,595	0.414	1,358	17,219	18,577	0.2	0.1
2,400	0.383	1,278	18,018	19,296	0.2	0.2

تكلفة الاستثمار (€ / كيلوات)	الاستثمارات السنوية (€ مليار)	وظائف مرحلة التصنيع والانشاء (وظيفة / ميجاوات)	وظائف مرحلة التشغيل والصيانة (وظيفة / ميجاوات)	إجمالي الوظائف (وظيفة / ميجاوات)	حصة الكهرباء الشمسية من إجمالي الكهرباء المنتجة في العالم	حصة الكهرباء الشمسية من إجمالي الكهرباء المنتجة في العالم
4,000	غير متوافرة	غير متوافرة	418	418	0.0	0.0
4,000	1.000	غير متوافرة	481	481	0.0	0.0
4,000	2.116	5,290	1,010	6,300	0.0	0.0
3,800	11.156	29,358	3,945	33,304	0.1	0.1
3,230	17.645	58,890	24,468	83,358	0.4	0.4
2,850	35.916	131,694	68,584	200,279	1.2	1.0
2,761	44.399	168,053	140,053	308,106	2.2	1.9
2,660	52.920	196,960	231,332	428,292	3.6	3.0
2,637	63.319	237,674	342,607	580,281	5.1	4.0
2,470	72.967	276,211	478,632	754,843	7.1	5.4
2,455	84.574	322,159	640,668	962,827	8.9	6.6
2,280	92.470	356,903	830,707	1,187,611	11.8	8.5

تكلفة الاستثمار (€ / كيلوات)	الاستثمارات السنوية (€ مليار)	وظائف مرحلة التصنيع والانشاء (وظيفة / ميجاوات)	وظائف مرحلة التشغيل والصيانة (وظيفة / ميجاوات)	إجمالي الوظائف (وظيفة / ميجاوات)	حصة الكهرباء الشمسية من إجمالي الكهرباء المنتجة في العالم	حصة الكهرباء الشمسية من إجمالي الكهرباء المنتجة في العالم
4,000	غير متوافرة	غير متوافرة	418	418	0.0	0.0
4,000	1.000	غير متوافرة	481	481	0.0	0.0
3,273	13.773	42,082	11,932	54,014	0.0	0.0
3,139	15.361	48,941	16,826	65,767	0.0	0.0
3,060	20.852	60,103	29,419	89,523	0.6	0.6
2,700	39.682	125,662	84,336	209,998	1.7	1.5
2,460	61.986	215,476	186,978	402,454	3.5	3.0
2,520	89.365	287,245	342,301	629,546	6.7	5.1
2,412	110.529	371,217	549,582	920,798	9.4	7.4
2,340	139.196	455,066	818,182	1,273,248	14.0	10.6
2,269	157.071	529,466	1,144,109	1,673,575	18.3	13.5
2,160	174.585	581,951	1,524,172	2,106,123	25.6	18.3



GREENPEACE

جرين بيس
Ottho Heldringstraat 5
AZ Amsterdam 1066
منزل الطاقات المتجددة،
هولندا
تليفون: +31 207182000
فاكس: +31 205148151

جرين بيس هي منظمة عالمية مستقلة
تعمل على تغيير التصرفات والمواقف لحماية
البيئة والمحافظة عليها ولنشر السلام



الجمعية الأوروبية للكهرباء الشمسية الحرارية،
Rue d'Arion 63-67
B- 1040 Brussels



سكوتارية سولاربيسيس
Apartado 39
E-04200 Tabernas
أسبانيا
solarpaces.org
xec@solarpaces.org