هـندسـة الطـاقـات المتجددة والمستدامة

● د. وكاع محمد

على الرغم من هجرة الناس المستمرة من المناطق النائية والريفية إلى المناطق الحضرية والمدن الكبيرة بصورة واسعة فإنه لا يزال هناك ما يزيد على أربعة بليون بشر يعيشون في المناطق النائية والريفية في مختلف بلدان العالم وبالذات في بلدان العالم الثالث أن أغلب هؤلاء لم تصلهم الكهرباء عدا حالات قليلة أنتجت فيها الطاقة الكهربائية من مولدات صغيرة ومنعزلة. أن توفر الطاقة الكهربائية ضروري جدا لتجهيز هذه المناطق بالماء الصافي وحفظ الأطعمة وخزن الأدوية وتشغيل الراديو والتلفزيون بالإضافة إلى ذلك فإن أغلب بلدان العالم قد زادت من استخدام الطاقة التقليدية والتي تنتج باستعمال الوقود التقليدي مثل النفط والغاز والفحم أو الطاقة النووية إن هذه المصادر تزيد بنسبة كبيرة من تلوث البيئة حيث تنتج غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يساهم في زيادة درجة حرارة الجو المحيط بالكرة الأرضية وكذلك ينتج غاز الميثان الذي يزيد من تساقط الأمطار وبالذات الحامضية. وطبقاً للمعلومات المتوفرة فإن درجة حرارة الجو إزدادت بمقدار 2مْ خلال السنوات السبعين الماضية وأن ثاني أكسيد الكربون قد أزداد بنسبة 20 %. وأدى ذلك الى زيادة سخونة الكون بمقدار 6 واط.

أما الميثان فقد أزداد بنسبة 7 % وأدى ذلك إلى زيادة الأمطار في بعض مناطق الكرة الأرضية وأنحباسها في مناطق أخرى. وأن سقوط الأمطار قد أزداد بنسبة 15 % وأن مستوى سطح البحر قد ارتفع بمقدار10.5 سم خلال القرن الماضي وقد أدى ذلك إلى انغمار بعض الأراضي الصالحة للزراعة وذوبان الثلوج واختفاء الغابات في مناطق أخرى.

في مقابل ذلك فإن مصادر الطاقة المتجددة والمستدامة توفر البديل لمصادر الطاقات التقليدية لما لها من صفات مهمة في أنها غير ملوثة وغير ناضبة ولا تؤدي إلى انبعاث غاز ثاني اكسيد الكربون أي لا تؤدي إلى زيادة درجة حرارة الجو.
لقد حضيت هذه الأنواع من الطاقة باهتمام كبير فقد أفردت لها كثير من دول العالم ميزانيات وسياسات خاصة وذلك من أجل تطوير البحث وتطوير صناعتها وكانت حصة كليات الهندسة والعلوم ومراكز البحث العلمي كبيرة في تطوير وتصنيع واستخدام هذه الطاقة ونظراً للوضع الخاص الذي تعيشه المملكة من نقص في مصادر الطافة التقليدية وتوفر المستلزمات الأساسية والأولية للطاقة المتجددة والمستدامة فقد بادرت جامعة فيلادلفيا للبدء في عقد اتفاقية أو مجموعة اتفاقيات مع عدد من الجامعات الأوربية ومراكز البحث العلمي المتقدمة لغرض الاستفادة من خبراتهم في بناء مركز لبحوث الطاقة المتجددة وذلك لتطوير وتصنيع هذه الأنواع من الطاقة في المملكة.

ولغرض الاستفادة القصوى من هذه الاتفاقيات وعرض صورة عن خصائص هذه الطاقة والمفاصل الحيوية للبحث فيها والاستفادة من خبرات أعضاء الهيئة التدريسية في جميع الاختصاصات في الاشتراك لتطوير البحث العلمي في الجامعة ولخبرتي في هذا المجال حيث قضيت ما يزيد على خمسة وعشرين سنة لإجراء بحوث في نوع من هذه الطاقة فقد رأيت أن أكتب مقالاً مبسطاً عن ماهية وخواص ومصادر الطاقة المتجددة والمستدامة.

أنواع الطاقة المتجددة والمستدامة

الطاقة المتجددة والمستدامة هي الطاقة المتولده من المصادر الطبيعية مثل ضوء الشمس والرياح والمياه والامطار وحرارة جوف الأرض يضاف إلى ذلك طاقة الكتل الحيوية. ففي العام 2006 بلغت نسبة الطاقة المتجددة المستخدمة بحدود 18 % من الطاقة الكلية المستخدمة على سطح الأرض، 13 % من هذه الطاقة المتجددة جاءت من طاقة الكتل الحيوية التقليدية مثل حرق الأخشاب والنفايات وقد احتلت طاقة المياه بالرتبة الثانية حيث بلغت بحدود 3 % من الطاقة الكلية المستخدمة.
إن مصادر الطاقة المتجددة والمستدامة هي عديدة سوف نحاول أن نستعرضها ضمن الأبواب التالية:-

(*) جامعة فيلادلفيا

1. طاقة المياه وجوف الأرض
(water and Geothermal Energy)
2. طاقة الرياح. (wind energy)
3. طاقة الكتل الحيوية.Biomass energy))
4. الطاقة الشمسية. solar energy))

طاقة المياه وجوف الأرض
(water and geothermal energy)

إن طاقة المياه هي عبارة عن الطاقة المتولدة نتيجة لسقوط المياه من علو أو الطاقة المتولدة نتيجة لانسياب المياه بسرعة عالية في الأنهار والجدوال. وكذلك الإختلاف في درجات الحرارة والكثافة ودرجة الملوحة. لقد أستخدمت المياه منذ ألفين عام في تدوير النواعير المائية والتي تصنع من الخشب ولها زعانف يمكن للماء تحريكها وغالباً ما كانت تستخدم لطحن الحبوب. وقد طورت هذه النواعير كثيراً وبالذات عندما حصل نقص في الطاقات التقليدية عام 1973 وازداد القلق من التلوث البيئي.

إن من محاسن هذا المصدر من مصادر الطاقة هي أنها أمينة ورخيصة الثمن ومستدامة وعديمة التلوث وكذلك فإن تقنياتها بسيطة وعمرها التشغيلي طويل ولا تحتاج إلى وقود وبذلك فإنها لا تنتج غاز ثاني أوكسيد الكربون ولكن من مساوئها أن إنتاجها ربما يقع بعيداً عن المناطق التي هي بحاجة اليها وكذلك تتأثر الطاقة المنتجة بكمية الأمطار ومواسم الجفاف وأستخدام المياه والأرض حيث ترتبط المياه بحاجات زراعية أخرى.

1. مصادر طاقة المياه

هناك عدة أنواع من مصادر طاقة المياه ويمكن تصنيفها على الشكل التالي :

1. انتاج الطاقة الكهرومائية من المحطات الكبيرة ويتم ذلك على الأغلب من بناء السدود الضخمة في مجاري الأنهار الكبيرة وتمثل آكبر مصدر لإنتاج الطاقة كما سيأتي ذكره في الجدول رقم (1) حيث أنتج ما يزيد على 860 جيجا واط عام 2008 .
2. انتاج الطاقة الكهرومائية من المحطات الصغيرة، وهي السدود التي تنتج الوحدة الواحدة بحدود 100 كيلو واط وتتصدر الصين بلدان العالم لانتاج هذا النوع من الطاقة حيث يوجد فيها حوالي (80000) ثمانين ألف وحدة توليد هايدروليكية وبمعدل 40 كيلو واط لكل وحدة. لقد أنتج ما يزيد على 280 جيجا واط عام 2008 في مختلف بلاد العالم.
3. الطاقة الكهرومائية الناتجة من حركة المياه والأنهار وبدون استخدام السدود حيث توضع المحطات الصغيرة في مجاري الأنهار لتحريكها وتوفير التبريد لها .
4. طاقة مياه المحيطات والبحار التي تنتج من الأمواج الحركية والتيارات السارية في المحيطات والبحار وكذلك المد والجزر وكذلك الفرق في درجات الحرارة بين سطوح وأعماق المحيطات.
5. الطاقة الأوزموزية وهي الناتجة عن الفرق في الملوحة بين الأنهار والبحار وتمتاز المملكة بوجود بحر عالي الكثافة يمكن استغلاله لتوليد هذه الطاقة .
6. طاقة الوقود الخلوي (fuel cell) وهو عبارة عن إنتاج الهيدرجين من الماء بطريقة تحليل الماء وهو من المواضيع المهمة والحديثة حيث إن الهيدروجين بدأ يحل محل الوقود التقليدي في كثير من الاستعمالات.
7. طاقة جوف الأرض: إن الطاقة الحرارية لجوف الأرض متوفرة في العديد من بقاع الكره الأرضية وعلى بعد عدة أمتار من سطح الأرض. وتتوفر هذه الطاقة إما على شكل بخار جاف حار أو ماء في درجات حرارة تزيد على 200 درجة مئوية يمكن استخدامه مباشرة أو تسليط الماء الحار من خلال مبادلات حرارية (heat exchangers). وتتميز المملكة بوجود عدد من هذه المصادر. وتنتج أيسلندا بحدود 170 جيجا واط حراريةكانت كافية لتجهيز 85% من الدور السكنية في هذا البلد في العام 2000. وقد أنتج ما يزيد على 8000 جيجا واط من هذا النوع من الطاقة في مختلف بقاع العالم في العام 2008.

2. طاقة الرياح (Wind Energy)

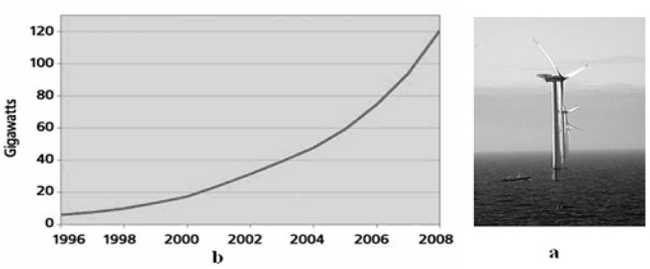
إن الرياح هي هواء متحرك وبذلك فهي تمتلك طاقة حركية يمكن تحويلها إلى طاقة توربينية دورانية منتظمة باستخدام توربينات الرياح المبينة في الشكل (1–a)و هذه التوربينات الدواره يمكن استخدامها في رفع المياه وطحن الحبوب وتوليد الطاقة الكهربائية. ولقد استخدمت توربينات الرياح لعقود من الزمن لضخ المياه وطحن الحبوب وقطع الأخشاب، ولكن استخدامها بدأ يقل منذ اكتشاف مصادر الطاقة التقليدية (الأحفوري) وانتشار الشبكات الكهربائية.

تقدر مصادر طاقة الرياح المتوفرة في العالم والتي يمكن الاستفادة منها بصورة عملية (حيث سرعة الرياح تزيد عن 4 متر/ ثانية ما يزيد بخمسة اضعاف إنتاج الطاقة في العالم أو ما يزيد عن 40 ضعفاً من الطاقة الكهربائية المنتجة وهذا يقدر بحوالي 53000 تريليون واط ساعة سنوياً. إن هذا الرقم يزيد أربع مرات عن ما تم استهلاكه من الطاقة الكهربائية عام 1998 في كافة أنحاء العالم. لقد قدرت منظمة الطاقة العالمية (IFA) بأن استهلاك الطاقة الكهربائية سوف يتضاعف مرتين بحلول العام 2020 وإذا افترضنا أن 10%

من هذه الطاقة هي منتجة بواسطة الرياح فإن ما متوقع انتاجه من طاقة الرياح هو 3000–3500 تريليون واط ساعة سنوياً، و التقديرات المنطقية باستخدام طاقة الرياح هي بنسبة 20% من إنتاج الطاقة الكهربائية ويخطط المسؤولون في الدانمارك لزيادة هذه النسبة إلى 50% بحلول عام 2030. والشكل رقم (1–b) يبين تطور إنتاج طاقة الرياح للفترة من 1996 ولغاية العام 2008.

مميزات طاقة الرياح

تمتاز طاقة الرياح بأن تقنياتها معروفة ومتطورة وتعمل مولداتها بصورة ذاتية ولا تحتاج إلى صيانة مستمرة أو وقود ولا تحرر غاز ثاني أكسيد الكربون. لقد استخدمت تيارات الهواء لتدوير طواحين الهواء (Wind Turbines)، و طواحين الهواء الحديثة تتروح قدرتها من 600 كيلو واط إلى 6 ميجا واط، بالرغم من أن الطواحين ذات القدرة 1.5 إلى 3 ميجا واط تستخدم بشكل واسع. ويباع ما عدده 5000–10000 طاحونة هواء سنوياً في العالم. وأن ما يزيد عن 50 ميجا واط يضاف سنوياً إلى شبكات الكهرباء الوطنية في مختلف بقاع العالم. ويزيد استخدام الوحدات الصغيرة في البلدان النامية وفي المناطق النائية بالذات حيث لا تتوفر شبكة كهربائية أو يصعب



الشكل 1 – a –مجموعة توربينات هوائية على سا حل بحري 1 – B– تطور إنتاج طاقة الرياح للفترة من 1996ولغاية 2008

إيصال الوقود إلى تلك المناطق. لقد وضعت الدول الأوروبية خطة طموحة لتقليص كلفة انتاج الطاقة الكهربائية من الرياح من 0.05 يورو/كيلو واط عام 2000 إلى 0.02 يورو/كيلو واط عام 2020.

إن المناطق التي تكون فيها سرعة الرياح عالية هي شواطئ البحار والمحيطات والمناطق المرتفعة وتتميز المملكة بأنها من المناطق المرتفعة التي تتوفر فيها كميات كبيرة من الرياح السريعة وبالذات في شمال ووسط المملكة ولذلك على الباحثين أن يجروا مسحاً شاملاً لأراضي المملكة لتحديد المناطق التي من الممكن الاستفادة منها لتوليد الطاقة الكهربائية من الرياح.

وتتصدر الولايات المتحدة الأمريكية دول العالم بإنتاج الطاقة من طواحين الهواء بقدرة مقدارها 52 تريليون واط ساعة تليها ألمانيا فإسبانيا والهند والصين حيث تنتج بمقدار 13 تريليون واط/ساعة (أنظر الجدول رقم 2--) في الخلاصة.

3. طاقة الكتل الحيوية
(energy Biomass)

إن الكتل الحيوية مصطلح عام يغطي مساحة واسعة من المخلفات النباتية والحيوانية الأصل وبالطبع هذا يشمل الوقود الأحفوري (التقليدي) ولكننا في هذه المقالة سوف نقصر استخدام مصطلح الكتل الحيوية على الطاقات المتجددة والبديلة للوقود الأحفوري. فهي تشمل الأخشاب والفضلات النباتية والحيوانية والبشرية، والتي بإمكانها توليد الطاقة بشكل مباشر أو بطرق تحويلية خاصة. لقد ظلت الكتل الحيوية المصدر الرئيسي لتجهيز الحرارة والضوء في مختلف بقاع العالم منذ قديم الزمان، وقد حل محلها في نهاية القرن التاسع وقود الفحم والنفط في الدول الصناعية بينما ظل استخدامها واسعاً في الدول النامية. لقد أدى نقص الطاقة عام 1973 وتنامي القلق البيئي إلى إعادة دراسة استخدام الكتل الحيوية مرة أخرى في كافة أنحاء العالم وبالذات في أوروبا فعلى سبيل المثال أن مواقد القش التي تستخدم لتوفير الماء الحار والهواء الحار والبخار متوفرة في كل الأسواق الأوروبية تقريباً. إن الخطوة الأولى في تقدير حجم ومصادر الكتل الحيوية هي معرفة ما متوفر منها وسهولة الحصول عليها ومدى ديمومتها وتوفرها لمعدل استخدام معقول حيث أن استخدام هذا الوقود بشكل يفوق أنتاجه يجعله من الطاقات غير المستديمة. أما الخطوة الثانية فهي كلفة هذا الوقود فمثال أن كلفة القش في الأرض الزراعية هو واطيء ولكن كلفة جمعه ونقله إلى مكان آخر ربما يضيف مبالغ إضافية تجعل كلفته غير أقتصادية للاستخدام. ولكن في المقابل يجب التذكر بأن ترك الفضلات النباتية والحيوانية والبشرية أو إلقاؤها في الأنهار يؤدي إلى تلوثها أو تجمع الحشرات الوبائية والقوارض التي تؤذي المحيط السكني حولها.

مصادر الكتل الحيوية

من الممكن تقسيم مصادر الكتل الحيوية إلى ثلاثة أنواع وهي:

1. الأخشاب. تعتبر من مصادر الطاقة المفضلة وذلك لتوفرها في كل مكان تقريباً. لقد أنشات أغلب بلدان العالم أقساماً لإدامة الغابات وذلك من خلال زراعة الأشجار ذات الدورة القصيرة في النمو أو الأشجار ذات الإنتاج الكبير للأخشاب.

2. المخلفات النباتية والحيوانية والفضلات المنزلية والبلدية . و المخلفات النباتية تشمل القش وقشور الرز والأغلفة والسيقان وروث الحيوانات وهي من أقدم المصادر التي استخدمها الإنسان لتوليد الطاقة.

3. أما النوع الثالث فهو محاصيل إنتاج الطاقة ومنها:

*المحاصيل العشبية مثل الذرة والبنجر وقصب السكر وهي تتحمل أجواء نمو قاسية.

*محاصيل السكر والنشويات مثل البنجر الحلو وشجرة الكاسافا والبطاطا التي تفرغ التربة من النيتروجين.

*الأشجار المائية (Aquatics Plant) وهي لاتحتاج إلى أراضٍ زراعية ومنها الأبصال النهرية والتي لها قابلية نمو عالية جداً تزيد على 60 طن / هكتار سنوياً ولكنها تسبب مشاكل بيئية إذا تسربت إلى مجاري الأنهار الطبيعية كذلك فإنها تقوم بتجميع أنواع السميات (Toxins) وتحتوي على أنسجة تؤذي الكائنات الحية.

*النباتات الزيتية والكربوهيدراتية التي لا تستخدم للاستهلاك البشري مثل جوز المسهل أو الخروع.

إن طرق تحويل الكتل الحيوية إلى مصادر للطاقة هي عديدة ومتنوعة منها طرق فيزياوية (مثل التجفيف والتكثيف وضغط الحجوم) أو طرق حرارية (مثل الحرق أو الأكسدة) أو طرق كيميائية (مثل التخمير والتفاعلات اللاهوائية). وعمليات التحويل تؤدي في النهاية إلى الحصول على مواد صلبة أو سائلة أو غازية وهذه إحدى أهم محاسن طاقة الكتل الحيوية التي لا تتوفر في الطاقات الأخرى حيث ينتج الوقود الحيوي.

أنواع الوقود الحيوي

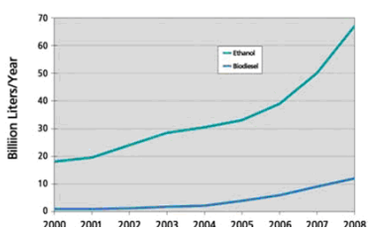
إن الوقود الحيوي هو ناتج من نواتج الكتل الحيوية ويشمل الإيثانول والديزل الحيوي (الكازول) والميثانول ومشتقاته. ويستخدم الوقود الحيوي لتحرير الطاقة الكيمياوية المخزون فيه وذلك عن طريق احتراقه في مكائن الاحتراق الداخلي.

أ. الإيثانول عبارة عن وقود حيوي سائل ينتج بطريقة تخمر الفضلات (Fermentation) بواسطة الكائنات الحية بغياب الهواء وتتم هذه العملية بصورة طبيعية وقد عرفه الإنسان كشراب مسكر قبل ألف عام واستخدم كمحلول مذيب في بعض الصناعات الكيماوية. لقد تم تطوير وسائل إنتاجه وذلك بتقليل الطاقة المصروفة لتصنيعه . لقد قادت البرازيل هذه العملية حيث يستخدم الإيثانول كوقود للسيارات بصورة واسعة، إن البحوث جارية وبشكل نشط ومستمر لإنتاج سيارات تعمل على الإيثانول فقط حيث يقود ذلك إلى انخفاض نسبة انبعاث ثاني أكسيد الكربون كذلك فإن الإيثانول هو مصدر جديد لإنتاج الهيدروجين الذي يستخدم في الوقود الخلوي والذي هو قيد البحث والتطوير. وقد قامت أمريكا بإنتاج 4.5 بليون لتر من الإيثانول عام 1993 حيث تمتلك أمريكا أوسع المناطق في العالم لإنتاج الكتل الحيوية وإن أكثر من 35 مليون أيكر من الأراضي قد تم تخصيصها لزراعة المحاصيل الغذائية والغابات والتي تستخدم لإنتاج الكتل الحيوية. إن البحوث مستمرة لإنتاج سيارات تعمل على وقود الإيثانول فقط حيث لا يوجد له أية مخلفات جانبية.

ب. الوقود الحيوي (Biofuel): هناك نوعان من الوقود الحيوي الأول يسمى بالكازول أو الديزل الحيوي (Biodiesel) وذلك بسحق كمية من الذرة وخلطها مع الكازولين. أما النوع الثاني فهو الميثانول وهو وقود سائل ينتج بطريقة التحلل الحراري (Paralysis) حيث تتحلل الكتل الحيوية في درجات الحرارة تزيد على 300 درجة مئوية بعدم وجود الهواء (تحلل لا هوائي).

كما أمكن إنتاج الغاز الحيوي والذي يسمى غاز الميثان و ينتج من فضلات الأوراق وإنتاج السكر والمجاري وفضلات الحيوانات التي تخلط مع بعضها وتترك لتتحلل وتنتج غاز الميثان. وقد أمكن تحضير الغاز الطبيعي وهو غاز ميثان مطور (Upgraded) إلى نوع يقترب من الغاز الطبيعي.

لقد قادت الولايات المتحدة الأمريكية دول العالم في انتاج الإيثانول حيث أنتج في العام 2008 ما يزيد على 67 بليون لتر بينما قادت ألمانيا دول العالم في إنتاج الوقود الحيوي حيث أنتج في العام 2008 ما يزيد على 12 بليون لتر (أنظر الجدول (1) والجدول (3) والشكل رقم (2) يمثل تطور إنتاج الإيثانول والوقود الحيوي في مختلف بقاع العالم منذ العام 2000 ولغاية العام 2008.



الشكل 2 الزيادة في انتاج الايثانول والوقود الحيوي للفترة من 2000ولغاية 2008

الطاقة الشمسية(solar energy)

تستخدم الطاقة الشمسية بطريقتين: الأولى هي: الطاقة الحرارية الشمسية والثانية هي: الطاقة الكهربائية الشمسية.

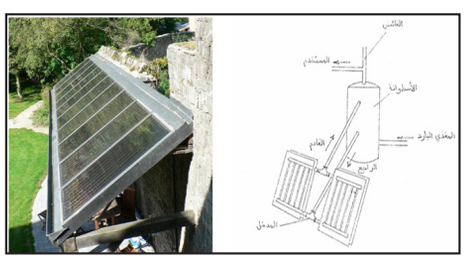
الطاقة الشمسية الحرارية
(solar thermal energy)

إن إستخدام طاقة الشمس للتسخين والتجفيف والتبخير معروفة منذ قديم الزمان وقد تطورت صناعة توليد الطاقة من أشعة الشمس بحيث أصبحت تشمل العديد من الجوانب، فقد تم إنتاج الكهربائية باستخدام مركزات الطاقة الشمسية حيث يتم تبخير المياه بتوليد

درجات حرارة عالية. كذلك تم توليد الهيدروجين باستخدام الخلايا الفوتو كيميائية.

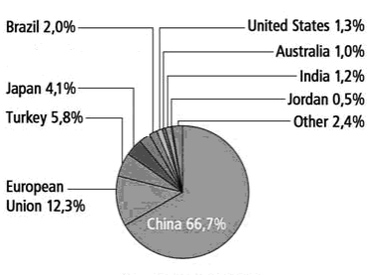
كذلك تم استخدام الطاقة الشمسية بتسخين المياه للاستخدام المنزلي أو لتدفئة المنازل من خلال تصاميم معمارية خاصة كما تم تصميم وتصنيع مسخنات الماء الشمسية والطباخات الشمسية ومجففات الحبوب الشمسية. ومثال على ذلك فإن الدنمارك وحدها تنتج ما يزيد على ربع مليون وحدة مسخن سنوياً.

وقامت كثير من الدول بوضع قوانين تلزم كل من يقوم ببناء دار جديدة أو عمارة بتضمينها وحدات مسخنات الطاقة الشمسية وتعتبر من الأجزاء المكملة للتصميم ولمنح إجازة البناء والشكل رقم (3) يوضح الأجزاء الرئيسية لمسخن الماء الشمسي والذي يستخدم بشكل واسع في المملكة.



الشكل 3 وحدة مسخن الماء الشمسي

والشكل رقم (4) يمثل مخطط للانتاج العالمي من الطاقة الحرارية الشمسية حيث تتصدر الصين العالم بنسبة 66.7 % تليها تركيا بنسبة 5.8 % بينما تأتي المملكة في المرتبة الحادية عشر بنسبة 0.5 %.



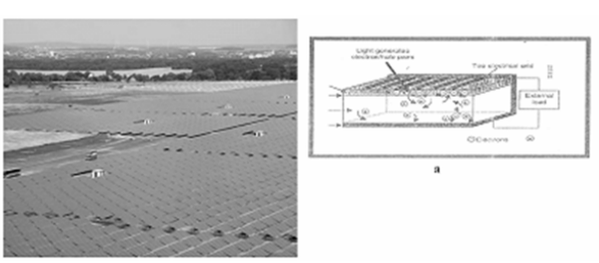
الشكل 4– الانتاج العالمي للطاقة الحرارية الشمسية في العام 2007للدول العشرة الاولى

الطاقة الفوتوفولطائية الشمسية
(photopholtiac solar energy)

وتسمى أيضاً الطاقة الكهربائية الشمسية وتعرف الظاهرة الفوتولطائية على أنها عملية تحويل الضوء (ضوء الشمس) إلى طاقة كهربائية مباشرة باستخدام الخواص الإلكترونية لبعض المواد والمركبات التي تصنف ضمن أشباه الموصلات.

إن تحويل الضوء إلى طاقة كهربائية يتم من خلال تراكيب إلكترونية تسمى الخلايا الشمسية (Solar Cells). إن عمل الخلايا الشمسية ينبع من فكرة بسيطة أنه عند تسليط ضوء مؤلف من فوتونات لها طاقة تزيد عن فجوة الطاقة المحضورة للمادة شبه الموصلة، فإن هذه المادة تقوم بإمتصاص هذه الفوتونات مولدة أزواج من الالكترونات والفجوات الحرة. ومن الصفات الفريدة للخلايا الشمسية هي تولد مجال كهربائي داخلي قادر على فصل الإلكترونات والثقوب الحرة وتوجيهها باتجاه متعاكس خارج الخلية وخلال حمل خارجي قبل أن يعاد التحامها مرة أخرى وقد يتولد هذا المجال نتيجة لتشكيل مفرق (Pn Junction) والشكل رقم (5–a) يمثل التركيب المبسط لخلية شمسية ذات مفرق متجانس (Pn–homojunction). لقد تم توليد حوالي 0.5 فولت و 5 ملي أمبير من الخلية الشمسية السيلكونية وقد تم زيادة هذه الطاقة في خلايا الكاليوم أرسينايد التراكبية. إن الطاقة الكهربائية المتولدة ضمن الخلية الشمسية هي حاصل ضرب الفولتية × التيار.

لقد أمكن ربط الخلايا الشمسية على التوازي والتوالي لتشكل مجموعات طاقة. فعند ربط الخلايا على التوالي تزداد فولتية مع بقاء التيار ثابتاً بينما يزداد التيار وتبقى الفولتية ثابتة عند ربط المجموعة على التوازي. وعند ربط المجموعات على التوالي والتوازي تحصل على الفولتيات والتيارات المناسبة. والشكل رقم (–5 b) يمثل أكبر وحدة توليد الطاقة الكهربائية الشمسية حيث تم توليد 60 ميجا واط من هذه الوحدة والتي ركبت وصنعت في أسبانيا عام 2008.



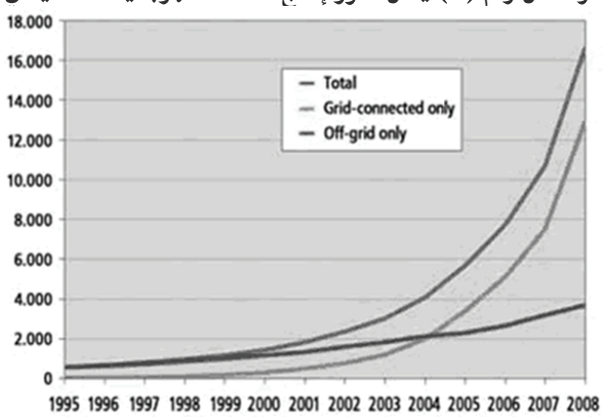
الشكل 5– a– نموذج مبسط لخلية شمسية

إن تطور تكنولوجيا الخلايا الفوتوفولطائية أدى إلى انخفاض كلفتها

بصورة كبيرة جداً حيث أصبحت الكلفة في الوقت الحاضر لا تتجاوز 1% من كلفتها عام 1970 ففي حين كانت الكلفة 100 يورو / واط عام 1965 أصبحت أقل من واحد يورو / واط عام 2007.

لقد قادت ألمانيا بلاد العالم في إنتاج الطاقة الكهربائية الشمسية حيث تم إنتاج ما يزيد عن 3.5 تريليون واط – ساعة عام 2008 تليها اسبانيا فاليابان فالولايات المتحدة فكوريا الجنوبية.

والشكل رقم (6) يمثل تطور إنتاج الطاقة الكهربائية الشمسية في



العالم للأعوام 1995 ولغاية العام 2008 حيث أنتج ما يزيد 22 جيجا واط.

الشكل 6-- تطور إنتاج الطاقة الكهربائية الشمسيةمن الخلايا

جدول رقم (١) إنتاج الطاقة المتجددة في العالم خلال العام ٢٠٠٨

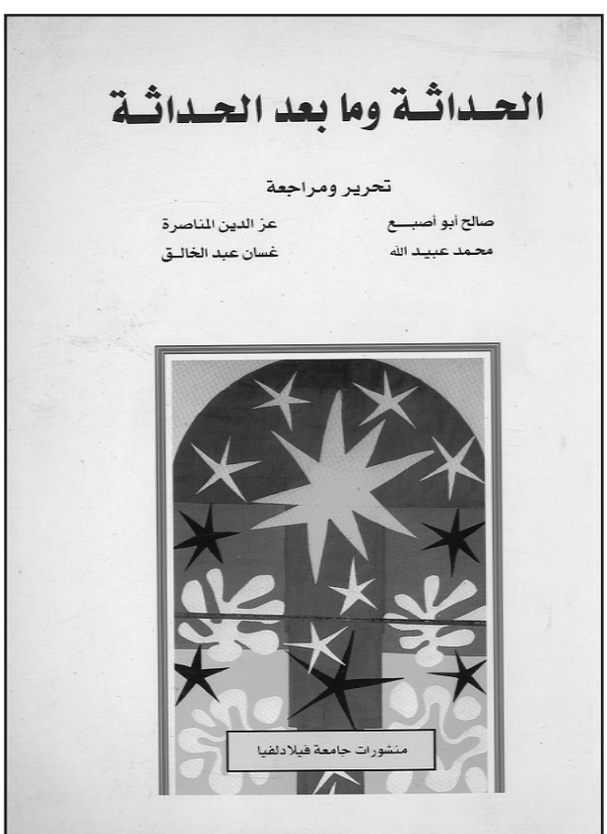
١. طاقة المياه وجوف الأرض	
• محطات الطاقة المائية الكبيرة	٨٦٠ جيجا واط
• محطات الطاقة المائية الصغيرة	٢٨٠ جيجا واط
• طاقة جوف الأرض	٨ جيجا واط
٢.طاقة الرياح	١٢١ جيجا واط
٣. الطاقة الشمسية	
الطاقة الفوتوفولطائية	٢٢ جيجا واط
الطاقة الشمسية الحرارية	١٤٥ جيجا واط (حرارية)
٤. طاقة الكتل الحيوية	
إنتاج الايثانول	٦٧ بليون لتر
إنتاج الوقود الحيوى	١٢ بليون لتر

الشمسية للاعوام 1996ولغاية 2008

الخلاصة:

لقد تطور تصنيع وإنتاج الطاقة المتجددة والمستدامة تطوراً كبيراً خلال السنوات العشر الماضية لما تمثله من مصادر أمينة وغير ملوثة للبيئة وغير ناضبة والجدول رقم (1) يمثل انتاج الطاقة المتجددة بأنواعها الأربعة حيث بلغ مجموع الطاقة المنتجة من مصادر المياه والرياح وجوف الأرض والشمس ما مجموعه 1436 جيجا واط وما يزيد عن ثمانين بليون لتر من الإيثانول والوقود الحراري الناتج من الكتل الحيوية.

لقد استخدمت أغلب الطاقة المتجددة لإنتاج الطاقة الطاقة الكهربائية عدا ما يستخدم من الكتل الحيوية لإنتاج الحرارة من حرق الأخشاب والنفايات وكذلك الطاقة الشمسية الحرارية لإنتاج الماء الحار.



كتاب الحداثة وما بعد الحداثة
من اصدرات جامعة فيلادلفيا

الجدول رقم (2) الدول العشر الأولى في العالم التي تنتج الطاقة الكهربائية من الطاقة المتجددة وقد حسبت بالتريليون واط ساعة.

	الإنتاج الكلي	طاقة المياه	طاقة الرياح	الكتل الحيوية	الطاقة الشمسية	جوف الأرض
الصين	٥٧٩.١	٥٦٣.٣	١٢.٨	٣	٠.١٤	---
البرازيل	٣٨٥.٣	٣٧١.٥	٠.٦	١٤.٣	---	---
الولايات المتحدة	٣٧٥.٦	٢٥٠.٨	٥٢.٠	٥٥.٤	٠.٦	١٦.٨
كندا	٣٦٩.٧	٣٦٨.٢	١.٤٧	---	٠.١	---
روسيا	١٧٩.١	١٧٤.٦	٠.١	٤	---	٠.٤
الهند	١٣٧.١	١٢٢.٤	١٤.٧	---	---	---
النرويج	١٢٠.٥	١١٩.٤	٠.٨	٠.٢	---	---
اليابان	٩٥	٨٦.٤	١.٧	---	٠.٠٢	٣.٠
فنزويلا	٨٤	٨٤				
المانيا	٧٤.١	٢٠	٣٠.٧	٢١	٣.٥	---

وفي النهاية لابد لنا أن نضع جدولاً يمثل الإنتاج العالمي من الطاقة المتجددة والمستدامة والدول الخمس التي تقع على رأس القائمة لكل نوع من أنواع الطاقة كما موضح في الجدول رقم (3).

جدول رقم 3-- الانتاج العالمي لأكثر خمس دول في العالم انتاجاً لكل أنواع الطاقة المتجددة والمستديمة يستثنى من ذلك إنتاج الطاقة الكهرومائية من السدود الكبيرة.

الدول الخمس الأولى / نوع الطاقة المتجددة	١	٢	٣	٤	٥
	الصين	الولايات المتحدة	المانيا	اسبانيا	الهند
المحطات الكهرومائية الصغيرة	الصين	اليابان	الولايات المتحدة	ايطاليا	البرازيل
طاقة طواحين الهواء	الولايات المتحدة	المانيا	اسبانيا	الصين	الهند
طاقة الكتل الحيوية	الولايات المتحدة	البرازيل	الفلبين	المانيا	
طاقة جوف الأرض	الولايات المتحدة	الفلبين	اندونسيا	المكسيك	أيطاليا
الطاقة	المانيا	اسبانيا	اليابان	الولايات المتحدة	كوريا الجنوبية
الطاقة الشمسية الحرارية	الصين	تركيا	المانيا	اليابان	اسرائيل
أنتاج الايثانول	الولايات المتحدة	البرازيل	الصين	فرنسا	كندا
أنتاج الوقود الحيوي	المانيا	الولايات المتحدة	فرنسا	الأرجنتين	البرازيل