تكنولوجيا الطاقة الشمسية

السيد علي أحمد الصوري

باحث دكتوراه في الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة

الملخص :

يتجه العالم المتقدم اليوم نحو المصادر البديلة " المتجددة " مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح علي اعتبار أنها مصادر غير ناضبة ، ويعتبرون توليد الكهرباء من الطاقات الناضبة مثل البترول والغاز ضربا من السفه (خالد عمر, ٢٠١٢).

كما أصبحت البيئة الآن محددا عالميا يفرض نفسه حيث أنه يؤثر علي التعاملات الاقتصادية والتجارية بل والعلاقات الدولية المعاصرة ،وبالتالي أصبح الاهتمام بالبيئة من أهم المقاييس لتقييم حضارة الدول وتقدمها ؛ ومع ذلك يواجه العالم تحديا يتمثل في كيفية خلق توازن بين التنمية المستدامة وبين الحفاظ علي البيئة. وحيث أن ضروريات المستقبل تستلزم البحث عن طاقة بديلة متجددة ونظيفة تتسم بالاستدامة وتخدم البيئة؛ فقد اهتدي العلماء إلي عدة مصادر متجددة تتوفر فيها الشروط السابقة علي ومنها: الرياح، الشمس، المياه الجوفية..... الخ.

وفي ظل أهمية الحفاظ علي حق الأجيال القادمة في الثروة النفطية وجعل فترة الاستفادة من هذه الثروة طويلة بالقدر الكافي، وفي ظل تزايد استهلاك الكهرباء في مصر بشكل كبير؛ وبالتالي تزايد التكاليف الناتجة عن استخدام الوقود في توليد الكهرباء، وفي ظل أهمية تقليل الانبعاثات الغازية؛ فإنه يجب الاهتمام بتطوير مصادر الطاقة المتجددة في مصر والتي من أهمها الطاقة الشمسية .

Abstract:

The developed world today is heading towards alternative "renewable" sources such as solar and wind energy, considering that they are not depleted resources, and they consider generating electricity from depleted energies such as oil and gas as a form of foolishness (Khaled Omar, 2012).

The environment has now become a global determinant that imposes itself as it affects economic and commercial dealings and even contemporary international relations. Consequently, concern for the environment has become one of the most important criteria for evaluating the civilization and progress of countries. However, the world faces the challenge of how to create a balance between sustainable development and environmental conservation

. Whereas, the necessities of the future necessitate the search for alternative renewable and clean energy that is sustainable and serves the environment; Scientists have turned to several renewable sources that fulfill the previous conditions, including: wind, sun, ground water ..... etc.

In light of the importance of preserving the right of future generations to oil wealth and making the period of benefiting from this wealth long enough, and in light of the significant increase in electricity consumption in Egypt; Consequently, the increasing costs resulting from the use of fuel to generate

electricity, and in light of the importance of reducing gas emissions; Therefore, attention must be paid to developing renewable energy sources in Egypt, the most important of which is solar energy.

أولا: مفهوم الطاقة الشمسية :Solar Power

تقوم الشمس بإمداد الأرض بطاقة تزيد عن إجمالي احتياجات العالم من الطاقة بنحو ٥٠٠٠ مرة حيث أن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من أشعة الشمس لمدة ١٠٥ دقيقة تكفي احتياجات واستهلاك العالم لمدة عام (**climatech web site**) .

وتعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي لكثير من مصادر الطاقة الموجودة في الطبيعة فجميع أنواع الطاقات بما فيها البترول والغاز الطبيعي والفحم تكونت بسبب حرارة الشمس ، بالإضافة إلي مصادر الطاقة الثانوية مثل طاقة الرياح ، وطاقة الأمواج والطاقة الكهرومائية (مركز الدراسات والبحوث, غرفة الشرقية, ٢٠١٠)

ويتكون الاشعاع الشمسي الكلي Global Solar Radiation الذي يصل الكرة الأرضية من مركبتين؛ **الأولي:** هي الاشعاع المباشر direct radiation الصادر عن أشعة الشمس نفسها وهذه المركبة يمكن تركيزها بواسطة العدسات أو المرايا التي يمكن أن تصمم بحيث تتبع مسار الشمس تتبعا كاملا علي مدار العام ، أو تكون ذات ميل ثابت يمكن تغييره دوريا علي حسب فصول السنة. أما **المركبة الثانية:** فهي الاشعاع المتشتت diffuse radiation ومصدره القبة السماوية, وهذه المركبة لا يمكن تركيزها وحينما تكون السماء صافية فإن هذه المركبة تمثل حوالي

١٥% من الاشعاع الكلي ولكن نسبتها تزيد عن ذلك في المناطق التي تغطيها السحب (مجاهد, ٢٠٠٢) .

وتستخدم الطاقة الشمسية مباشرة في العديد من التطبيقات أهمها: التدفئة, والإنارة, وتسخين المياه, والتبريد, وإنتاج البخار, وتحلية مياه البحر, ووتوليد الكهرباء حراريا, وتتوقع الجهات الدولية أنه بحلول عام ٢٠٢٥ سوف تسهم النظم الشمسية الحرارية لتوليد الكهرباء بحوالي ١٣٠ جيجا وات(١) (اسكوا, ٢٠٠١). كما تستخدم الطاقة الشمسية أيضا في انتاج الكهرباء مباشرة عن طريق الخلايا الفوتوفلطية ونتيجة لتطور التقنيات انخفضت تكلفة انتاج الطاقة من ١٠٠ سنت دولار \ ك. و. س إلي حوالي ١٥ سنت دولار / ك. و. س عام ٢٠٠٦ (الخياط, ٢٠٠٦, مجلد٤١).

ثانيا: نظم الإمداد بالطاقة الشمسية

يوجد نظامين أساسيين لتوفير الإمداد بالطاقة الشمسية, وذلك علي النحو التالي:

١ ـ نظام التوربينات الحرارية باستخدام الطاقة الشمسية

Concentrated Solar Power 'CSP'

٢ ـ نظام الخلايا الفوتوضوئية ' Photovoltaic Cells 'PV

نظام التوربينات الحرارية باستخدام الطاقة الشمسية

Concentrated Solar Power 'CSP'

ويتكون هذا النظام من مجموعة المرايا العاكسة لأشعة الشمس موزعة في مصفوفات طبقا للمساحة الكلية المطلوبة لتوليد حجم الطاقة الحرارية المطلوبة,

(١) جيجا)باللاتينية **(Giga** :سابقة وحدات عشرية في النظام المتري تشير إلى ١٠ 9أو **.1000000000** تم إضافتها كسابقة وحدات في نظام الوحدات الدولي عام ١٩٦٠، ويرمز لها **.G** على سبيل المثال، وحدة القدرة الكهربائية ١ جيجاوات**1000000000** = وات وهي وحدة كبيرة تناسب محطة توليد الكهرباء.

ويعتمد هذا النظام في عمله علي تركيز أكبر كمية ممكنة من أشعة الشمس علي خزان أو أنبوب يحتوي علي محلول ملحي ؛ مما يؤدي إلي تسخين هذا المحلول إلي درجات حرارة مرتفعة جدا ليتحول إلي بخار يقوم بتدوير توربين لتوليد الكهرباء (مصطفي منير, ٢٠١٤).فضلا عن أنه يمكن أيضا استخدام حرارة البخار أو السائل بعد التوليد للأغراض المنزلية والعامة مثل المستشفيات والمعسكرات والتسخين الشمسي للماء أو الهواء في العمليات الصناعية لدرجات الحرارة المنخفضة والمتوسطة ، واستخدام الطاقة الشمسية الحرارية لتوليد الكهرباء (مجاهد, ٢٠٠٢).

ومن الجدير بالذكر أنه توجد أنواع مختلفة من نظام التوربينات ؛ طبقا لألية التوليد والتخزين فهناك: (مصطفي منير, ٢٠١٤).

- ✓ ***تقنية القطع الناقص***
- ✓ ***تقنية برج القوي***
- ✓ ***تقنية الأطباق***

وقد بدأت الدول العربية في ادخال نظم التوليد الشمسي الحراري للكهرباء إلي حيز التطبيق ؛ ففي المملكة المغربية يجري الإعداد لبدء انشاء محطة شمسية حرارية بقدرة ٤٧٠ ميجا وات, وفي الكويت تم الانتهاء من دراسة جدوي اقتصادية فنية لإنشاء محطة شمسية حرارية قدرة ٢٠ ميجا وات من الطاقة الشمسية, أما في الجزائر فيجري إنشاء محطة أخري بنظام " إنشئ, تملك, شغل, انقل " Build ' (,own,Operate, and transfer,Boot) بقدرة ١٠٠ ميجا وات, وبسعة ٢٨٠ ميجا وات, تبلغ فيها سعة المكون الشمسي ٦٠ ميجا وات (خالد, ٢٠١٢).

أما بالنسبة لمصر فإنه يمكن اعطاء مثالا لتطبيق نظم التوليد الشمسي الحراري من خلال عرض المشروع التالي:

- **المحطة الشمسية الحرارية بالكريمات بقدرة ١٤٠ ميجا وات**

يعتبر هذا المشروع أحد المشروعات الرائدة علي مستوي العالم, ويستخدم المشروع تكنولوجيا المركزات الشمسية ذات القطع المكافئ, ويرتبط بالدورة المركبة التي تستخدم الغاز الطبيعي ليلا كوقود ليستمر العمل في المحطة علي مدار اليوم, وتبلغ التكلفة الاستثمارية للمحطة ككل حوالي ٢,٥ مليار جنيه مصري؛ ولقد ساهم مرفق البيئة العالمي بمنحة مقدارها ٥٠ مليون دولار, كما ساهم بنك اليابان للتعاون الدولي بقرض ميسر جدا؛ حيث بلغت فائدته حوالي ٠,٧٥% أي أقل من ١%, يتم تسديده علي ثلاثين عاما بعد فترة سماح تصل إلي عشر سنوات, مما جعل هذا المشروع ذا جدوي من الناحية الاقتصادية رغم تكلفته المرتفعة بالمقارنة بالمشاريع التقليدية.(هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة, ٢٠١٥, ٣٣).

وقد وافق مجلس الوزراء بتاريخ ١٢/ ٧ / ٢٠١٢ علي المضي قدما في تنفيذ الخطة الشمسية المصرية والتي تستهدف توليد طاقة كهربائية من الطاقة الشمسية من خلال انشاء قدرات مركبة بنحو ٣٥٠٠ ميجا وات بحلول عام ٢٠٢٧, تنتج حوالي ١٤ مليار ك. و. س سنويا. " منها حوالي ٥ مليار ك. و. س سنويا بحلول عام ٢٠٢٠ ", وتسهم في توفير حوالي ٣ مليون طن بترول مكافئ سنويا, كما تحد من انبعاث نحو ٧,٧ مليون طن ثاني أكسيد الكربون سنويا.(وزارة الكهرباء والطاقة, ٢٠١٥, ٣٤) .

وفيما يلي البيانات الخاصة بالمحطة الشمسية الحرارية :

أولا: البيانات المالية " تكاليف المحطة الشمسية الحرارية "

يوضح الجدول التالي التكاليف المباشرة وغير المباشرة للمحطة منذ بدء تنفيذها من ٢٠٠٠ / ١٠/٨.

جدول رقم (٤) *تكلفة المحطة الشمسية الحرارية بالكريمات* (المبلغ بالجنيه المصري

الآت مباشرة	شركة أبرد رولا	شركة أوراسكوم	الإجمالي
آلات مباشرة			
آلات أجنبية	٨٣٧٤٠٠٥٦٤,٤٤	٣٧٥٢٩٨٥٦٣,٦٧	١٢١٢٦٩٩١٢٨,١١
آلات محلية	٢٦٢٦٦٨٥١٤,٤٠	١٩٦٧٢٧٩٤٣,٧٥	٤٥٩٣٩٦٤٥٨,١٥
استشاري محلي			١٨٠٦٤٧٨,٣١
استشاري أجنبي			٨٣١٢٧٩٧٠,٨٤
الرسوم الجمركية	١٤٧٧٠٤٦١,٥٣	٢٧٣٣٧٥,٨٥	١٧٢٩٦٢١٣,٩٨
ضرائب المبيعات	٥١٠٣٤٤١٣,٧٨	٢٠٥٦٠٦٨٦,٥٩	٧١٥٩٥١٠٠,٣٧
عمولة ارتباط			٢٠٨٠٧٢,٣٩
اجمالي تكلفة الألات المباشرة			١٨٤٦١٢٩٣٤٨,١٦
آلات غير مباشرة			
بدلات السفر			٢٦٨٧٨٢,٩١
مستلزمات (سلعية, خدمية			١٤٤٩٩٤٧٣,٩٤
أجور			٣٨٥٨٠١٢,٧١
فوائد			٢٠٩١٤٨٩٨٣,٤٣
مصروفات خدمية متنوعة			٧٩٣٢٦٦٦,١٠
نفقات محولة للألات			١٨٣٥٨٠٢٨٦,٢٦
اجمالي تكلفة الألات غير المباشرة			٤٠٦٢٨٨٢٠٥,٣٥
إجمالي تكلفة الآلات			٢٢٥٢٤١٧٥٥٣,٥١
أراض			١٤٣٧٢٤٣٣,٧٤
مبان			٩٢٢٦٣٧٥,٥١
إجمالي التكلفة			٢٢٧٦٠٢٦٣٦٢,٧٦

المصدر: إدارة التكاليف– الإدارة العامة للشئون المالية – بيانات مالية عن المحطة الشمسية سبتمبر ٢٠١١ ١١٤.

تشير هذه البيانات الإحصائية إلي أن تكلفة المكون الأجنبي تمثل نسبة عالية من التكاليف التي لو أمكن توفيرها بتصنيعها محليا فإنه يمكن احلالها محل الواردات من هذا المكون, وهذا الأمر يعمل علي تحفيز القطاع الخاص علي الاستثمار لإنتاج مثل هذه المحطات مع وجود حوافز استثمارية أخري ؛ وذلك بغية توفير طاقة كهربية نظيفة تحتاجها مصر لتنمية مستدامة (خالد, ٢٠١٢) .

ثانيا: البيانات الفنية

❖ ***مميزات موقع الكريمات جنوب الجيزة:*** (تقرير هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة, ٢٠١١,ص٥-١٢).

- أرض صحراوية غير مأهولة
- شبكة كهربائية ممتدة وشبكة أنابيب غاز طبيعي
- القرب من نهر النيل
- شدة الاشعاع الشمسي تصل إلي ٢٤٠٠ ك. و. س /متر مربع / سنة

❖ ***أهداف المشروع:*** (إدارة الطاقة الشمسية, ٢٠٠٩, ٦-٧)

- مد منطقة الكريمات بالطاقة الكهربية بتكنولوجيا مركزات القطع المكافئ الأسطواني بالارتباط بالدورة المركبة التي تستخدم الغاز الطبيعي كوقود, وبالتوازي مع نظام المكون الشمسي ؛ الذي يعمل بالطاقة الشمسية, والتي تعتبر الأولي في الشرق الأوسط.
- العمل علي اكتساب الخبرة في تشغيل وصيانة المحطات الشمسية الحرارية.
- العمل علي نقل المعرفة والتكنولوجيا بحيث يمكن للصناعة المصرية أن تدخل في هذا المجال, وذلك من خلال تصنيع بعض مكونات المركزات الشمسية محليا ؛ مما يؤدي إلي تحسين اقتصاديات المشروعات التي تستخدم الغاز الطبيعي كوقود.
- المساهمة في توفير فرص عمل جديدة في الصناعة والتشغيل والصيانة والتسويق.

❖ ***تصميم المشروع:*** (إدارة الطاقة الشمسية, ٢٠٠٩, ٦-٧).

وتتمثل مكونات المشروع في :

❖ ***وحدة توليد الكهرباء power Block:***

وهي نموذج لمحطة تقليدية لتوليد الكهرباء بنظام الدورة المركبة تتكون من:

- عدد (٢) توربينه غازية قدرة كل منها حوالي ٤١,٥ميجاوات تستخدم الغاز الطبيعي كوقود أساسي لتوليد الكهرباء بالإضافة إلي إمكانية استخدام المازوت كوقود بديل.
- عدد (٢) وحدة استرجاع الحرارة وتوليد البخار, وتتكون من عدة مراحل " مبادلات حرارية " ؛ لتوليد البخار وتحميصه بواسطة حرارة غازات عادم التوربينه الغازية علي مستويين مختلفين من الضغط..
- توربينه بخارية بقدرة ٦٧ ميجاوات تستقبل البخار الناتج من وحدتي استرجاع الحرارة لتوليد الكهرباء.
- نظام التبريد لتكثيف البخار من التوربينة البخارية ؛ حيث يتم ضخه إلي De-aerator, ومنه يتم ضخ مياه التغذية مرة أخري إلي وحدتي استرجاع الحرارة لاستكمال دورة إنتاج البخار.

❖ ***المكون الشمسي:***

المكون الشمسي عبارة عن حقل شمسي يتكون من مجموعات كبيرة من مصفوفات المركزات الشمسية علي شكل قطع أسطواني مكافئ من المرايا العاكسة تعمل علي تركيز الاشعاع الشمسي المباشر علي مستقبل حراري طولي مركب في بؤر المركزات الشمسية لتسخين سائل انتقال الحرارة, ويتم توصيلها علي التوالي والتوازي للحصول علي درجة الحرارة المطلوبة, بحيث يكون محور هذه المصفوفات أفقيا, وفي اتجاه الشمال – الجنوب تزود كل مصفوفة من المركزات بجهاز إدارة وتوجيه يعمل علي تتبع حركة الشمس من الشرق إلي الغرب لاستقبال كامل الأشعة

الشمسية. (خالد, ٢٠١٢) ويبين الجدول التالي البيانات الفنية للمكون الشمسي: قدرة المكون الشمسي حوالي ٢٠ ميجاوات .

جدول رقم(٥)البيانات الفنية للمكون الشمسي للمشروع

البيان	التوصيف
مساحة الحقل الشمسي	١٣٠,٨٠٠ متر مربع موزعة علي ٨ صفوف متوازية
القدرة الاسمية للتوربينة الغازية	٧٩ ميجا وات
القدرة الاسمية للتوربينة البخارية	٧٦,٥ ميجا وات
الطاقة الاجمالية المنتجة	٨٥٢ جيجا وات / س / سنة
الطاقة المنتجة من المكون الشمسي	٣٤ جيجا وات / س / سنة
نسبة المشاركة الشمسية	٤%
الخفض في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تشغيل المكون الشمسي	حوالي ٢٠ ألف طن / سنة
الوفر في استهلاك الوقود البترولي	حوالي ١٠آلآطن بترول مكافئ

المصدر: إدارة تنفيذ المشروعات – هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة – البيانات الفنية عن المحطة الشمسية – ٢٠١٠ ,١٢-١٣ .

- **انظمة التسخين الشمسي الحراري للمياه**

يعتبر استغلال الطاقة الشمسية في تسخين المياه من التطبيقات الشائعة عالميا, وذلك بغرض الحد من استهلاك الكهرباء وتوفير الوقود (هيئة الطاقة الجديدة, ٢٠١٥ ٣١).

وتجدر الإشارة هنا إلي أن " السخان الشمسي water solar heater" ببساطة عبارة عن جهاز يوضع أعلي سطح المنازل والأرضية مدهونة باللون الأسود لامتصاص أشعة الشمس, والتي تقوم بتسخين المياه المتدفقة في أنابيب مثبتة علي هذا السطح الساخن وهذه المياه تستعمل عادة في الأغراض المنزلية سواء في المطبخ أو الحمامات, وهذه الطريقة مجدية اقتصاديا حيث أنه يمكن استعادة رأس المال المدفوع في تصنيع السخان في مدة زمنية تتراوح من ٣-٥ سنوات (جون بوكرس, ٢٠٠٤).

وكان عدد سخانات المياه الشمسية المركبة في مصر في عام ١٩٩٩ يقدر بحوالي ٢٠٠ ألف وحدة نمطية سعة كل منها ١٥٠ لتر من المياه الساخنة يوميا, وتبلغ مساحة المجمع الشمسي السطحي لكل منها حوالي ٢ متر مربع ؛ أي مجموع مساحات هذه الوحدات السطحية يبلغ حوالي ٤٠٠ ألف متر مربع تساهم في توفير حوالي ٨٠ الف طن بترول مكافئ سنوية. (مجاهد, ٢٠٠٢) .

أما بالنسبة لعام٢٠١٤/ ٢٠١٥ فقد بلغ إجمالي المساحات المركبة في مصر من السخانات الشمسية حوالي٧٥٠ ألف متر مربع, ويقدر عدد الشركات المصرية العاملة في مجال تصنيع واستيراد وتوزيع وتركيب سخانات المياه الشمسية بحوالي٢٠ شركة. وتم التعاون مع قطاع السياحة لبحث إمكانية نشر استخدام تطبيقات الطاقة المتجددة في المدن السياحية ومنها زيادة نشر استخدام السخانات الشمسية للمياه في الفنادق والقري السياحية.(هيئة الطاقة الجديدة, ٢٠١٥, ٣١).

المشروعات الحالية:

مشروع نشر السخانات الشمسية بالمنشآت الفندقية بمحافظتي البحر الأحمر وجنوب سيناء " EGYSOL"

- ***أهداف المشروع:***

تركيب ما يزيد عن ٥٠٠٠ متر مربع من أنظمة التسخين الشمسي للمياه, وتوفير حوالي ٤٠٠٠ طن بترول مكافئ, وتخفيض حوالي ١٢٠٠٠ طن ثاني أكسيد الكربون سنويا, بالإضافة إلي بناء القدرات الفنية للعاملين في مجال التسخين الشمسي, وفي عام ٢٠١٣ تم الانتهاء من تركيب حوالي ٢٣٣٨ متر مربع من المجمعات الشمسية في عدد ٢١ فندقا ليصل إجمالي المحقق حوالي ٤٧% من المساحة المستهدفة. (وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة, ٢٠١٣) .

نظام الخلايا الفوتوضوئية Photovoltaic Cells 'PV

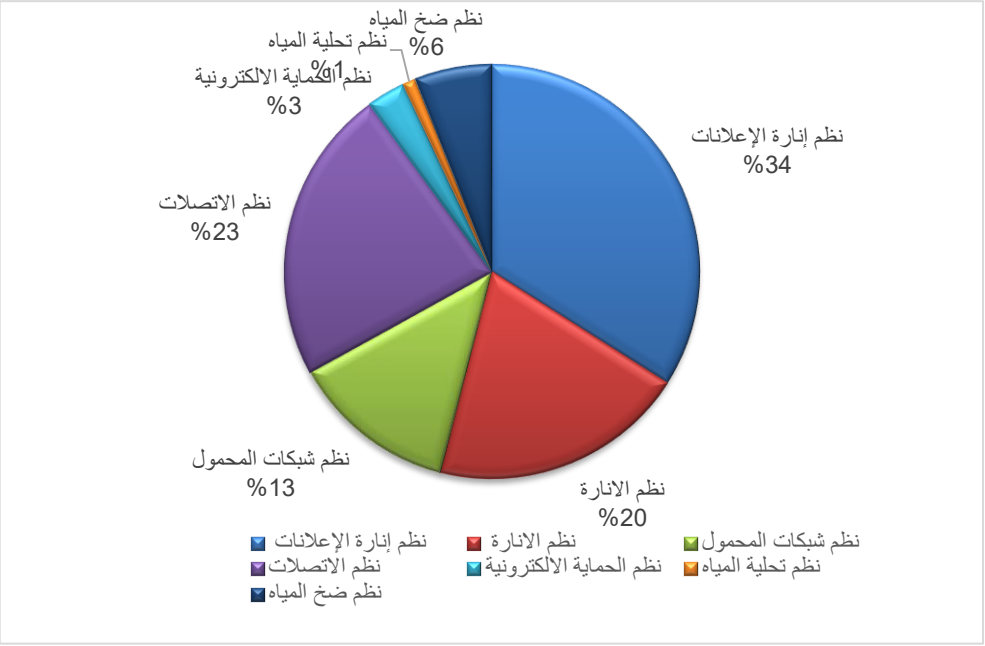
وهذا النظام عبارة عن مجموعة من الألواح " خلايا شمسية " المصنعة من مواد " أشباه الموصلات كالسيليكون والجرمانيوم وغيره " لها القدرة علي القيام بعملية التحويل الكهروضوئي ؛ أي تحويل الاشعاع الشمسي مباشرة إلي طاقة كهربائية.

وتعتمد شدة التيار الكهربائي الناتج من الخلية الشمسية الضوئية علي مستوي السطوع الشمسي " مستوي الإضاءة " وساعات السطوع وكفاءة الخلية الضوئية نفسها, ويتميز هذا النظام بتقنياته البسيطة, إلا أنه يعيبه انخفاض شدة سطوع الشمس وحاجته إلي نظام صيانة مستمر وإلي مسطحات كبيرة من الأراضي.(مصطفي منير محمود, ٢٠١٤) .

وقد شهدت تكنولوجيا الخلايا الفوتوفلطية في الفترة الماضية انخفاض مستمر في الأسعار بسبب التقدم التكنولوجي ووجود فائض إنتاج في وحدات الخلايا الفوتوفلطية,

حيث أصبحت هذه التكنولوجيا متوفرة بأسعار معقولة للمستهلكين في الدول المتقدمة والنامية علي حد سواء, وتعتبر نظم الخلايا الشمسية أحد أفضل تطبيقات الطاقة المتجددة لأغراض الإنارة وضخ المياه بالمناطق النائية ذات الأحمال الصغيرة والمنازل المتناثرة, فضلا عن كونها طاقة نظيفة غير ملوثة للبيئة,كما أن تكلفة التشغيل والصيانة تعتبر محدودة في ظل العمر الافتراضي الذي يصل إلي ٢٥ ***سنة.*** (هيئة الطاقة الجديدة, ٢٠١٥, ٣٥) .

ويوضح الشكل رقم (٢) حجم استخدامات الخلايا الفوتوفلطية في مصر ومنها " نظم الإنارة – و شبكات المحمول – و إنارة الإعلانات – و ضخ المياه – و تحلية المياه – و الاتصالات.



شكل رقم (٢) حجم الخلايا الفوتوفلطية في مصر

المصدر: من ***إعداد*** الباحثة: بالاعتماد علي بيانات الإدارة العامة للخلايا الفوتوفلطية – هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة – سبتمبر-٢٠١١

إنارة قريتين باستخدام الخلايا الفوتوفلطية

قد تم توقيع بروتوكول تعاون بين الهيئة ووزارة البيئة الإيطالية وذلك من خلال برنامج الطاقة المتجددة لدول حوض البحر المتوسط "MEDREC" لاستخدام نظم الخلايا الفوتوفلطية في إنارة قريتين نائيتين في محافظة مطروح وهما قرية أم الصغير

بواحة الجارة, وقرية عين زهرة بواحة سيوه, والتابعتين لمركز سيوه محافظة مطروح ؛ بمنحة مقدمة من الحكومة الإيطالية تبلغ قيمتها ما يعادل ٣ ملايين جنيه مصري, ويتضمن هذا لمشروع إنارة عدد ٥٠ منزلا كحد أدني إلي ١٠٠ منزل كحد أقصي, وعدد ٢ وحدة صحية, وعدد ١ مدرسة, وعدد ٣ مساجد, وعدد ٤٠ عمودا لإنارة الشوارع, وقد تم إجراء المناقصة الخاصة بالمشروع عالميا في نوفمبر ٢٠٠٨, ويعمل المشروع بنجاح اعتبارا من ديسمبر ٢٠١٠.(وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة, ٢٠١٣,(٣١). **ويوضح الجدول رقم (٦) البيانات المالية والمصادر التمويلية لمشروع إنارة القريتين.**

جدول رقم (٦) االبيانات المالية والتمويلية للمشروع

التاريخ	المشروع	المخصص		قيمة التعاقد		قيمة السحب الفعلي		النسبة	
		قروض	منح	قروض	منح	قروض	منح	قروض	منح
29/ 4 2005	مشروع إنارة قريتين عين الزهرة وأم الصغير بمركز سيوة – بمحافظة مطروح بواسطة الخلايا الفوتوفلطية تنفيذ شركة Genyaill	* 0	400 ألف يورو	0	312,6 ألف يورو	0	187,58 ألف يورو	0%	60%

االمصدر: إدارة النقد الأجنبي والتمويل – هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة – بيانات تمويلية خاصة بمشروع القريتين – سبتمبر ٢٠١١.

يلاحظ أن المشروع لم يتم تمويله بالقروض كما كان الحال في المحطة الشمسية الحرارية، إنما تم تمويله من منح خارجية.

❖ **أهداف المشروع:** (خالد, ٢٠١٢)

- تيسير عملية دعم التعاون الطويل المدي
- تنفيذ مشروعات الطاقة المتجددة في مصر والمتعلقة بالتنمية المستدامة، خاصة في شأن تزويد المناطق الريفية المنعزلة بالكهرباء.
- تنظيم واستقرار وتخفيض ومنع انبعاث الغازات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري التي أحدثها الانسان بالبيئة.
- المساهمة في تقليل التغيرات المناخية والتكيف معها.

❖ ***االمهمات االرئيسية لمشروع إنارة القريتين:*** (خالد, ٢٠١٢)

١. مكونات نظام الإنارة للمنزل الواحد:

- حجم الخلايا الشمسية = ٣٠٠ وات
- لمبات مرشدة للطاقة ١١ وات تعمل لمدة خمس ساعات يوميا
- عدد "٢ " بطارية سعة ٢٥ أمبير ساعة /١٢ فولت.
- عدد " ١ " منظم شحن قدرة ١٠ أمبير / ٢٤ فولت.
- عدد " ١ " مغير الجهد قدرة ٥٠٠ فولت / أمبير لتشغيل تليفزيون قدرة ٦٠ وات لمدو خمس ساعات يوميا.

ومن الملاحظ أن حجم الخلايا الشمسية الكلية لعدد ١٠٠ منزل = ٣٠ كيلو وات.

٢ – مهمات عمود الإنارة الواحد:

- حجم الخلايا الشمسية = ١٠٠ وات.
- عدد اللمبات = " ١ " لمبة.
- عدد البطاريات = " ١ " سعة ١٠٠ أمبير ساعة / فولت

إجمالي حجم الخلايا الشمسية لعدد ٨٠ عمودا = ٨ كيلو وات.

٣- مهمات المدرسة لكل قرية:

- عدد البطاريات = ١٢ بطارية سعة كل واحدة ٤٨٠ أمبير ساعة /١٢ فولت.
- عدد اللمبات المرشدة للطاقة = ١٠ لمبات.
- منظم الشحن عدد" ١ " قدرة ٣٠ أمبير.
- مغير الجهد قدرة ١٢٠٠ فولت أمبير.
- مخرج لتشغيل عدد "٢ " تليفزيون.
- حجم الخلايا الشمسية = ٦٠٠ وات.

إجمالي حجم الخلايا الشمسية لعدد " ٤ " مدارس = ٢,٤ كيلو وات.

٤- مهمات المسجد الواحد:

- حجم الخلايا الشمسية = ٣٠٠ وات.
- عدد اللمبات " ٥ " قدرة كل لمبة " ١١ " وات.
- عدد البطاريات " ٢ " سعة كل منها ٢٥ أمبير ساعة / ١٢ فولت
- منظم الشحن عدد " ١ " قدرة ٥٠٠ فولت أمبير.

أجمالي حجم الخلايا الشمسية لعدد "٤ " مسجد = ١,٢ كيلو وات.

٥- مهمات الوحدة الصحية الواحدة:

- حجم الخلايا الشمسية = ٣٠٠ وات.
- عدد اللمبات " ٢ " لمبة قدرة كل لمبة " ١١ " وات.
- عدد البطاريات " ٢ " سعة كل منها ١٢٥ أمبير ساعة / ١٢ فولت.
- عدد " ١ " ثلاجة ١٠٠ أمبير.
- عدد " ١ " معقم.
- عدد " ١ " منظم شحن " ١٠ " أمبير.
- مغير الجهد قدرة ٥٠٠ فولت أمبير.

إجمالي حجم الخلايا الشمسية لعدد " ٤ " وحدة صحية = ١,٢ كيلو وات.

إجمالي حجم الخلايا الشمسية للمشروع = ٤٣ كيلو وات.

مما سبق يتضح أن هناك اختلاف بين إقامة محطة شمسية بتكلفة عملاقة ومن قروض سواء كانت محلية أو خارجية, وبين مشاريع إنارة القري النائية والمنتشرة في انحاء الجمهورية, والتي تمول في الغالب من منح خارجية لا ترد,وشرطها هو إنفاق هذه المنح في مجلات الطاقة المتجددة, ومنها إنارة القري بالخلايا الفوتوفلطية.

- **مشروع محطة شمسية باستخدام نظم الخلايا الفوتوفلطية** قدرة ٢×٤٠ **كيلواوات لتغذية مبني مجمع وزارة الكهرباء والطاقة والمبني المجاور له**:(وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة, ٢٠١٣, ***٣٢***).

في إطار التشجيع علي استخدام نظم الخلايا الفوتوفلطية في المباني وافق مجلس إدارة جهاز مرفق الكهرباء وحماية المستهلك في يناير ٢٠١٣, علي تطبيق نظام صافي تبادل الطاقة Net Metering والذي يمكن للمستهلك من خلال تركيب نظم خلايا فوتو فلطية علي أسطح المباني وبيع الكهرباء إلي الشبكة من خلال تركيب عداد منفصل, ويتم الحساب علي أساس أعلي شريحة استهلاك خلال الشهر.

وقد قام قطاع الكهرباء والطاقة بتنفيذ وتشغيل أول مشروع محطة شمسية باستخدام نظم الخلايا الفوتوفلطية قدرة ٢ × ٤٠ كيلوا وات لتغذية جزء من أحمال مبني مجمع وزارة الكهرباء والطاقة والمبني المجاور له, وكذلك إنارة ١٠ أعمدة بالطاقة الشمسية.

وتتكون المحطة من ٩٦ لوحا شمسيا تم تركيبها في الهياكل المعدنية علي سطحي المبنيين, ومحول الجهد, وعداد الطاقة, والربط علي شبكة الجهد المنخفض وإنارة الأعمدة العشر بالطاقة الشمسية بطاقة تخزينية لمدة ١٢ ساعة.

ويعتبر هذا المشروع مشروعا رياديا سيتم الاسترشاد به في جميع مباني شركات الكهرباء والجهات الحكومية, وخطوة تعمل علي زيادة الوعي ودعم التوجه لدي كبار المستهلكين للكهرباء لاستخدام نظم الخلايا الفوتوفلطية في توليد الكهرباء.

- **مشروع إنارة سور المحطة الشمسية** بالكريمات بعدد " ٣٠٠ " **عمود إنارة بواسطة نظم الخلايا الفوتوفلطية بالتعاون مع الحكومة الصينية:** حيث قامت الحكومة الصينية بتقديم منحة لإنارة سور المحطة الشمسية بالكريمات بواسطة " ٣٠٠ " عمود إنارة,ويعتبر هذا المشروع نموذجا لتكامل تطبيقات الطاقة الشمسية في موقع واحد ؛ حيث تم استخدام المركزات الشمسية الحرارية لتوليد الكهرباء في هذه المحطة بالإضافة إلي استخدام أنظمة الخلايا الفوتوفلطية لإنارة أعمدة سور المحطة ***(هيئة الطاقة الجديدة, ٢٠١٣).***
- **مشروع إنارة عدد (٤٠) منزل بواسطة نظم الخلايا الفوتوفلطية بالتعاون مع وزارة الطاقة الجديدة والمتجددة الهندية: فقد** تم توقيع بروتوكول تعاون بين الحكومتين المصرية والهندية في مارس ٢٠١٢, وذلك في عدة مجالات من بينها التعاون بين هيئتي الطاقة الجديدة والمتجددة المصرية والهندية لإنارة عدد من المنازل بواسطة نظم الخلايا الفوتوفلطية, وقد تم اختيار القري المراد إنارتها في محافظة مطروح بواسطة الخلايا الفوتوفلطية مبدئيا, وتم التنسيق مع شركة توزيع البحيرة بشأن التأكيد علي عدم ادراج القري في خطة الربط بالشبكة, وتم الاتفاق

علي مقترح إنارة قرية عين قريشت بمحافظة مطروح " ٤٠ منزل " بقدرة إجمالية ٨, ٨ كيلو وات.(***هيئة الطاقة الجديدة, ٢٠١٥)*** .

ويعتقد أن التكامل التكنولوجي بين الدول المتقدمة والنامية أحد متطلبات الترويج لاستخدامات تطبيقات الطاقة الشمسية في كافة المجالات, ويمنع القصور المعرفي بتقنيات تصميم معداتها وتصنيعها, ويجب علي الحكومة المصرية التحول سريعا في خلال السنوات القليلة القادمة لزيادة الأهمية النسبية للطاقة الشمسية في سلة الطاقة المصرية والتفاوض مع الدول الأوربية لإقامة محطات ضخمة لتوليد الطاقة الشمسية في مصر للتصدير إلي أوروبا علي أن تتحمل التمويل بالكامل كاستثمار و يتم رد التكاليف كجزء من الإيرادات المستقبلية للمشروع وباقي العائد تحصل عليه مصر ؛ مما يعوض مصر عن عائدات تصدير البترول التي ستفقدها في المستقبل القريب. ***(خالد, ٢٠١٢).***

ثالثا: الجدوى الاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية كمصدر للكهرباء:

عند التفكير باستخدام الطاقة الشمسية بغض النظر عن نوع التطبيق الشمسي فإن الطريقة العملية الممكن اختيارها لمعرفة الجدوى الاقتصادية هي مقارنة المنظومة مع منظومة تعمل بالوقود التقليدي (تغذية تعتمد علي الغاز أو البترول أو الفحم) وعلي الرغم من حصولنا علي الطاقة الشمسية بدون كلفة فإن تكلفة منظومتها التي تقوم باستقبال الإشعاع الشمسي وتحويله إلي طاقة مفيدة تكون عالية أحيانا. ***(زواوية حلام, ٢٠١٣).***

وتجدر هنا الإشارة إلي الدراسة التي أعدت بمنحة من الاتحاد الأوروبي وبالتعاون بين جهاز تخطيط الطاقة وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة ؛ وذلك عن الجدوى الاقتصادية والبيئية لاستخدام الطاقات المتجددة في إحلال السخانات الشمسية محل السخانات المنزلية التي تستخدم الكهرباء والغاز الطبيعي والبوتاجاز في محافظات القاهرة والجيزة والقليوبية " والتي انتهت في العام المالي ٢٠٠٧ / ٢٠٠٨. وكانت النتائج فيما يخص البحث محل الدراسة – كالأتي: ***(منحة الاتحاد الأوروبي,*** ٢٠٠٧ -٢٠٠٨).

- **بالنسبة لاستخدام أسرة واحدة للسخان الشمسي المنزلي " ١٥٠ " لترا /يوم مقابل السخان التقليدي سواء كان غاز أو كهرباء أو بوتاجاز, تبين الآتي:**

الجدوى المالية. فإنه وبسبب الأسعار المحلية للطاقة التقليدية ظهرت النتيجة في غير صالح السخان الشمسي مقابل أي من السخانات التقليدية الأخرى.

الجدوى الاقتصادية والبيئية (المعايير): بالنسبة للجدوى الاقتصادية والبيئية فقد وجد أن هناك جدوي من استخدام الأسرة للسخان الشمسي المنزلي خلال عمره الافتراضي مقابل كلا من السخان الكهرباء والبوتاجاز فقط, بينما تبين عدم جدوي السخان الشمسي مقابل سخان الغاز الطبيعي.

- **بالنسبة لدراسة الحساسية الخاصة بدراسة تأثير خفض تكلفة السخان الشمسي المنزلي ١٥٠ لتر/ يوم الذي تستخدمه الأسرة تبين أن:**

الجدوى المالية:_هناك جدوي في صالح السخان الشمسي مقابل سخان الكهرباء فقط.

الجدوى الاقتصادية والبيئية: فقد تبين وجود جدوي في استخدام الأسرة للسخان الشمسي المنزلي خلال عمره الافتراضي مقابل أي من السخانات التقليدية الأخرى " بوتاجاز, كهرباء, غاز طبيعي ".

ويقدر قيمة الوفر في الطاقة بالانبعاثات الضارة المتوقعة في حالة زيادة استخدام السخانات الشمسية بمعدل ٥% من الزيادة السنوية للسكان بالقاهرة والجيزة والقليوبية علي النحو التالي:

- **مقابل الغاز الطبيعي:** يبلغ اجمالي الوفر ١٣ مليون جنيه بالأسعار المحلية " ٥٥ مليون جنيه بالأسعار الاقتصادية ", وقيمة الوفر في الانبعاثات الضارة ٦٥ مليون جنيه.
- **مقابل سخان الكهرباء:** يبلغ اجمالي الوفر ٥٩ مليون جنيه بالأسعار المحلية " ٢٣٦ مليون جنيه بالأسعار الاقتصادية ", وقيمة الوفر في الانبعاثات الضارة ٣٤٠ مليون جنيه.

- **مقابل البوتاجاز:** يبلغ اجمالي الوفر ١٠ مليون جنيه بالأسعار المحلية " ١٣٠ مليون جنيه بالأسعار الاقتصادية " وقيمة الوفر في الانبعاثات الضارة ٩٠ مليون جنيه.

وفي النهاية كانت نتيجة الدراسة عدم الاستغلال الأمثل للسخان الشمسي مقابل " الكهرباء – والغاز – والبوتاجاز " ؛ وذلك لأسباب التالية:***(خالد, ٢٠١٢) .***

- ✓ عدم تقديم آلية مناسبة لتمويل ودعم راغبي الحصول علي السخان الشمسي من خلال قروض ميسرة, وأقساط شهرية تعادل قيمة الوفر المحقق.
- ✓ عدم التوسع في انشاء منافذ بيع وعرض السخانات الشمسية المنزلية بالأسواق, والمتاجر, مع وجود المراقبة الفعالة ؛ من قبل الجهات المختصة المسؤولة عن مراقبة الجودة الفنية ووجود شهادات الصلاحية الخاصة بها.
- ✓ عدم وجود حملات إعلامية موجهة للتعريف بأهمية استخدام السخان الشمسي المنزلي ومزاياه, إلي جانب الإجراءات الخاصة بتشغيلها وصيانتها.

وعلى الرغم من كل ما سبق فإن الطاقة الشمسية تمتاز عن غيرها من مصادر الطاقة بالتفوق في الحد من استهلاك الوقود وتلوث البيئة, فالطاقة الشمسية شبه مجانية ولكنها تتطلب تكاليف كبيرة لإنتاج أجهزة توليد الطاقة وتحويلها, وتهدف الأبحاث الحديثة إلي خفض هذه التكاليف, غير أن أسعار الطاقة الشمسية لا تخضع لقانون العرض والطلب المعروف اقتصاديا ؛ بل تعتمد علي قانون اقتصاديات الحجم Economy of scal.***(مهنا, أبو الخير, ٢٨)***

وتزيد المساحة المستخدمة حاليا لتجميع الطاقة الشمسية في العالم عن ١٤٠ مليون متر مربع, وتزيد سنويا بنحو ١٠ مليون متر مربع, بحجم استثمار سنوي مقدر بحولي ٢٠ مليار دولار, حيث بلغ معدل النمو السنوي لإنتاج الطاقة الشمسية وحدها ٢٣% خلال الفترة من عام ١٩٨٠ حتي عام ٢٠٠١, وقد نتج عن ذلك تزايد الإنفاق علي مجالات البحث والتطوير في تكنولوجيا الطاقة الشمسية خاصة بعد أزمة ارتفاع أسعار البترول في السبعينيات. ***(مركز الدراسات والبحوث, السعودية, ٢٠١٠ , ص٦).***

تكلفة كهرباء الخلايا الشمسية:

استخدمت الخلايا الشمسية في تحويل ضوء الشمس إلي كهرباء منذ أمد بعيد إذ يعتبر مجال الفضاء أقدم الميادين من حيث الاستعمالات بحيث تم وضع الخلايا الشمسية لأول مرة في الآت الفضاء من أقمار اصطناعية,ومركبات فضائية, ثم في مجال الالكتروتيك.(**شريف عمر, ٢٠٠٧).**

ولأن الاستهلاك العالمي الحالي من الطاقة يبلغ حوالي ١٠ تيراوات(٢), والذي سوف يصل إلي ٣٠ تيروات عام ٢٠٥٠, فإن الفرق البالغ قدره ٢٠ تيراوات يجب تأمينه عن طريق طاقات متجددة لا تنتج غاز ثاني أكسيد الكربون والتي سيتم توفيرها مستقبلا عن طرق الخلايا الشمسية الفوتوضوئية لإنتاج الكهرباء, بحيث يستخدم الوقود الأحفوري للتدفئة وللأغراض الصناعية " ١٠ تيروات ", وتستخدم الطاقة الشمسية والمصادر المتجددة الأخرى لتوليد الكهرباء " ١٠ تيراوات " بينما يستخدم الهيدروجين في وسائل النقل " ١٠ تيراوات ", حيث أن سوق الخلايا الشمسية ينمو بمعدل ٣٠ % إلي ٤٠ % سنويا, وخاصة بالنسبة للخلايا التي تعتمد علي تقنية الشرائح الدقيقة وهذا لخفتها وقلة المساحة التي تشغلها, ويقدر ما أنتجه العالم من الطاقة عن طريق الخلايا الشمسية بحوالي ١٠,٦٦ جيجاوات عام ٢٠١٠.(**مؤتمر البترول العالمي العشرون, ٢٠١٢, ١٩٣).**

ويوضح الجدول التالي تكاليف إنتاج أجهزة الخلايا الفوتوفلطية خلال الفترة(٢٠١٠ - ٢٠١٥) .

(٢) التيرا واط 1,000,000,000,000 =واط وهي الوحدة أكثر كبرا تناسب إنتاج دولة من الطاقة الكهربائية.

جدول رقم (٧)تقديرات تكاليف إنتاج أجهزة الخلايا الفوتوفلطية

دولار/وات

أدني تكلفة انتاج	٢٠١٠	٢٠١١	٢٠١٢	٢٠١٣	٢٠١٤	٢٠١٥
استطاعة الطاقة المنتجة (ميغاوات)	٣٥٠	٦٠٠	٨٥٠	١١٠٠	١٣٥٠	١٦٠٠
انتاج البوليسيليكون "دولار/وات"	٠,٤٧	٠,٣٩	٠,٢٥	٠,٢٠	٠,١٦	٠,١٤
انتاج السيلكون المائي "دولار/وات "	٠,٣٤	٠,٢٨	٠,٢٦	٠,٢٤	٠,٢٢	٠,٢٠
انتاج الخلية الشمسية "دولار/ وات "	٠,٢٤	٠,٢١	٠,١٩	٠,١٨	٠,١٦	٠,١٥
انتاج الوحدة الكهروضوئية "دولار/ وات "	٠,٣٦	٠,٣١	٠,٢٩	٠,٢٧	٠,٢٥	٠,٢٣
مجموع تكاليف انتاج الخلية الفوتوفلطية	١,٤١	١,٢٠	٠,٩٩	٠,٨٧	٠,٧٣	٠,٧٣

المصدر

International Renewable Energy Agency, Renewable Energy Technologies:
Cost Analysis Series, IRENA Work Paper, Volume1: Power Sector, Issue 4/5, Abu Dhabi, June 2012, P 29

ويلاحظ من الجدول السابق أن أسعار الخلايا والألواح الشمسية في هبوط مستمر, وهذا راجع لتطور تقنيات وتكنولوجيات إنتاج الخلايا من جهة وإلي انتشار شركات عالمية كثيرة في مجال تصنيع الخلايا, وخضوعها لقانون اقتصاديات الحجم من جهة أخري

خلاصة المقال:

لعله تأكد من خلال ما سبق عرضه ضرورة أن تقوم مصر باستغلال فرص الدعم الممنوحة من الدول الصناعية المتقدمة في مشروعات التنمية, ومجالات الطاقة وخاصة الطاقة النظيفة كالطاقة الشمسية ؛ لأنها تهدف إلي التقليل من الانبعاثات الكربونية الضارة, الناتجة من الوقود الأحفوري, ومحاولة توجيه هذا الدعم من هذه الدول إلي مشروعات الطاقة الشمسية والتي تمتاز بزيادة تكلفتها الاستثمارية, ولعل أفضل استخدامات الطاقة الشمسية هو إنارة القري النائية في مصر.

المصادر

١. جيجا باللاتينية Giga :سابقة وحدات عشرية في النظام المتري تشير إلى ١٠ 9أو .1000000000 تم إضافتها كسابقة وحدات في نظام الوحدات الدولي عام ١٩٦٠، ويرمز لها .G على سبيل المثال، وحدة القدرة الكهربائية ١ جيجاوات 1000000000 =وات وهي وحدة كبيرة تناسب محطة توليد الكهرباء.

a. ٢٠٠٦ (الخياط, ٢٠٠٦, مجلد٤١).

٢. (مجاهد, ٢٠٠٢).

٣. (مصطفي منير, ٢٠١٤).

٤. (خالد, ٢٠١٢).

a. .(وزارة الكهرباء والطاقة, ٢٠١٥, ٣٤) .

٥. (إدارة الطاقة الشمسية, ٢٠٠٩, ٦-٧).

٦. المصدر: إدارة تنفيذ المشروعات – هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة – البيانات الفنية عن المحطة الشمسية – ٢٠١٠, ١٢-١٣.

٧. (هيئة الطاقة الجديدة, ٢٠١٥ ٣١).

٨. المصدر: من إعداد الباحث: بالاعتماد علي بيانات الإدارة العامة للخلايا الفوتوفلطية – هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة – سبتمبر-٢٠١١

٩. االمصدر: إدارة النقد الأجنبي والتمويل – هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة – بيانات تمويلية خاصة بمشروع القريتين – سبتمبر ٢٠١١.

١٠. وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة, ٢٠١٣, ٣٢).

١١. (مركز الدراسات والبحوث, السعودية, ٢٠١٠, ص٦

١٢. .(شريف عمر, ٢٠٠٧).