

الطاقة  
الكهرضوئية  
Photovoltaic  
energy PV

March 23

2011

اعداد: المهندس هبة الحلبي

[www.Kawngroup.com](http://www.Kawngroup.com)

## 1- المحتويات:

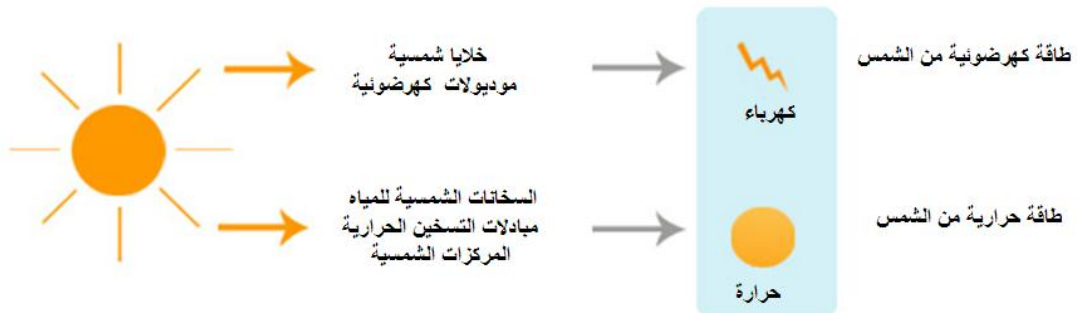
- الطاقة الشمسية
- أنواع الخلايا الكهروضوئية (الشمسية)
- التكاليف الواسطة للخلايا الكهروضوئية
- الأنظمة الكهربية للنظام الكهروضوئي
- المحطات الكهروضوئية ذات الاستطاعة الكبرى حول العالم
- أهم الشركات العالمية المصنعة للخلايا الكهروضوئية
- أنظمة كهروضوئية مدمجة مع أبنية وانشاءات مدنية (مشاريع عالمية)

## 2- الطاقة الشمسية

يتم الاستفادة من الطاقة الشمسية وذلك لأغراض توليد الطاقة الكهربية عبر طريقتين أو نظامين:

- النظام الكهروضوئي: حيث يتم عبر استخدام الخلايا الكهروضوئية PV Cells تحويل الطاقة الضوئية الشمسية بشكل مباشر إلى كهرباء عبر تعريض هذه الخلايا للطاقة الضوئية.
- نظام المركبات الشمسية: أنظمة تعتمد لاستخدام العدسات والمرايا وذلك لتركيز الأشعة الشمسية المتناثرة الحاملة للطاقة الحرارية نحو بقعة معينة...ووفقاً لآليات متعددة و متنوعة يتم تحويل هذه الحرارة المركزة إلى طاقة كهربية وبالتالي في هذا النظام يتم الحصول على الطاقة الكهربية بشكل غير مباشر من الطاقة الشمسية

الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء والحرارة



### 3-أنواع الخلايا الكهروضوئية (الشمسية):

يوجد ثلاث أنواع رئيسية من الخلايا الكهروضوئية تختلف حسب البنية التشكيلية للمادة السيليكونية المشككة للخلية كما يلي:

1. مونوكريستالين (Mono Crystalline): تتألف من سيليكونات وحيدة البلورة
  2. البولي كريستالين (Poly Crystalline): وهي تتألف من سيليكونات متعددة البلورات
  3. الرقائق السيليكونية الفلمية: تتألف من سيليكونات ليس لها تصنيف شكلي أو بنيوي محدد فهي تعرف باسم Thin Films or Amorphous Silicon
- وهذه التشكيلة البنيوية للأنواع الثلاث هي المحدد الرئيسي لكفاءة النوع على تحويل الفوتونات إلى كهرباء

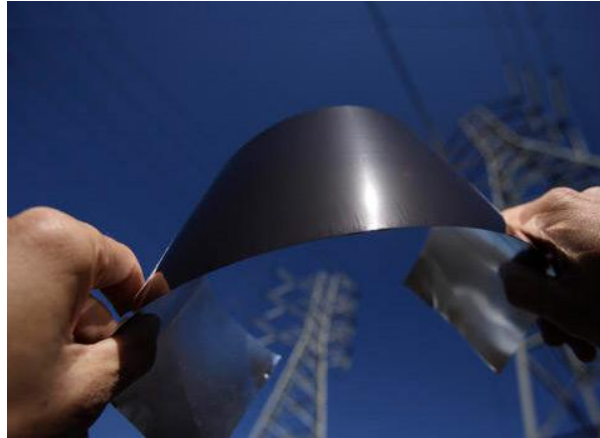
○ المونوكريستالين : معظم الخلايا الكهروضوئية المنتجة تكون ذات تشكيلة وحيدة البلورة وما يميز هذا النوع أنه صاحب الكفاءة والكلفة الأعلى من النوعين الآخرين



- البولي كريستالين: احتياج هذا النوع للسيليكون المكلف مادياً يكون أقل وبالتالي كلفته تكون أقل ، وكفاءته أقل أيضاً لأنه يتألف من بلورات كريستالية متعددة ، ولكن مصنعي هذا النوع من الخلايا يصرّحون بأن الوفرة الاقتصادي الذي يحققه هذا النوع نوعاً ما يتفوق على كفاءته الأقل من النوع السابق.



- الأفلام الكهروضوئية الرقيقة: تختلف عن النوعين السابقين بأنه ليس لها تركيبية بنوية محددة، حيث يتم تصنيعها عبر ترسيب طبقات رقيقة جداً من السيليكون المُسال في فراغ ما مع وجود طبقة زجاجية أو بلاستيكية أو معدنية كطبقة داعمة. تكمن الفائدة الكبيرة لهذا النوع بأن كلفة الواط الكهربائي المنتجة منه هي الأرخص بين الأنواع الثلاثة، ولكن كفاءتها هي الأقل بين النوعين السابقين .



## الاستطاعة الكهربائية المنتجة من المادة الكهرضوئية

نوع المادة الكهرضوئية	المساحة المطلوبة من المادة الكهرضوئية لإنتاج 1 كيلوواط من الكهرباء (m <sup>2</sup> )	الواط الأعظمي الممكن إنتاجه بشكل تقريبي من واحد متر مربع حسب المادة الكهرضوئية (أرقام تقريبية)
المونو كريستالين ( بنية وحيد البلورة)	7 – 9 m <sup>2</sup>	110 – 142
البولي كريستالين (بنية متعددة البلورات)	8 – 11 m <sup>2</sup>	90 – 125
الأفلام الرقيقة : (تستخدم النحاس كمادة داعمة)	11 – 13 m <sup>2</sup>	76 – 90
السيليكون اللاشكلي (نوع من الأفلام الرقيقة الكهرضوئية)	16 – 20 m <sup>2</sup>	50 – 62

### 4- تكاليف النظام الكهرضوئي

في سوق الصناعة النفطية يتم تقدير الكلفة بحسب سعر برمبل الوقود كوحدة لقياس الكلفة، أما في سوق الطاقة الكهرضوئية فإن الوحدة الرئيسية لقياس الكلفة تكون حسب ال watt peak التي يقدمها الموديول الكهرضوئي في شروط الاختبار القاسية.

حيث يشكل سعر الموديول الكلفة الأكبر للنظام الكهرضوئي الذي يحتوي على عناصر أخرى مثل المعرجات.. وملحقات أخرى حسب النظام الكهربائي للنظام الكهرضوئي، وتقدر نسبة كلفته من % 40-50 من الكلفة الكلية للنظام الكهرضوئي

وتتراوح التكاليف ما بين \$4.6 لل واط في حال استخدام موديولات الأفلام الرقيقة وما بين \$6.9 لل واط الواحد في موديول المونوكريستالين .

تكلفة الكيلو واط المركب للنظام الكهرضوئي تتراوح وسطياً ما بين \$6,000 إلى \$9,000.

الموقع الإلكتروني التالي يقوم بتقديم سعر الجملة العالمي ل watt peak لأنواع مختلفة من الخلايا الكهرضوئية، والتغيرات التي تطرأ على أسعارها بشكل شهري وفقاً للعرض والطلب . تم نشر الأسعار لشهر شباط 2011، ويمكن عبر زيارة الموقع بشكل شهري الاضطلاع على الأسعار المحدثة

<http://www.solarserver.com/service/pvx-spot-market-price-index-solar-pv-modules.html>

Price trends February 2011					
Module type, origin	€ / Wp		Trend since 2011-01		Trend since 2010-02
Crystalline Germany	1.67	↓	- 2.3 %	↓	- 15.7 %
Crystalline China	1.41	↓	- 4.1 %	↓	- 7.2 %
Crystalline Japan	1.61	↓	- 1.2 %	↓	- 11.5 %
Thin film CdS/CdTe	1.22	↓	- 2.4 %	↓	- 21.3 %
Thin film a-Si	1.08	↔	0.0 %	↓	- 14.3 %
Thin film a-Si/μ-Si	1.23	↓	- 2.4 %	↓	- 14.6 %

## 5-أنواع الأنظمة الكهربائية للنظام الكهروضوئي:



تتنوع الأنظمة الكهروضوئية تبعاً للنظام الكهربائي بمعنى ربطها أو عدم ربطها بالشبكة الكهربائية، حيث يوجد نظامان رئيسيان:

1. نظام منفرد غير مرتبط مع الشبكة stand alone or grid-off system

2. نظام مرتبط مع الشبكة الكهربائية Grid connected system

وأيضاً هذه الأنظمة نفسها من الممكن أن تحتوي على بطاريات لتخزين الطاقة وقت الحاجة إليها أثناء الليل، أو قد لا تحتوي وذلك يعتمد على الغرض من إقامة النظام الكهروضوئي (تغذية منزل بالكهرباء، توليد الكهرباء لتغذية مضخة المياه..... إلخ) ووفقاً لدراسة اقتصادية وإلى اعتبارات كثيرة.

## 1-5 الأنظمة المستقلة stand alone system :

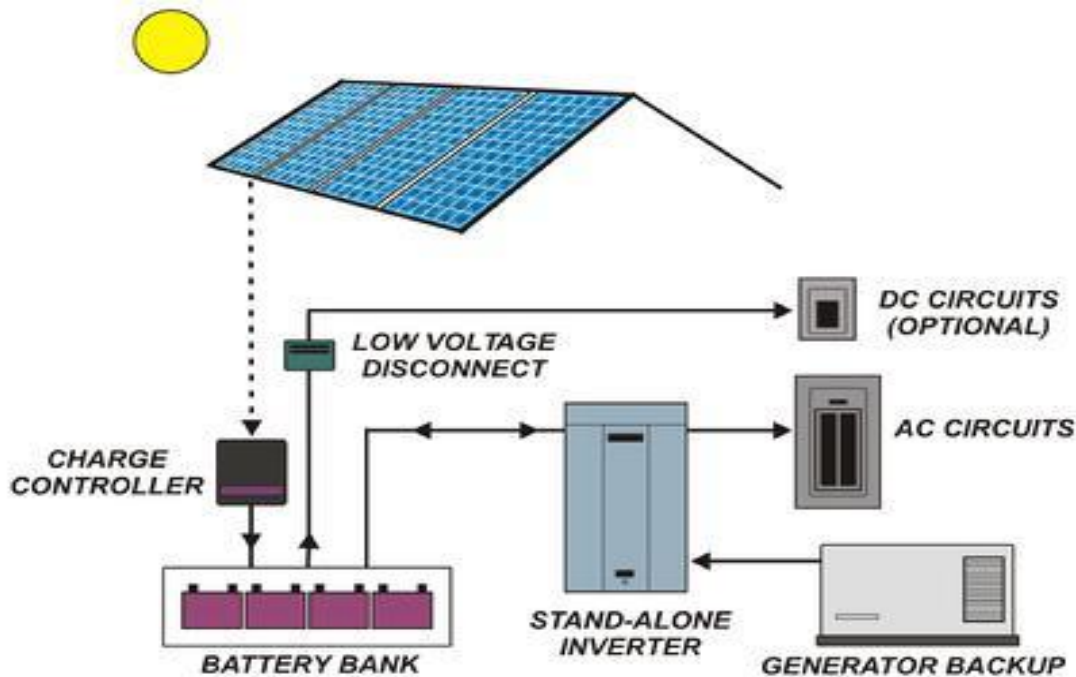
وهي الأنظمة الغير مرتبطة مع الشبكة وهذا يعني أنها مصدر الطاقة الوحيد للحمل سواء منزل أو مضخة مياه أو أي حمل آخر.

هذه الأنظمة يمكن أن تُصمّم لتعمل مع أو بدون بطاريات مثلاً مضخات المياه يمكن أن يتم الاستفادة من النظام الكهرضوئي لتوليد الطاقة من أجل تشغيل المضخة خلال ساعات النهار ويتم تخزين المياه فيما بعد ضمن خزانات لاستهلاكها فيما بعد خلال ساعات الليل. مشكلة عدم توافر الشمس خلال الأيام الغائمة يمكن حلها بالاستعانة بمحرك الاحتراق الداخلي Diesel Engines كنظام مساعدة backup system .

أما في حال استخدام هذا النظام لتزويد منزل ما بالطاقة الكهربائية فلا بدّ من الاستعانة بالبطاريات من أجل تخزين الطاقة الكهربائية خلال ساعات النهار أثناء توافر ضوء الشمس لاستخدامها في الليل.

يُعتبر هذا النظام مُربح وذو كفاءة اقتصادية بالمقارنة مع البدائل الأخرى في حال تم استخدامه لتغذية مناطق بعيدة عن خطوط الشبكة العامة وبالتالي إيصال خطوط التغذية الكهربائية إليها يكون ذو كلفة عالية. مثل القرى النائية والبعيدة المتواجدة في مناطق ذات اشعاع شمسي عالي والتي لم تصلها الكهرباء إلى الآن يمكن أن نعتمد على هذا النظام لتزويدها بالكهرباء.

### 1-1-5 الأنظمة المستقلة الغير مرتبطة بالشبكة:





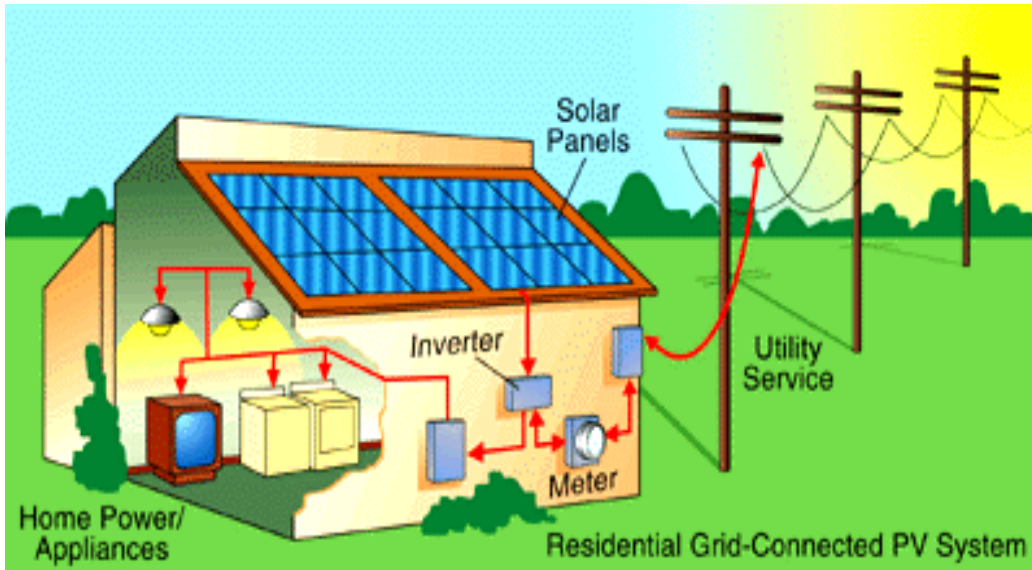
## 2-1-5 الأنظمة الكهروضوئية المستقلة المرتبطة مع الشبكة :

كمثال على هذه الأنظمة حالة المنزل الذي يتواجد على سطحه ألواح كهروضوئية و يحتوي على عداد الكتروني يعمل باتجاهين.

يتواجد مثل هذا النظام في الدول الأوروبية التي تلقي اهتماماً ووعياً حقيقياً لأهمية الثروة الشمسية التي تتمتع بها بلدانها مثل ألمانيا. هذه البلدان تقدر أهمية المساحات المتوفرة على سطوح المنازل حيث جعلت هذه المساحات الوافرة تتحول إلى مصدر للطاقة وعملت على توفير ما يسمى بالشبكة الذكية Smart Grid وذلك لتشجيع المواطنين على الاستفادة من أسطح منازلهم لضخ الطاقة إلى الشبكة هذا يشكل على مستوى الدولة ككل مصدر حقيقي وهام للطاقة التي هي اليوم محور صراعات البشرية.

مبدأ العمل هو وجود العداد الإلكتروني الذي يعدُّ باتجاهين :

1. في حال كان النظام الكهروضوئي يؤمن طاقة كهربائية عالية كافية لتغطية أحمال المنزل المستهلكة ، وتتجاوزها فإن هذه الطاقة الفائضة يتم تصديرها من منزل الشخص إلى الشبكة ويصبح المستهلك في هذه الحالة هو الذي يبيع الكهرباء للشبكة
2. في حال كان الطقس لا يسمح بإنتاج طاقة كهربائية من النظام الكهروضوئي المتواجد على سطح المنزل، يتم استجرار الطاقة من الشبكة بالشكل الطبيعي، أي المستهلك يشتري الكهرباء من الشبكة
3. وجود هذا النظام يعمل على التوفير الأمثل في قيمة الفاتورة الكهربائية ، حيث في نهاية الشهر يتم وبناءً على الفرق بين ما قدمه المستهلك من طاقة للشبكة وبين ما استجره منها تحديد قيمة الفاتورة وفي بعض الحالات الجهة الكهربائية المسؤولة عن الفوترة هي التي تدفع للمستهلك في حال كان ما قدمه من طاقة عبر نظامه الكهروضوئي يفوق ما استجره من الشبكة الكهربائية.





## 2-5 الأنظمة المرتبطة مع الشبكة :

يوجد نوعين رئيسيين من هذه الأنظمة:

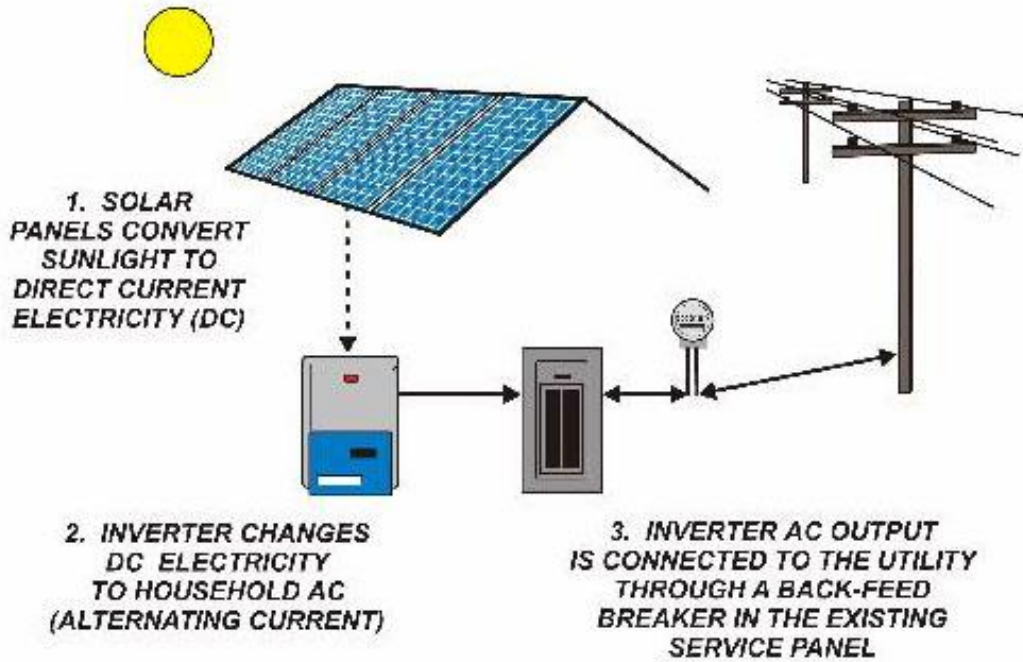
(1) مرتبط مع الشبكة بدون وجود بطاريات للتخزين

(2) مرتبط مع الشبكة مع وجود بطاريات للتخزين كنظام مساعد Backup system

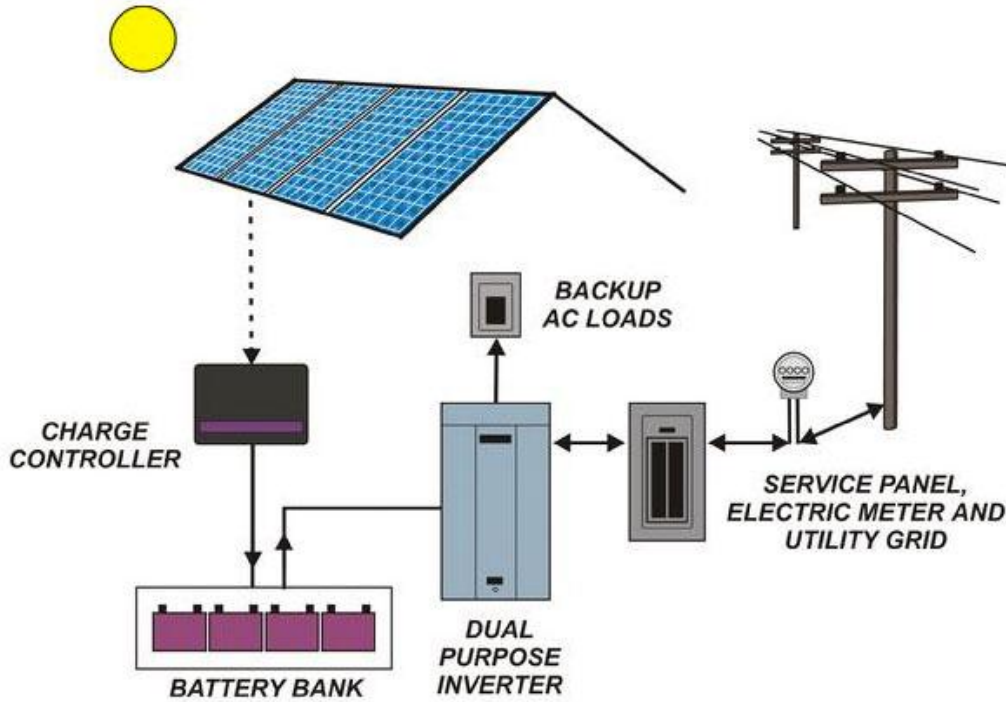
## 1-2-5 الأنظمة المرتبطة مع الشبكة دون وجود بطاريات للتخزين :

هذا النظام لا يحتوي على بطاريات تعمل على تخزين الطاقة الفائضة عن حاجة المستهلك، حيث يتم فوراً ضخ هذا الطاقة إلى الشبكة العامة عبر نظام يدعى net-metering .

التيار الناتج عن الألواح الكهروضوئية هو تيار مستمر DC لذلك نستعين بالمعرج Converter ليحوّله إلى تيار متناوب قبل ضخه للشبكة، يقوم المعرج بتحويل التيار المستمر إلى المتناوب بحيث يكون له نفس تردد وتوتر الشبكة. طبعاً في حال تم إضافة البطاريات فإن ذلك سيزيد من كلفة النظام بشكل كبير.



## 2-2-5 نظام مرتبط مع الشبكة مع وجود بطاريات للتخزين :



## 6- المحطات الكهروضوئية ذات الاستطاعة الكبرى حول العالم :

المحطة الكهروضوئية الأكبر في العالم في أونتاريو - كندا هي محطة سارنيا

محطة سارنيا تعمل على الطاقة الشمسية الكهروضوئية/ أونتاريو/ كندا	
الاستطاعة	97 ميغاواط من الطاقة النظيفة الخالية من الانبعاثات
الجهة المشترية للكهرباء	هيئة أونتاريو للطاقة
مساحة المحطة	تحتل مساحة 950 هكتار حوالي 3.844 كيلو متر مربع
مساحة الألواح الكهروضوئية	تحتل الألواح الكهروضوئية مساحة 966,000 متر مربع، ويصل عددها إلى 1.3 مليون لوح من الأفلام الرقيقة تم تقديمها من قبل شركة First Solar المصنعة للألواح الكهروضوئية (الموديول)
الإنتاج السنوي	حوالي 120,000 ميغاواط ساعي
الوفر في CO2	يفوق ال 39,000 طن في السنة
فرص العمل التي وفرتها المحطة	أمنت المحطة حوالي 800 فرصة عمل في مجال البناء أي أثناء تشييد المحطة، إضافة إلى العشرات من الفرص المفيدة التي أمنها تواجد المحطة الطاقوية بشكل غير مباشر بما يتضمن ذلك شركات الهندسة والتصميم والمقاولات ومقدمي الخدمات.....إلخ

منذ شهر أكتوبر عام 2009 وولاية أونتاريو الكندية تحقق نجاحات واسعة في تطبيق نظام Feed in Tariff الذي يهدف إلى تشجيع المواطنين على استخدام أنظمة كهروضوئية مرتبطة مع الشبكة وذلك للاستفادة من المساحات المتوافرة على أسطح منازلهم، حيث تلعب ولاية أونتاريو دوراً رائداً في أميركا الشمالية من حيث سن القوانين ومنح الحوافز لتشجيع الطاقات المتجددة وهذا ما نود أن نراه في بلداننا العربية التي تتمتع بثروة هائلة من الطاقة الشمسية



### أكبر 10 محطات كهروضوئية على مستوى العالم

الترتيب	الاستطاعة (Mwp)	البلد	الموقع	كلفة المشروع (million)
1	97	كندا	سارنيا (ولاية أونتاريو)	_____
2	84.2	ايطاليا	مونتالتو دي كوسترا	€120
3	80.7	ألمانيا	فينسترويلد	_____
4	70	ايطاليا	روفيجو	\$382
5	60	اسبانيا	كاستيلا لا مونتشا	€384
6	54	ألمانيا	ستاربرينتشتين	_____
7	53	ألمانيا	ليبيروس	\$238 approximately €173
8	50	أسبانيا	كاستيلا لا مونتشا	_____
9	46	البرتغال	ألينتيجو	€250
10	45	ألمانيا	كوثين	€183

## 7- أهم الشركات العالمية المصنعة للخلايا الكهروضوئية

وفقاً لعمليات المسح السنوي لسوق الطاقة الكهروضوئية فقد تبين أنه في عام 2009 كان الإنتاج العالمي للألواح الكهروضوئية ما يعادل 12.3 غيغا واط من الطاقة. وقد شكلت الشركات العشر الأوائل ما نسبته 45% من هذا الإنتاج العالمي الكلي .

الترتيب	اسم الشركة	الدولة	الاستطاعة المنتجة من الألواح الكهروضوئية (Mw)
1	First Solar	أميركا	1100
2	Suntech	الصين	704
3	Sharp	اليابان	595
4	Q-cells	ألمانيا	586
5	Yingli	الصين	525.3
6	Ja Solar Holding	الصين	520
7	Kyocera	اليابان	400
8	Trina Solar	الصين	399
9	Sunpower	الفلبين	397
10	Gintech	تايوان	386

## 8- أنظمة كهروضوئية مدمجة مع أبنية وإنشاءات مدنية :

كمثال على مشاريع عالمية لأنظمة كهروضوئية مدمجة مع أبنية وإنشاءات عالمية (BIPV) سندرج

أولاً: المبنى الأكبر في العالم المزود بالخلايا الكهروضوئية المدمجة مع هيكله في الصين



الموقع	ولاية شانغونغ ، الصين
مساحة المبنى	2 م 75,000
الطاقة المنتجة	6.6 مليون كيلو واط ساعي
كمية الانبعاثات التي تم توفيرها	8672.4 طن سنوياً
كميات الفحم التي سيتم توفيرها سنوياً (في حال تم توليد نفس الطاقة المنتجة من محطة تعمل على الفحم)	2640 طن من الفحم المعياري
كفاءة الطاقة لهذا المبنى تصل إلى 88%	



ثانياً: الملعب الأول في العالم الذي يعمل بنسبة 100% على الطاقة الشمسية



الموقع	في تايوان، تم بناؤه لبطولة الألعاب العالمية لعام 2009
استطاعة الملعب	40,000 ألف مقعد
الطاقة الكهربائية	1.14 مليون كيلو واط ساعي سنوياً
التوفير في CO2	660 طن من CO2 في السنة
كلّ مواد البناء المستخدمة في بناء الملعب هي 100% قابل للإستعمال ثانية	



### ثالثاً: برج التأمين التعاوني الاجتماعي في مانشستر في المملكة المتحدة:



- أكبر برج في العالم يحتوي على خلايا كهروضوئية تغطي واجهاته الثلاث حيث تم كسوته بما يقارب 7,244 من الألواح الكهروضوئية من نوع شارب لتنتج 390 كيلو واط من الطاقة بما يكافئ الطاقة التي نحتاجها لتغذية 55 منزل خلال عام ، أو ما يعادل من الطاقة التي تكفي لتغذية 1,000 كومبيوتر شخصي لمدة عام كامل أيضاً
- بدأت هذه الألواح المغطية للمبنى بتقديم الطاقة الكهربائية للشبكة العامة في شهر نوفمبر/ تشرين الثاني من عام 2005
- يحتوي المبنى أيضاً على 24 عنفة رياحية تتواجد على سطحه، وتعمل على تأمين حوالي 10% من حاجة المبنى الكلية للطاقة