جامعة حماه

كلية الهندسة الزراعية

السنة الرابعة

الطاقات المتجددة وتقاناتها

الدكتور باسل عيشه

2014 - 2015

الفصل الأول

مدخل إلى الطاقات المتجددة وأهميتها

(Introduction to Renewable Energy & its Importance)

مقدمة:

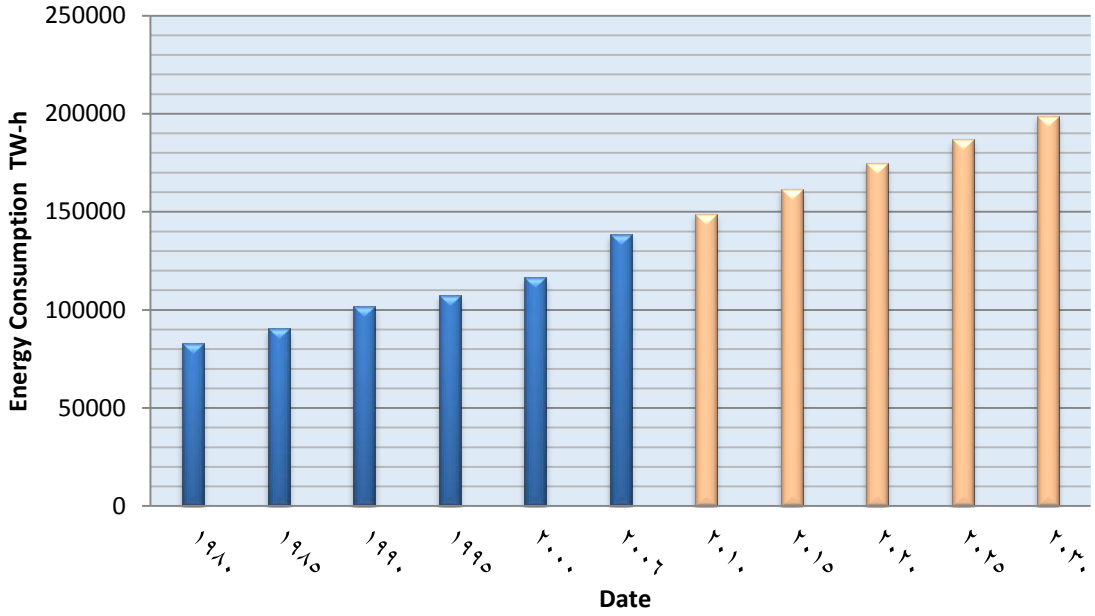
منذ بدايات الحياة البشرية، والإنسانية جمعاء تبحث عن مصادر للطاقة تؤمن استمرار الحياة على وجه البسيطة، فمن استخدام النار والطاقة الحرارية إلى النواعير والطاقة المائية ثم القفزة الكبرى باكتشاف الوقود الاحفوري بأنواعه واختراع التجهيزات الجبارة المحوّلة للطاقة من محركات الاحتراق الداخلي إلى العنفات ثم التوجّه نحو الطاقات النووية والاستفادة القصوى من الطاقات البديلة الأخرى.

يوجد بشكل عام خلط كبير بين مفهوم الطاقة البديلة والطاقة المتجددة، فالطاقة البديلة هي كل مصدر للطاقة غير المصادر التقليدية للطاقة (الأحفورية)، مثل الفحم الحجري والنفط والغاز، أما الطاقة المتجددة فهي كل مصدر للطاقة قابل للتجديد والعمر الزمن لفنائه طويل جدا بالمقياس العمري للإنسان.

ازدياد استهلاك الطاقة العالمي:

مع الازدياد المطرد لعدد سكان العالم وازدياد مستوى استهلاك الطاقة لتوفير الاحتياجات الأساسية وارتفاع مستوى الرفاهية وتوجّه الدول النامية نحو تقليد الدول المتقدمة في نمط الحياة وإقامة مختلف الصناعات فيها، فإنّ مقدار الحاجة للطاقة قد ازداد أيضاً.

المخطط (١-1) يوضح تزايد استهلاك الطاقة العالمي من 1980 وحتى 2006 والتزايد المتوقع حتى عام 2030 مقدراً بواحدة TW-h

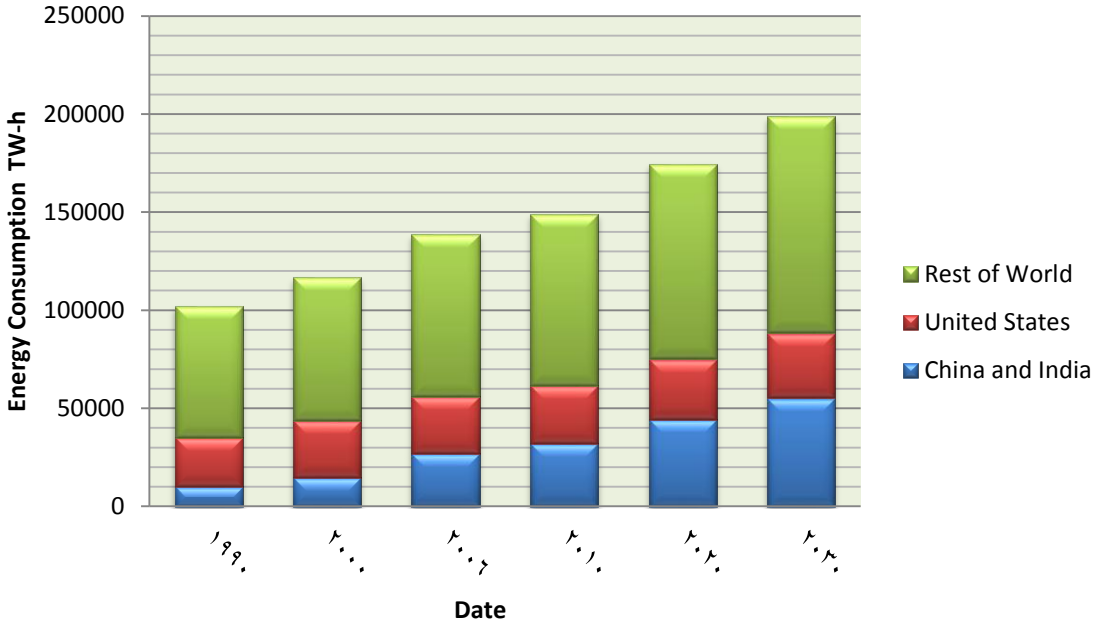


المخطط (١-١) يوضح استهلاك الطاقة في العالم

إنّ دول منظمة التعاون و التنمية الاقتصادية (OECD)[١] هي أكثر الدول استهلاكاً للطاقة حيث تملك بنية تحتية أساسية قوية ولكن الحال سيتغير في السنوات القادمة وسيزداد الطلب على الطاقة في الدول الأخرى ففي عام 2006 (51%) من الاستهلاك الكلي في دول المنظمة ، و سيتراجع إلى (41%) في عام 2030 حيث أنّ معدل نمو استهلاك الطاقة في دول المنظمة 0.6%

[١] (Organization for Economic Cooperation and Development) وتشمل معظم الدول الأوروبية وكندا والولايات المتحدة الأمريكية واليابان وكوريا الجنوبية وأستراليا.

بينما 2.3% سنوياً للدول الغير منضمة للمنظمة حيث تمثل الصين و الهند الدول الأساسية المسببة لهذه الزيادة وهي ذات معدل نمو كبير، و المخطط (١-٢) يوضح استهلاك الطاقة بحسب المناطق مقدراً بواحدة [TW-h] .



المخطط (١-٢) يوضح استهلاك الطاقة في العالم بحسب المناطق

قرب نفاذ الوقود التقليدي:

إنّ مصادر الوقود التقليدي من فحم ونفط وغاز طبيعي هي سبب النهضة ومن دونها لا يمكن استمرار أسلوب الحياة، ولكن لهذه المصادر محاذير وأهمها هو قرب نفاد الوقود الاحفوري المتوقع في عدد كبير من الآبار والمناجم. على الرغم من أنّ هنا العديد من النقاشات العلمية فمن الصعب التكهن بالوقت الذي سيتم فيه نفاذ إنتاج النفط على مستوى العالم بدقة، ولكن لا شك أن هذا سيحدث في المستقبل القريب .

وبإتباع المبادئ الاقتصادية الأساسية، وبالربط بينها وبين الطلب المتزايد خاصة مع ظهور الدول الاقتصادية، مثل: الصين والهند والبرازيل. سوف يؤدي كل هذا إلى زيادة أسعار النفط بشكل كبير ومستمر تزيد التوقعات المالية والصراعات العسكرية مثلما يحدث في الشرق الأوسط والكوارث الطبيعية كتلك المتعلقة بالتغيرات المناخية

من تقلب أسعار النفط بشكل كبير. على الرغم من أنّ المشكلات المتعلقة باقتراب نضوب النفط تبدو جلية وخطيرة، فما زالت تسيطر كالمشكلات على الغاز الطبيعي واليورانيوم والفحم وسوف تستلزم وجود تحديات مماثلة.

ليس فقط الوقود الحفري والذي أصبح أقل وفرة ولكن أيضًا أصبح الاحتياطي المتبقي مقصورًا على عدد قليل من المناطق التي علاوة على ذلك تواجه مشاكل سياسية وأمنية خطيرة .على سبيل المثال :يوجد 71% من احتياطي النفط العالمي و 69 % من احتياطي الغاز العالمي في منطق الشرق الأوسط وبحر قزوين ويشار إلى هذه الحالة باسم كسوف الموارد.

وكما أسلفنا بالنسبة للوقود النووي الانشطاري فإنّ كميات اليورانيوم ستنفد بعد زمن معين ولن تكون حل في المستقبل البعيد والأجيال القادمة.

أضرار الوقود التقليدي:

يمكن أن نذكر الأضرار التالية:

١. الحوادث البيئية:

تتعرض صناعة الطاقة في مراحلها المختلفة لإمكانية حدوث بعض الحوادث التي تسبب كوارث بيئية مثل الحرائق الضخمة التي شهدتها حقول البترول في الكويت إبان حرب الخليج الثانية وما نتج عنها من أخطار بيئية مدمرة أو حوادث انفجار خطوط الأنابيب الناقلة للنفط والغاز ومشتقاتها وما تسببه من خسائر في الأرواح والممتلكات ثم الحوادث الخاصة بالمفاعلات النووية كما حدث في مفاعل تشارل نوبل عام 1986 م وما نتج عن ذلك من تسرب إشعاعي مدمر تمتد أثاره لسنوات طويلة.

٢. تلوث مياه البحار:

وتشمل ذلك التلوث الناشئ عن المخلفات السائلة لمعمل تكرير النفط ومحطات الكهرباء وأثر ذلك على المياه السطحية والجوفية كما تشمل ذلك أيضا التلوث الناشئ عن عمليات البحث والتنقيب في البحار والتسربات التي تحدث من خزانات الوقود في عمليات النقل باستخدام أنابيب النفط والناقلات وكذا حوادث غرف ناقلات النفط آو اصطدامها أو تفجيرها كما لناقلة النفط العملاقة الفرنسية لمبرج في ميناء الضبة بحضرموت في عام 2002 م.

٣. تلوث الهواء:

وتشمل ذلك كافة أشكال الانبعاثات الناتجة عن احتراق الوقود مثل التلوث بالرصاص الناشئ عن استخدام البنزين المضاف إليه رابع خلات الرصاص والذي يعد من أكبر مصادر تلوث الهواء بالرصاص في المدن الكبرى في العالم وتشمل أيضا تلوث الهواء بالانبعاثات الهيدروكربونية وغازات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق الوقود في وسائل النقل والمصانع ومحطات توليد الكهرباء ومعامل تكرير النفط.

٤. الأمطار الحمضية:

أدت زيادة الانبعاثات من ثاني أكسيد الكبريت الناتج عن احتراق المنتجات النفطية إلى ما يعرف بالأمطار الحمضية في بعض المناطق حيث تسقط ومعها أكاسيد النتروجين مكونة أحماض الكبريتيك والنتريك فتؤدي إلى العديد من المخاطر البيئية حيث تؤثر سلبا على المناطق المزروعة والغابات كما تؤدي إلى تآكل المنشآت بأنواعها المختلفة مما يسبب خسائر اقتصادية كبيرة.

٥. تغير المناخ:

ارتبط الاستخدام المتزايد لأنواع الوقود الاحفوري بزيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف مما أدى إلى ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية وما يعرف بظاهرة تغير المناخ وتعد هذه الظاهرة من اخطر التحديات البيئية التي تواجه سكان الكرة الأرضية خلال القرن الجديد حيث تشير دراسات اللجنة الدولية لتغير المناخ (IPCC) إلى وجود شواهد قوية على مدى تأثير الأنشطة البشرية على درجة حرارة الكرة الأرضية مما يؤدي إلى ارتفاعها بمعدل (2 – 5) درجات خلال القرن الحالي ويتوقع العلماء أن تؤدي هذا الارتفاع في درجة الحرارة إلى العديد من التغيرات في مناخ كوكب الأرض مما تؤثر سلبا على توزيعات الأمطار وكمياتها واثر ذلك على موارد المياه والغذاء في العالم ولمواجهة تلك الظاهرة لقد تم التوقيع على الاتفاقية الإطارية لتغير المناخ أثناء قمة الأرض عام 1992م في ريودي جانيرو كما تم في عام 1997م إقرار برتوكول يلزم الدول الصناعية الكبرى بتخفيض انبعاثاتها من غاز ثاني أكسيد الكربون وباقي غازات الاحتباس الحراري بنسبة محددة لفترة زمنية متفق عليها في ما عرف في بروتوكول كيوتو ويواجه تطبيق هذا البروتوكول العديد من العقبات نتيجة لعدم الاتفاق حتى الآن على العديد من الآليات التنفيذية المتعلقة بكيفية تنفيذ الدول الصناعية بالتزاماتها في إطار هذا البروتوكول.

الطاقات المتجددة هي الحل الأنسب:

تعتبر الطاقات المتجددة هي الحل الأمثل لتوفير الحاجة إلى الطاقة مستقبلاً والتقليل قدر الإمكان من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية وقد توجه العالم منذ أزمة الطاقة في الغرب[٢]إلى هذه المصادر وسعى إلى تنميتها والاستفادة المثلى منها وأهم هذه الطاقات هي الرياح والشمسية والجيوحرارية وغيرها من الطاقات وسنستعرض فيما يلي أهم أنواع الطاقات المتجددة وشرحها باختصار كبير.

الطاقة الشمسية:

تعتبر الشمس مصدر الطاقة اللازمة للحياة على الأرض وهي مصدر جميع الطاقات الموجودة على سطح الأرض، وهي نجم صغير في مجرتنا وتنتج طاقة الشمس نتيجة التفاعل الاندماجي عند اتحاد ذرات الهيدروجين لتكوين الهليوم. وينتقل الإشعاع الشمسي في الفراغ إلى الغلاف الجوي للأرض ومن خلاله إلى سطح الأرض، ويؤثر سمك الغلاف الجوي ومكوناته على الطاقة الإشعاعية المؤثرة على منطقة ما على سطح الأرض وتكون أقل من مثيلتها لو حل الفراغ محل الغلاف الجوي وذلك لأن الغلاف الجوي يبعثر ويعكس إلى الفراغ الخارجي جزءاً من الإشعاع الشمسي الساقط. ويمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية غبر آليتين وهما:

١. تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارية ومن ثم كهربائية (اللواقط الشمسية): تعتمد على التسخين المباشر لمائع ما والاستفادة منها كطاقة حرارية أو تحويلها عبر عنفة إلى كهربائية، ولهذه اللواقط عدة أشكال وتتنوع أشكالها من المسطحة إلى الأنبوبية المفرغة إلى المجمعات الشمسية وغيرها.
٢. تحويل الطاقة الشمسية إلى كهربائية بشكل مباشر (الخلايا الكهروضوئية) حيث تعتمد على المواد نصف الناقلة والتوليد المباشر للكهرباء.

طاقة الرياح:

وهي الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الطاقة الحركية للرياح وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية على شكل حركة دورانية على محور الشفرات. يمكن الاستفادة من هذه الطاقة الميكانيكية في تدوير الطواحين الهوائية أو ضخ المياه من الآبار أو تشغيل المنوبات للحصول على الطاقة الكهربائية.

الطاقة الجيوحرارية:

تتواجد تحت القشرة الأرضية في مناطق معينة من العالم، حيث يمكن أن تستغل في التسخين المباشر، أو يمكن أن تستخدم في توليد الطاقة الكهربائية، فالينابيع الحارة التي تنقل بعض الحرارة الأرضية إلى سطح الأرض استخدمت منذ العصور القديمة للاستجمام ولأغراض التسخين. أو يمكن استخدام محطات ضخ للمياه إلى جوف الأرض حيث تكتسب حرارة ثم نسحبها إلى الأعلى لنستفيد منها.

طاقة الكتل الحيوية:

حيث يتم الاستفادة من الفضلات الزراعية لقصب السكر والأرز وغيرها وذلك بحرقها مباشرة، أو بتحويلها إلى غازات أو سوائل قابلة للاحتراق، كالإيثانول وبالتالي يتم توليد الكهرباء كبديل عن النفط، وتعد البرازيل من أكثر الدول استخداماً لهذه الطاقة.

طاقة المحيطات:

يتم الحصول على هذه الطاقة بالاستفادة من الطاقة المتواجدة في المد والجزر، الأمواج، التيارات المائية بالإضافة إلى الفروق الحرارية، وهذه الأخيرة تعتمد على فرق درجتي الحرارة بين سطح المحيط الدافئ والأعماق الباردة في توليد التيار الكهربائي، حيث يعتقد أنّه بالإمكان توليد طاقة كبيرة جداً من الكهرباء نتيجة المخزون الحراري الكبير، إلا أنّ هذه التقنية ما تزال تحت الاختبار والتجربة.

خلايا الوقود:

خلية الوقود عبارة عن جهاز كهروكيميائي يقوم بتحويل الطاقة الكيميائية للوقود(الهيدروجين) أو الجسم المؤكسد بشكل مباشر إلى طاقة كهربائية. هذا التحويل المباشر من خطوة واحدة يمكننا من تجنب الخطوات الإضافية في عملية التحويل والتي تسبب ضياعات في الطاقة كعملية الاحتراق في المحركات الحرارية وهذا يؤدي إلى عدم انبعاث الملوثات الكيميائية.

تتميز خلايا الوقود إضافة إلى النظافة والهدوء المرتفع بأنها متوافقة مع مصدر الطاقة المتجددة وملتزمة بالتنمية المستدامة والأمن الطاقي.

الفص الثاني

الطاقة الشمسية

مقدمة:

تعتبر الطاقة الواردة إلينا من الشمس من أهم أنواع الطاقات التي يمكن للإنسان استغلالها، فهي طاقة دائمة لا ينتج عن استخدامها غازات أو نواتج ثانوية ضارة بالبيئة مقارنة بمصادر أخرى، ولا تترك مخلفات على درجة من الخطورة مثل النفايات المشعة التي تتخلف عن استعمال الطاقة النووية. كما أنها المصدر الرئيسي للأنواع أخرى من الطاقات المتجددة مثل طاقة الرياح وطاقة المحيطات وطاقة الكتلة الحيوية

وفكرة استخدام الطاقة الشمسية في التسخين أو في تحريك الآلات ليست جديدة على الإطلاق. ويحدثنا التاريخ بأن أرخميدس الذي عاش في القرن الثالث قبل الميلاد قد استخدم أشعة الشمس في إحراق بعض سفن العدو في إحدى المعارك الحربية، ومن المعتقد أنه استخدم بعض المرايا لتركيز أشعة الشمس على صواري هذه السفن.

لقد أصبحت للطاقة الشمسية مكانتها اللائقة بين المصادر الأخرى الطاقة في الوقت الحاضر، واعتمدت ميزانيات كبيرة في أغلب الدول لاستغلال هذه الطاقة، كما تعددت الطرق المقترحة للاستفادة منها مثل استخدام المرايا العاكسة لتجميع ضوء الشمس أو ابتكار طرق لتجميع حرارة الشمس وامتصاصها أو تحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية وغيرها من الاستخدامات

طبيعة الإشعاع الشمسي:

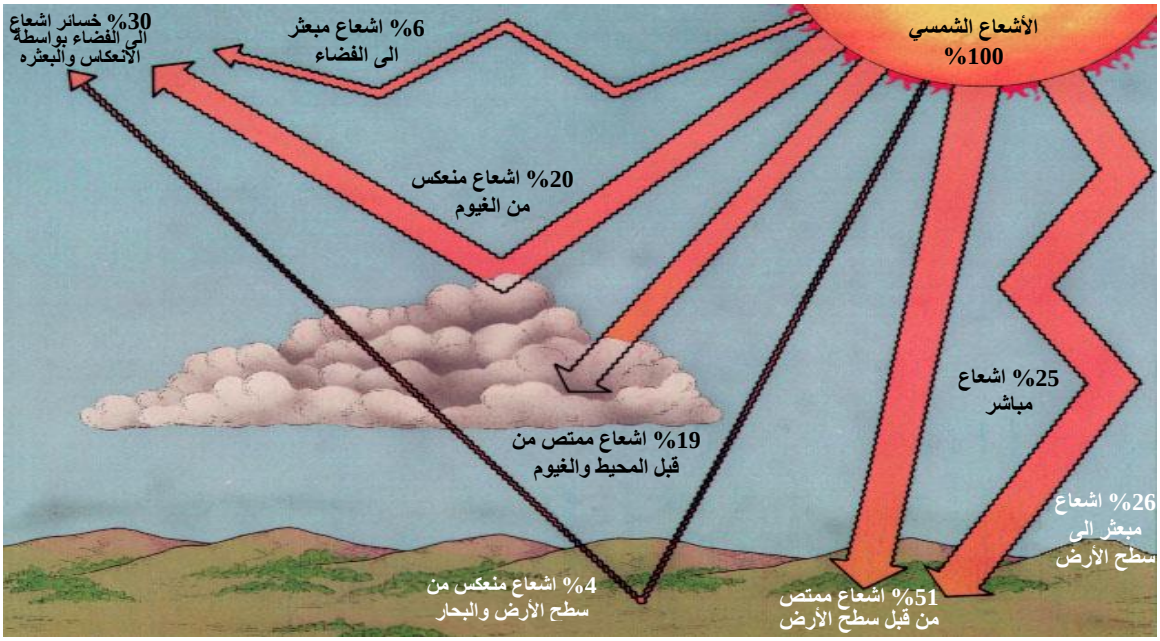
الشمس هي مصدر الحياة على كوكب الأرض، وهي عبارة عن كرة غازية يبلغ قطرها 696 مليون متر، وكتلتها حوالي $2x10^{29}$ طن، ودرجة حرارة سطحها حوالي 6000 درجة كلفن. ومكوناتها الأساسية هي غاز الهيدروجين (حوالي75 %) وغاز الهليوم (حوالي 25%)، بالإضافة إلى كميات ضئيلة من بعض العناصر الأخرى كالحديد والسليكون والنيون والكربون. وتتولد الطاقة الشمسية نتيجة التحول المستمر لكل أربع ذرات من الهيدروجين إلى ذرة واحدة من الهليوم في تفاعل اندماجي نووي. ولما كانت كتلة ذرة الهليوم الناتجة من التفاعل أقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة فيه فإن فرق الكتلة هذا يتحول إلى ضوء وحرارة تنتقل على هيئة أشعة يبلغ معدل انبعاثها $3,8\times10^{23}$ كيلو واط. وتشع هذه الكمية في جميع الاتجاهات، ولا يصل منها إلاّ مقدار ضئيل يتناسب مع مساحة الأرض ومع المسافة بين الأرض والشمس. وترسل الشمس أشعتها على شكل تيار من الجسيمات تدعى "الفوتونات". وتنطلق الأشعة الشمسية على شكل حزم موجيّة متوازية مختلفة الأطوال. ومن هذه الأشعة المرئي وغير المرئي. فالإشعاع المرئي له أطوال موجية بين 0.35 و0,75 ميكرومتر، والأشعة تحت الحمراء (غير مرئية) من 0.75 إلى 100 ميكروميتر، والأشعة الراديوية (غير مرئية) أكثر من 100 ميكروميتر. أما الأشعة التي يقلّ طولها الموجي عن طول أمواج الضوء المرئي (ذات طاقة أكبر) فتسمى بالأشعة فوق البنفسجية، والأشعة السينية، وأشعة غاما، والأشعة الكونية. وعلى الرغم من أن الإشعاع الشمسي الساقط على الغلاف الجوي يتكون من مدى عريض من الحزم الموجية إلاّ أن ما يقارب 98 % منه يتكون من ثلاثة أنواع من الأشعة هي: الأشعة فوق البنفسجية (8%)، والأشعة المرئية (47%) والأشعة تحت الحمراء (43%). لذا

فإن أعلى شدة للإشعاع الشمسي تقع في مدى الضوء المرئي. وتبلغ قيمة معدل الإشعاع الشمسي الساقط على المحيط الخارجي للأرض 1367 واط لكل متر مربع وهو ما يُعرف "بالثابت الشمسي". تتغير شدة الإشعاعات الشمسية الفعلية بتأثير تغير بعد الأرض عن الشمس وفق العلاقة التالية:

$$I_o = I_{sc}\left[1 + 0{,}03\cos\frac{360(n-2)}{365{,}25}\right] = I_{sc}[1 + 0{,}03\cos 0{,}9856(n-2)] \quad \frac{W}{m^2}$$

حيث: I_{sc} الثابت الشمسي ($I_{sc} = 1367\ W/m^2$)

يتعرض الإشعاع الشمسي أثناء مساره خلال الغلاف الجوي إلى سطح الأرض إلى حالات من الانتشار والامتصاص من قِبل مكونات الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية أذ تعمل هذه المكونات، ومنها الغازات المختلفة وذرات الغبار والماء العالقة بالهواء، على امتصاص وانكسار جزء من الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض. ويبين الشكل النسب المئوية لتوزيع الإشعاع الشمسي.



النسبة المئوية لتوزيع الإشعاع الشمسي

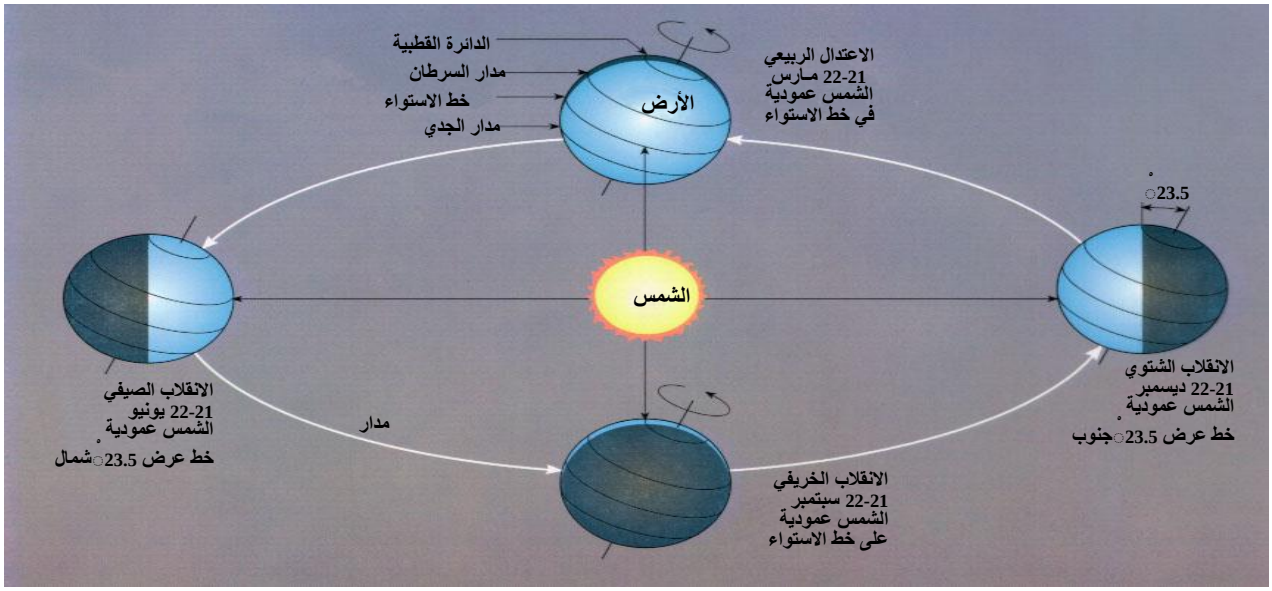
إن الوطن العربي يستلم أعلى قيم من الإشعاع الشمسي في العالم، أذ تسطع الشمس خلال العام قرابة 3300 ساعة في جميع أنحائه وبهذا تكون الدول العربية أكثر دول العالم تأهيلاً لاستغلال هذا المصدر الدائم النظيف الخصب.

إن الأرض تكمل دورة كاملة حول الشمس في 365 يوماً (سنة واحدة)، وينتج عن ذلك الفصول الأربعة (الشتاء، والربيع، والصيف، والخريف). وخلال دورانها حول الشمس فإنها تدور حول محورها الذي يميل على محور مدارها حول الشمس بزاوية مقدارها 23,45 درجة لتكمل الدورة في 24 ساعة تقريباً، وينتج عنها تعاقب الليل والنهار. خلال دوران الأرض حول الشمس تتغير قيمة الزاوية الكائنة بين الاشعاع الشمسي ومحور الأرض ضمن المجال من 23,45- إلى 23,45، تسمى هذه الزاوية بزاوية الانحراف الشمسي وتعطى بالعلاقة التجريبية التالية:

$$\delta = 23{,}45\sin B_s$$

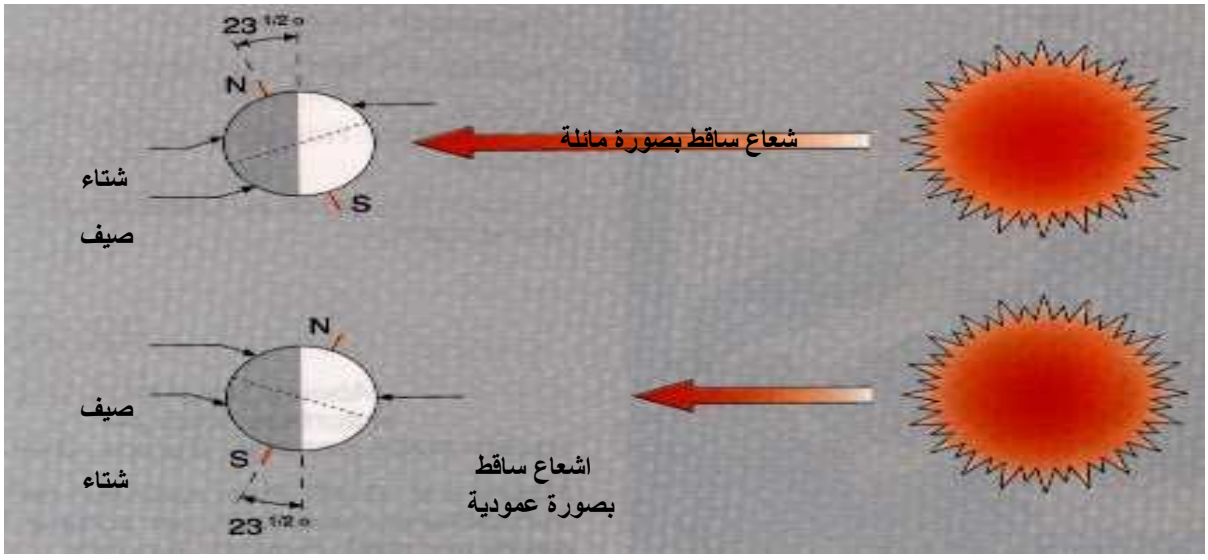
حيث:

$$B_s = \frac{360}{365{,}25}(n-81) = 0{,}9856(n-81)$$

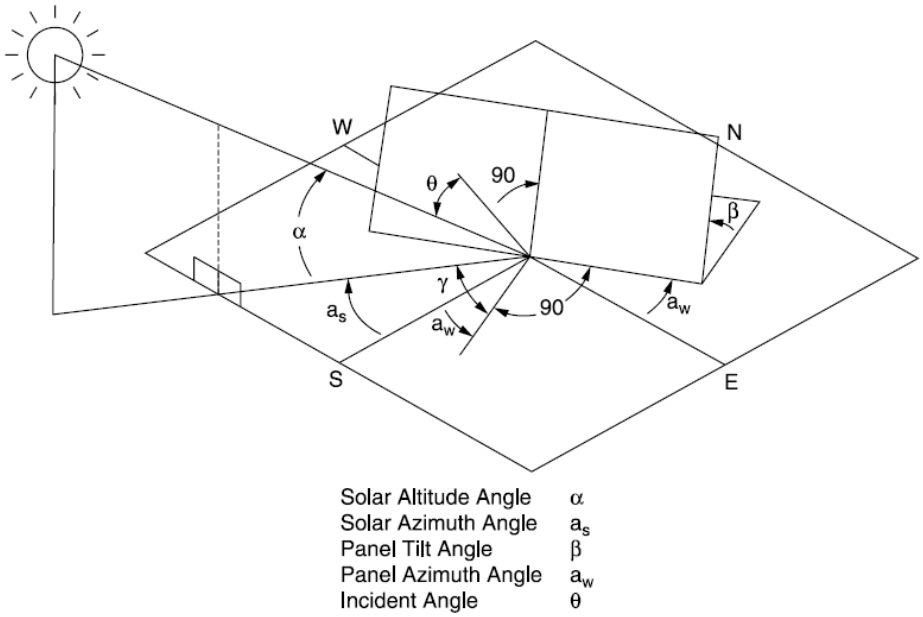


العلاقة بين الشمس والأرض

قد يتبادر إلى الذهن السؤال التالي: إذا كان الإشعاع الشمسي المنبعث ثابتاً فلماذا نستقبل إشعاعاً أكثر في الصيف؟ والجواب عن ذلك هو أنه في شهر يونيو (حزيران) يكون القطب الشمالي للأرض مواجهاً للشمس، وبهذا تنطلق الأشعة الشمسية إلى الجزء الشمالي من الكرة الأرضية بصورة عمودية. أما في شهر ديسمبر (كانون الأوّل) فإن القطب الشمالي ينحرف بعيداً عن الشمس، وتسقط الأشعة الشمسية بصورة منحرفة وغير مباشرة باعثة أقل كثافة من الطاقة (تعرف كثافة الطاقة بأنها مقدار الكيلوواط – ساعة من الطاقة الساقطة على المتر المربع من سطح الأرض في زمن معين)، ويمكن ملاحظة ذلك في الشكل. وهنالك عامل آخر يجب ملاحظته وهو أنه كلّما قل ارتفاع الشمس في السماء – بالنسبة إلى الراصد على الأرض – فإن الإشعاع يمر بطريق أطول خلال محيط الأرض، وبذلك يزداد احتمال تبعثر الإشعاع ورجوعه إلى الفضاء مرةً أخرى. وعندما تكون الشمس بزاوية مقدارها 60 درجة من الوضع العمودي (سمت الرأس) فإن كثافة الطاقة التي تصل إلى الأرض تقل إلى الربع عن قيمتها عندما تكون عمودية



ميلان محور الأرض وحلول فصلي الصيف والشتاء



Solar Altitude Angle	α
Solar Azimuth Angle	a_s
Panel Tilt Angle	β
Panel Azimuth Angle	a_w
Incident Angle	θ

الشكل يمثل العلاقة بين مختلف الزوايا في حالة كان السطح المستقبل يميل عن المستوي الأفقي بزاوية β وموجه باتجاه الجنوب الشرقي بزاوية a_w حيث:

α زاوية ارتفاع الشمس

a_s زاوية السمت الشمسي

θ زاوية الورود وهي الزاوية الكائنة بين حامل الإشعاع الشمسي المباشر والعمود على السطح المستقبل.

بالنسبة لمراقب موجود على سطح الأرض في مكان محدد بخط العرض الجغرافي لـه Φ وخط الطول الجغرافي ℓ يحدد موقع الشمس في كبد السماء بعدة زوايا أولها زاوية ارتفاع الشمس المحسوبة وفق العلاقة التالية:

$$\text{Sin } \alpha = \cos \Phi \cos \delta \cos \omega + \sin \Phi \sin \delta$$

حيث: ω زاوية الزمن وتحسب بالعلاقة التالية:

$$\omega = 15\ t_s - 180$$

حيث: ts التوقيت الشمسي ويحسب من العلاقة التالية:

$$t_s = t + e \pm 4\ (\ell - \ell_n)$$

حيث: ℓ_n خط الطول المقابل للتوقيت المعتمد في المنطقة المحددة

e قيمة بالدقائق تعطى بالعلاقة التالية:

$$e = 9.87 \sin 2B_s - 7.53 \cos B_s - 1.5 \sin B_s$$

في الدول ذات التوقيتين الشتوي والصيفي يتم حذف ساعة واحدة من التوقيت المحسوب بالعلاقة السابقة خلال فترة التوقيت الصيفي.

زاوية السمت الشمسي a_s هي الزاوية التي تمثل ميل الشمس عن الجنوب وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\cos a_s = \frac{\sin \alpha . \sin \emptyset - \sin \delta}{\cos \alpha . \cos \emptyset}$$

وهي ذات قيمة سالبة من وقت الشروق حتى الظهيرة وموجبة من الظهيرة حتى وقت الغروب.

زاوية ورود الأشعة الشمسية على السطح الأفقي تعطى بالعلاقة التالية:

$$\cos \theta = \cos \Phi \cos \delta \cos \omega + \sin \Phi \sin \delta \ \rightarrow \theta = 90 - \alpha$$

يمكن تحديد قيمة زاوية الزمن بالنسبة للشروق والغروب مباشرة من علاقة زاوية ارتفاع الشمس، حيث تكون زاوية ارتفاع الشمس عند الشروق والغروب تساوي الصفر وبالتالي فإن زاوية زمن الشروق والغرب بالنسبة لسطح أفقي تعطى بالعلاقة التالية:

$$\text{Cos } \omega_s = - \text{tg } \Phi \text{ tg } \delta$$

أما إذا كان السطح يميل عن المستوي الأفقي بزاوية β ومتجها نحو الجنوب تماما فتصبح العلاقة من الشكل:

$$\text{Cos } \omega_s = - \text{tg } (\Phi - \beta) \text{ tg } \delta$$

لأن زاوية ارتفاع الشمس بالنسبة لهذا السطح المائل ستختلف عن زاوية ارتفاع الشمس بالنسبة لسطح الأرض، وتعطى بالعلاقة:

$$\sin \alpha_{\beta} = \cos(\Phi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\Phi - \beta) \sin \delta$$

أما زاوية الورود في هذه الحالة فتعطى بالعلاقة التالية:

$$\text{Cos } \theta = \cos (\Phi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin (\Phi - \beta) \sin \delta$$

وفي حال كان السطح المستقبل يميل عن المستوي الأفقي بزاوية β وبزاوية a_w اتجاه الجنوب

$$\text{Cos } \Theta = \sin \delta.\sin \Phi.\cos \beta - \sin \delta.\ \text{Cos } \Phi.\sin \beta.\cos a_w + \cos \delta.\cos \Phi.\cos \beta.\cos \omega + \cos \delta \sin \Phi.\sin \beta.\cos a_w .\cos \omega + \cos \delta.\sin \beta.\sin a_w .\sin \omega$$

أو من العلاقة التالية:

$$\cos \theta = \cos \beta \,.\, \cos \alpha + \sin \beta \,.\, \cos \alpha \,.\, \cos(a_s - a_w)$$

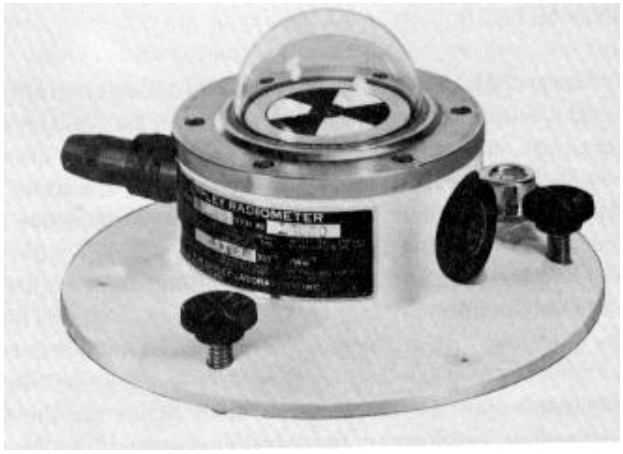
الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر (المبعثر): (Direct & Diffuse Solar Radiation)

عندما تصل الأشعة الشمسية إلى الغلاف الجوي للأرض فإن قسماً من الإشعاع ينتشر، وكمية الإشعاع الشمسي المنتشر (diffuse radiation) تعتمد على كمية الغيوم الموجودة في الجو، ويصل قسم منه إلى الأرض في كل الاتجاهات، وبدونه تبدو السماء سوداء اللون. وعند شروق الشمس فإن قسماً من الإشعاع الضوئي يصل إلى الأرض من السماء على شكل خطوط مستقيمة ويسمى بالإشعاع المباشر (direct radiation)، وهو الذي يرمي ظلاً على الأجسام. ومجموع الإشعاعيين المباشر والمنتشر يسمّى الإشعاع الشمسي الكلي (Total Solar Radiation). ففي الأيام الصافية يمكن أن تصل كثافة طاقة الإشعاع الشمسي إلى كيلوواط واحد على المتر المربع ($1\text{kw} \cdot \text{m}^{-2}$). وتستقبل معظم الدول العربية كثافة إشعاع تقارب هذه القيمة لكونها تتمتع بجو صافٍ خالٍ من الغيوم معظم أيام السنة. كلا النوعين من الإشعاع (المباشر والمنتشر) يمكن الاستفادة منه في التطبيقات الحرارية، ولكن الإشعاع المباشر هو الوحيد الذي يمكن الاستفادة منه في المنظومات التي تعمل بدرجات حرارية عالية والمستخدمة حالياً في توليد الطاقة الكهربائية.

شدة الإشعاعات الشمسية الكلية التي تصل إلى متر مربع واحد من سطح الأرض تعطى بالعلاقة التالية:

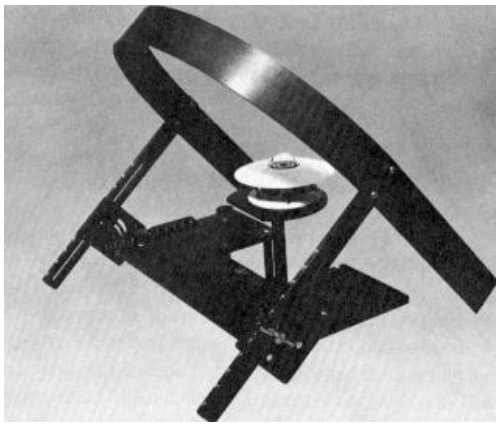
قياس الإشعاع الشمسي:

يقاس الإشعاع الشمسي الكلي بجهاز يدعى البايرونوميتر (Pyranometer) وهو عبارة عن جهاز يقيس الإشعاع من القبة السماوية (180 درجة) حيث يوضع على سطح مستوٍ ومرتفع عن سطح الأرض. ويقاس الإشعاع المباشر (العمودي) بجهاز يدعى البايروهليومتر(Pyrhliometer)، وهو جهاز شبيه بالمنظار الفلكي (التلسكوب)، يوضع على جهاز يتبع الشمس في حركتها خلال اليوم. أما الإشعاع المنتشر فيقاس بنفس جهاز قياس الإشعاع الكلي بعد حجز الإشعاع المباشر عن عنصر القياس وذلك بواسطة تركيب شريط مقسم على شكل قوس لتوليد الظل على جهاز البايرونوميتر. وتوضح الأشكال هذه الأجهزة.



جهاز قياس شدة الإشعاع الكلي

جهاز قياس شدة الإشعاع المباشر



جهاز قياس شدة الإشعاع المنتشر (المبعثر)

تسائل:

إذا كان الإشعاع الشمسي المنبعث من سطح الشمس ثابتاً فلماذا يوجد فرق مقداره نسبـــة 2 :1 بين الإشعاع الكلي الواصل إلى المنطقة العربية والإشعاع الكلي الواصل إلى شمال أوربا؟

هناك ثلاثة أسباب لذلك:

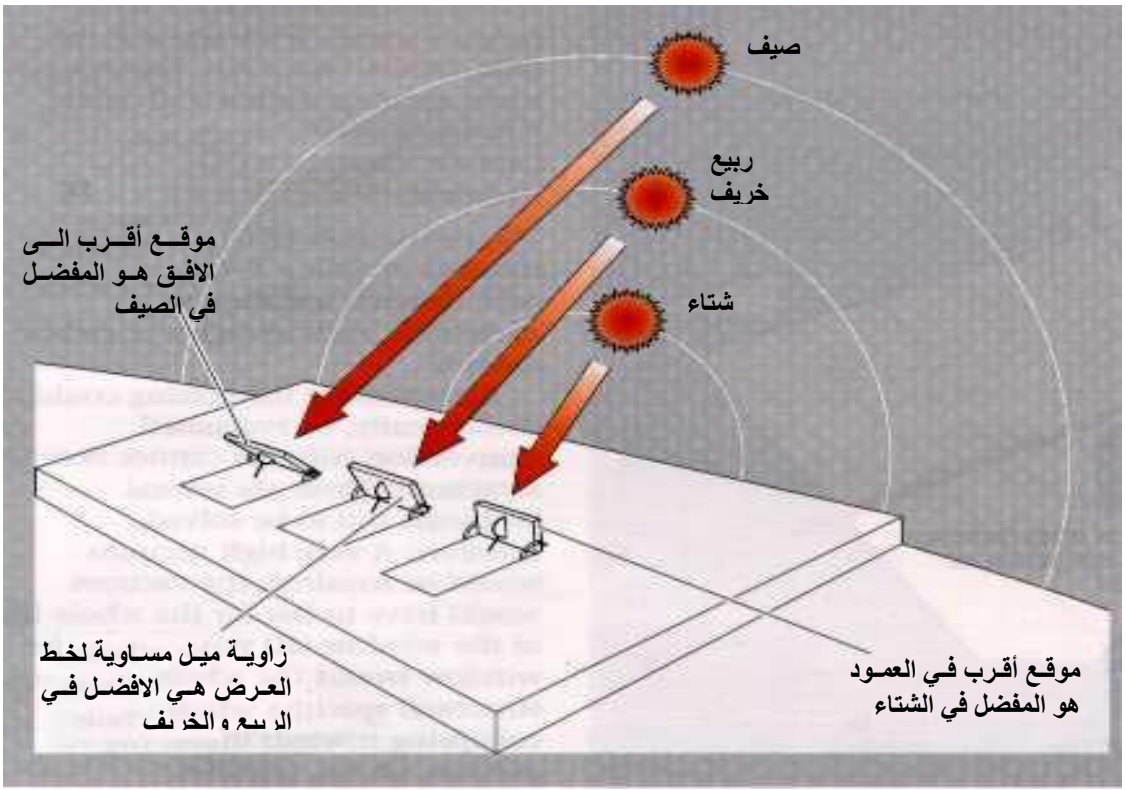
1 - منطقة شمال أوربا تستلم إشعاعاً شمسيّاً بزاوية منحرفة ، وموقع الشمس يكون أخفض في السماء (الشمس تكون أكثر بعداً عن المنطقة) مقارنة بموقعها في المنطقة العربية (الشمس تكون أقرب إلى للمنطقة العربية مقارنة بالأوروبية) وبذلك يتوزع الإشعاع الشمسي على رقعة كبيرة.

2 - عندما تكون الشمس على ارتفاع منخفض فإن ذلك يعني أن الشعاع يقطع مسافة طويلة وبذلك يزداد تبعثره.

3 - السماء في شمال أوربا تكون ملبدة بالغيوم معظم الأوقات ، وبذلك يتم انعكاس كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي إلى الفضاء ولا يصل إلى أراضي هذه المنطقة إلاَّ القليل.

زاوية الميل والاتجاه:

لجمع أكبر كمية من الإشعاع الشمسي يجب أن يتم توجيه السطح الشمسي باتجاه الشمس. وتعتمد الدرجة التي يميل فيها السطح الشمسي عن الأفق على خط العرض للمنطقة والوقت خلال أيام السنة. فإذا تم توجيه السطح الشمسي بزاوية مساوية لخط العرض فإن الإشعاع الشمسي يكون عمودياً وسط النهار (عند الظهيرة) خلال شهري مارس وسبتمبر (عند الاعتدال الربيعي والاعتدال الخريفي على التوالي). ولجمع أكبر إشعاع ممكن خلال فصل الصيف يجب أن يتم توجيه السطح الشمسي باتجاه المستوى الأفقي بينما يتم توجيهه باتجاه المستوى العمودي خلال فصل الشتاء كما هو موضح بالشكل. عادة يتم نصب السطوح بزاوية مقدارها خط عرض الموقع مطروحاً منها عشرة (خط العرض– 10^0) وذلك خلال فصل الصيف. أما خلال فصل الشتاء فإن السطوح تنصب لتكون زاوية ميلانها مساويةً لخط العرض مضافاً إليها عشرة (خط العرض +10^0). أما اتجاه الأسطح الشمسية فيجب أن يكون باتجاه الجنوب دائماً.



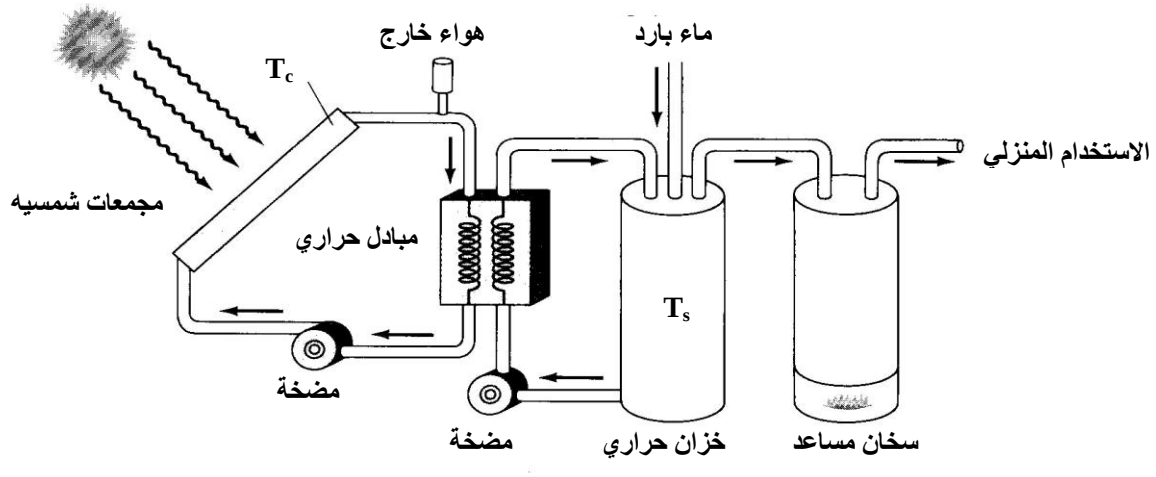
اختيار الميل الأفضل للفصول المختلفة

استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه:

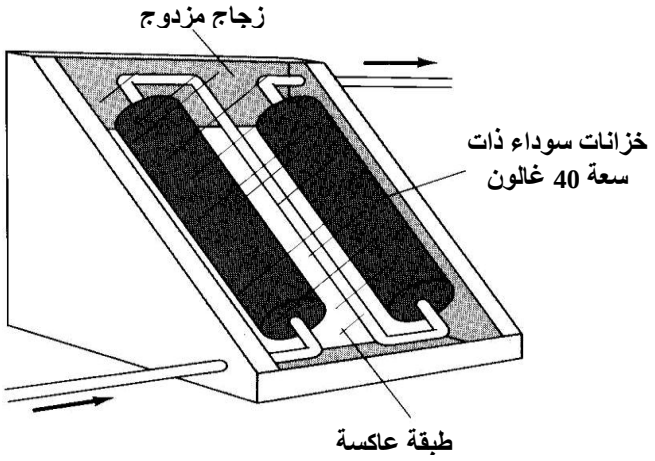
استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه معروف منذ مدة طويلة. وقد زاد الاهتمام بتطوير منظومات التسخين منذ بداية القرن الحالي نتيجة الحاجة إليها في مناطق بعيدة عن مصادر الطاقة التقليدية. ومع الزمن زاد الاهتمام بالسخان الشمسي الذي يعتبر من أفضل تطبيقات الطاقة الشمسية في الوقت الحاضر، وذلك لسهولة صنعه وقلة تكاليفه. وقد انتشر استخدامه بصورة واسعة في العقود الماضية في مختلف بلدان العالم ومنها بعض الدول العربية.

يمكن تقسيم منظومات تسخين المياه للأغراض المنزلية إلى ثلاثة أقسام:

- منظومة فعالة تتكون من مجمعات شمسية ومبادل حراري وخزان ماء حار بالإضافة إلى بعض المضخات اللازمة لتدوير الماء في المنظومة. ويوضح الشكل التالي نموذج هذه المنظومة

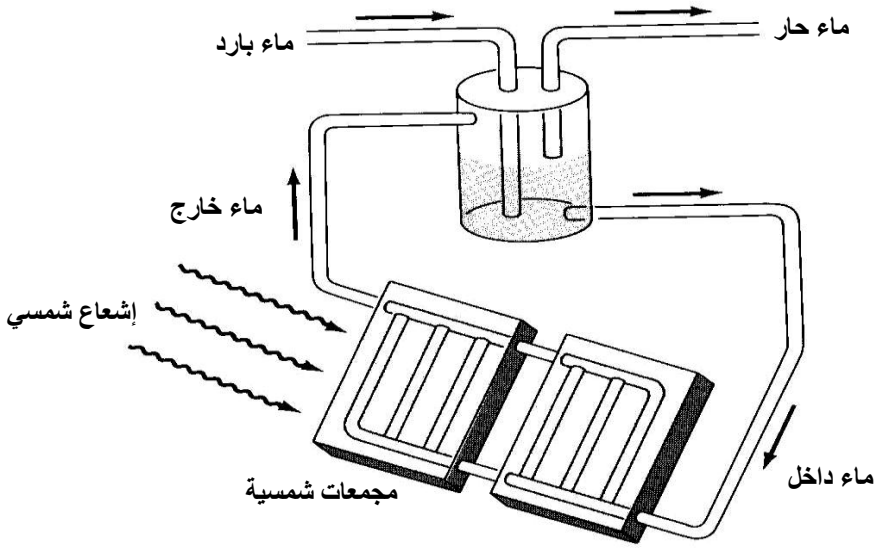


- منظومة تسخين على شكل صندوق حراري تتكون من خزان مصبوغ بلون أسود وموضوع داخل صندوق معزول من الجوانب ومن أسفل سطحه العلوي مغّطى بطبقة من الزجاج. وعند الحاجة إلى ماء ساخن يتم فتح الصمام فيمر الماء البارد في الخزان الذي يقوم بتسخينه نتيجة امتصاص الأشعة الشمسية الساقطة على المجمع الشمسي. والماء الخارج من هذه المنظومة يحتاج عادة إلى المرور بسخان كهربائي مساعد لتسخينه إلى الدرجة المطلوبة. الشكل يوضح منظومة من هذا النوع تحتوي على خزانين حراريين ويمكنها أن توفر الماء الساخن لعائلة ذات أربعة أشخاص



منظومة تسخين ماء على شكل صندوق حراري

- منظومة تعمل بالدوران الطبيعي، ويسري فيها الماء من المجمعات إلى الخزان نتيجة لاختلاف الكثافة. فعند امتصاص الإشعاع الشمسي من قِبل اللوح الماص في المجمع الشمسي ترتفع درجة حرارة الماء الموجود فيه وتقل كثافته فيرتفع إلى الخزان ويحل محله ماء بارد من أسفل الخزان، وهكذا يتم تسخين الماء ويمكن أن تصل درجة حرارة الماء في الخزان إلى أكثر من 60 درجة مئوية في يوم مشمس. ويبين الشكل نموذجاً لهذه المنظومة.



منظومة تسخين ماء تعمل بالدوران الطبيعي

المجمعات الشمسية

تتكون المجمعات الشمسية من لوح ماص على شكل صفيحة خفيفة سوداء اللون ذات قابلية امتصاص عالية وتقوم بامتصاص الأشعة الشمسية. فالمائع الذي يكون عادة ماء أو هواء يكون بحالة تماس مع الصفيحة، ويتم تدويره إما بطريقة الدوران الطبيعي أو بواسطة مضخة أو دافعة هواء لاستخراج الحرارة. يتم تغطية اللوح الماص بطبقة أو طبقتين من الزجاج لتقليل الخسائر الحرارية بواسطة الحمل والإشعاع. ويقوم الزجاج بعملين في المجمع هما منع خروج الإشعاع المنعكس من اللوح الماص ومنع حدوث الخسائر الحرارية بواسطة الحمل. ويسمح الزجاج لحوالي 90% من الأشعة الشمسية ذات الموجات القصيرة بالدخول إلى اللوح الماص بينما يمنع خروج الإشعاع ذي الموجة الطويلة (الأشعة الحرارية المسئولة عن تسخين الماء) المنعكس من اللوح الماص. ويوضح الشكل بعض هذه التصاميم. بالنسبة للمجمعات الشمسية المائية يجب أن يتم لحم الأنابيب التي يمر فيها الماء باللوح الماص أو تكون جزءاً من اللوح الماص. ومن المهم جداً أن تكون الأنابيب ملتصقة تماماً باللوح الماص. إن نوع مادة اللوح الماص لها تأثير على التبادل الحراري مع الماء. والمعادن المستخدمة في هذا المجال هي النحاس والألمنيوم والحديد. ويوضح الشكل أيضاً بعض المجمعات الشمسية الهوائية. ولكون الهواء ذا قابلية تبادل حراري أقل من الماء فإنه يجب أن تكون مساحة تماسه مع اللوح الماص أكبر للحصول على كمية حرارة مناسبة.

تعرف كفاءة (مردود) المجمعات الشمسية بما يلي: $\text{الكفاءة} = \frac{\text{كمية الحرارة المفيدة}}{\text{كمية الإشعاع الشمسي الساقط}} \times 100\%$

والمتغيرات التي تؤثر على كفاءة المجمع الشمسي هي:

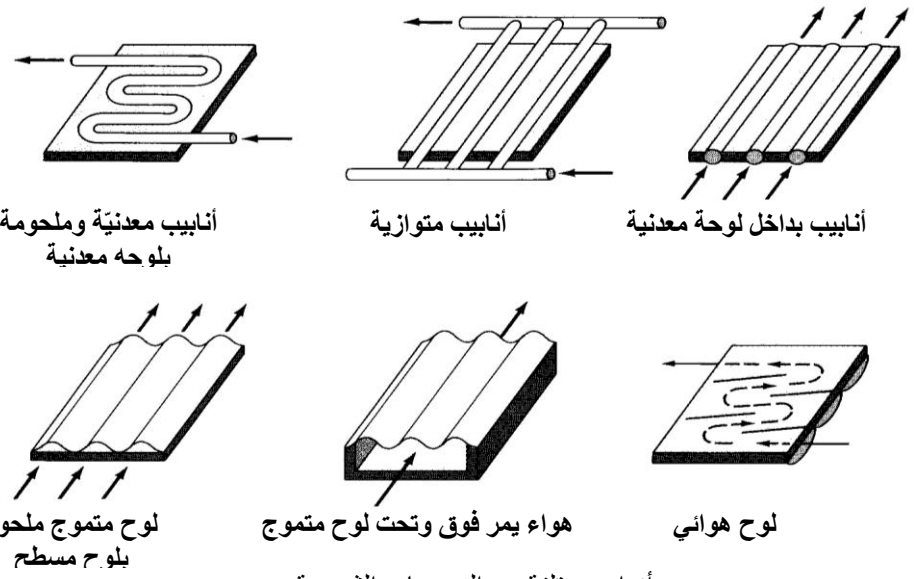
1 - درجة حرارة المائع الداخل.

2 - درجة الحرارة الخارجية للمحيط.

3 - كمية الإشعاع الشمسي.

4 - عدد ونوع الغطاء الزجاجي.

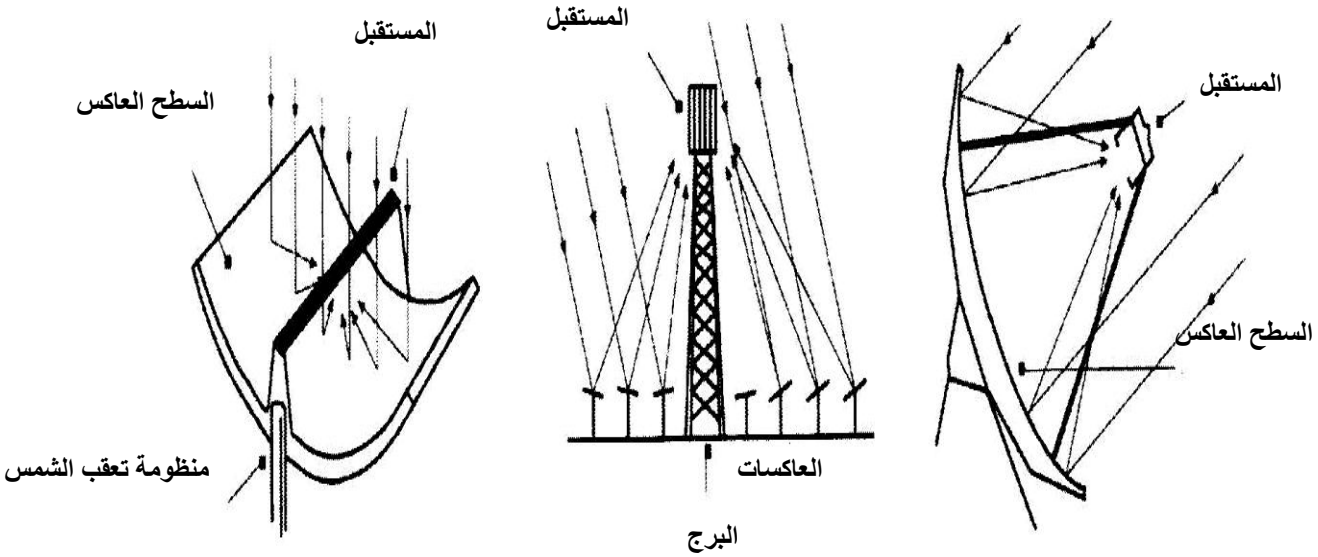
5 - مواصفات اللوح الماص.



أنواع مختلفة من المجمعات الشمسية

تجدر الإشارة إلى أن المجمعات الشمسية يجب أن توجه نحو الجنوب دائماً. وللحصول على أعلى حرارة مكتسبة يجب أن تكون الأشعة الشمسية عمودية على سطح المجمع الشمسي قدر الإمكان. ونظراً إلى أنّ الشمس على ارتفاع منخفض في السماء في فصل الشتاء فإن المجمعات الشمسية يجب أن تكون بدرجة ميل كبيرة للحصول على أعلى إشعاع شمسي ساقط عليها. وبصورة عامة يجب أن تكون زاوية ميل المجمعات الشمسية في فصل الشتاء تعادل مقدار زاوية خط العرض مضافاً إليها 10 درجات (خط العرض + 10^0). أما في فصل الصيف فيجب أن تكون زاوية الميل مساوية لمقدار زاوية خط العرض مطروحاً منها 10 درجات (خط العرض -10^0).

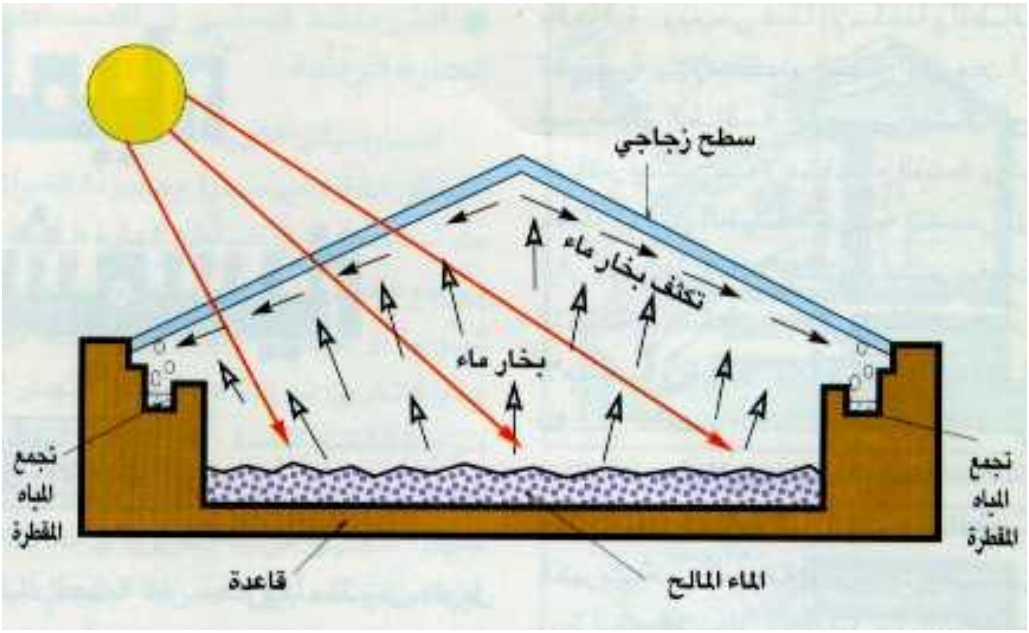
وللحصول على درجات حرارية عالية يجب استخدام المجمعات الشمسية المركزة إذ يتم تجميع الأشعة الشمسية في نقطة معينة بواسطة مرايا أو عدسات الشكل. وفي هذه الحالة يجب أن تكون المنظومة متعقبة لحركة الشمس (Tracking The Sun) ، ويتم عادة وضع اللوح الماص في هذه المنظومات داخل منطقة مفرغة من الهواء لتقليل الخسائر بواسطة التوصيل والحمل . والمركزات الشمسية مكلفة وتستخدم في أغراض التدفئة أو تستخدم في معظم الأحيان في توليد البخار لأغراض إنتاج الطاقة الكهربائية والشكل يبين بعض أنواع مختلفة من المركزات الشمسية



استخدام الطاقة الشمسية في تحلية وتعقيم المياه:

تعد تحلية المياه إحدى الوسائل الميسرة للنهوض بمستوى المجتمعات والمناطق التي تشكو من ملوحة المياه المفرطة. وتستخدم الطاقة الشمسية لتحلية المياه بطريقتين وفقا لطريقة استخدام الطاقة الشمسية إما بشكل مباشر أو غير مباشر. فطرق التحلية المباشرة تستغل الإشعاع الشمسي لتبخير جزء من المحلول الملحي ثم تكثيفه. ويتم ذلك باستخدام المقطرات البسيطة والتي تتألف عادة من قاعدة حديدية أو بلاستيكية غالبا ما تكون مطلية بصبغة سوداء داكنة لها القابلية على امتصاص أكبر
كمية من الإشعاع الشمسي الساقط عليها وغطاء زجاجي مائل باتجاه واحد أو اتجاهين على شكل مثلث كما هو موضح بالشكل. ويمكن باختصار شرح طريقة عمل المقطرات الشمسية كما يلي:

يمرّ الإشعاع الشمسي خلال السطح الزجاجي إلى الماء المالح الموجود في القاعدة مما يساعد على تبخر جزيئاته وتكثفها على السطح الداخلي للزجاج، وتتجمع قطرات الماء المتكاثفة في القنوات الجانبية للحوض لتصب في وعاء التجميع. ويبلغ متوسط كمية المياه المحلاة 4 لترات في اليوم لكل متر مربع من المقطر الشمسي. وقد أدخلت تحويرات عديدة على التصميم الأساسي لزيادة كفاءة إنتاجه ولكن إنتاجيته لا تزال تتراوح بين 4-6 لتر يوميا لكل متر مربع. وقد قامت جامعة البحرين باستخدام مثل هذا النظام، وتعكف الآن على تطوير أنظمة أخرى.



مخطط مبسط للمقطرات الشمسية الحرارية

الاستفادة من الطاقة الشمسية الحرارية في تعقيم المياه:

إن الأنظمة المستخدمة لذلك تحقق ميزة تعقيم المياه بيولوجيا ضد الميكروبات كما أن الأبحاث التي تجرى حاليا هي تعديل لهذه الأنظمة لتحقيق فائدة مزدوجة بتنقية المياه ضد التلوث الميكروبي والكيميائي أيضا.

ويتحقق ذلك من خلال وسيلتين: الأولى هي تصنيع أكسيد التيتانيوم أو أكسيد الزنك على هيئة بودرة يتم وضعها بالماء أما الثاني يتم تصنيع المركب على هيئة غشاء رقيق بجدار ماسورة زجاجية يمر عليها الماء وبفعل الضوء المتساقط عليها يقوم المركب بالتفاعل مع الملوثات الكيميائية فينتج مركب ثالث غير سام يسهل استخلاصه بفلتر لينتج ماء نقيا.

ولهذه الأنظمة عدة مزايا وتعتبر وسيلة جيدة لتنقية المياه فهي من ناحية تتميز بأن تكلفة تصميمها منخفضة جدا إذا ما وضعت في مقارنة مع المواد الأخرى المستخدمة في التنقية كما أنها لا تخلف أي آثار جانبية كالمواد الأخرى هذا فضلا عن أنها أنظمة تصلح لتنقية مياه الشرب والصرف الصحي لتكون ملائمة للزراعة، بينما لا تصلح المواد التقليدية المستخدمة إلا مع مياه الشرب.

وعلى هذا فقد وجد بأنها قد تكون ملائمة جدا للقرى السياحية ومناطق استصلاح الأراضي بالصحراء، حيث يمكن استخدام مياه الصرف المعقمة من خلال الأنظمة الشمسية في الزراعة لتوفير الموارد المائية.

كما وجد بأن نظام المجمع الشمسي ذو القطع المكافئ المركب هو أفضل هذه الأنظمة خاصة إذا كان الغرض هو تعقيم مياه الصرف الصحي فهي تعطي درجة تعقيم أفضل لأن المياه تمر عبر مجمع شمسي وماسورة زجاجية حرارية ويكون ذلك خلال وقت أقل وبكمية مياه أكبر.

مثال من أجل التأكد من فعالية الأنظمة الشمسية لتنقية المياه في مركز بحوث في مصر (قرية الجيزة):

تم التأكد من ذلك عن طريق إجراء الاختبارين التاليين الأول: كان معمليا وتم تطبيقه بقسم الطاقة الشمسية بالمركز حيث تم تلويث كمية من المياه وإخضاعها لأنظمة التعقيم الشمسي والثاني تم تطبيقه بالواقع على نطاق ضيق في مساحة تصل إلى ($3m^2$) بإحدى الترع بقرى الجيزة وفي كلا الاختبارين تم عمل فحص بكتريولوجي يهدف إلى الكشف عن احتواء المياه على مجموعة القولون البرازية وهي البكتيريا التي تصل للمياه من مصدر برازي والمجموعة السبحية البرازية التي تصل للماء من براز الحيوانات والجراثيم البكتيرية كالسيدوموناس والإيروموناس.

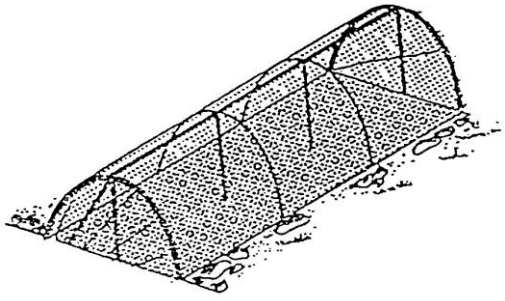
وكانت النتيجة في كلا الاختبارين تشير إلى أن المياه تخلو تماما من هذه البكتيريا عند وصول درجة حرارة المياه إلىC 75، بينما لم تكن درجة حرارة المياه عند C 65 كافية للقضاء على كافة أشكال البكتيريا مما يدل على فعالية الأنظمة الشمسية في تنقية المياه.

استخدام الطاقة الشمسية في الزراعة:

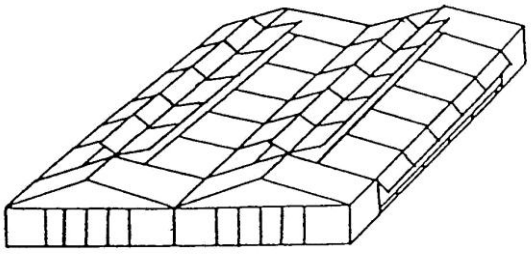
تعتبر الطاقة أحد المتطلبات الرئيسية للزراعة وتنمية المناطق الريفية. ويستخدم النبات ضوء الشمس وثاني أكسيد الكربون والماء الموجود في البيئة لإنتاج كربوهيدرات وأوكسجين، وبذلك تنتج الأوراق الخضراء الغذاء للنبات. أما في الليل فتتم عملية النتح، وهي عملية معاكسة تماما لما يحدث في النهار إذ يقوم النبات بإطلاق ثاني أكسيد الكربون والماء والطاقة. يمكن أن تقوم مصادر الطاقة المتجددة بحل بعض مشاكل المناطق الريفية حيث يعتبر تحويل المخلفات الزراعية إلى غاز حيوي واحداً من أكثر التدابير غير التقليدية شيوعاً، كما يلقى استخدام الطاقة الشمسية اهتماماً متزايداً في الوقت الحاضر للأغراض الزراعية وذلك من خلال بيوت الزراعة المحمية، وضخ المياه، وتعقيم التربة، وتجفيف المحاصيل، وإنتاج الغاز الحيوي.

بيوت الزراعة المحمية

البيت الزراعي المحمي هو حيز محاط بغلاف شفاف (بلاستيك أو زجاج) يعتمد على نظرية حبس أشعة الشمس الساقطة ذات الموجه القصيرة (300 إلى 700 نانومتر) التي تنفذ من خلال الغلاف الشفاف والتي يتم امتصاصها من قبل جزيئات الهواء، والنباتات، والمحتويات الموجودة داخل البيت. وبهذا تتحول الأشعة المباشرة إلى طاقة حرارية كامنة فيها تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها. وتمتاز هذه الحرارة بطول موجتها بحيث لا يمكن فقدانها إلى المحيط الخارجي من خلال الغلاف الشفاف لضعف طاقتها بالإضافة إلى أنّ مواصفات هذا الغلاف هو منع خروج الأشعة الطويلة الموجة، وبهذا تستمر درجة الحرارة داخل البيت بالارتفاع مادامت كمية الحرارة الناتجة من أشعة الشمس الداخلة إليه أكثر من الفقد الحراري من البيت. ويبين الشكل (24a, 24b – 2) نموذجيْن لبيت بلاستيكي وبيت زجاجي. وأدى هذا النوع من الزراعة إلى تطور الإنتاج الزراعي والصناعات البلاستيكية من أغطية، ومنظومات ري بالتنقيط، ووسائل تغليف وتسويق المحاصيل، وكذلك إلى تطور الصناعات التكميلية الموافقة ناهيك عن خلق فرص عمل للمواطنين. وأصبحت المردودات الاقتصادية للزراعة المحمية تشكل إحدى الدعامات الأساسية لمكونات الدخل القومي لبعض الدول بالإضافة إلى تأمين الحاجة الغذائية ومضاعفة كمية الإنتاج الزراعي وتحسين نوعيته.



نموذج لبيت بلاستيكي



نموذج لبيت زجاجي

تجفيف المحاصيل الزراعية

يمكن الحفاظ على القيمة الغذائية للفواكه والمحاصيل عند تجفيفها بواسطة الطاقة الشمسية، هذا بالإضافة إلى نظافة وجودة الفواكه والمحاصيل بعد عملية التجفيف وتقديمها للاستهلاك محافظة على نظارتها الطبيعية في غير مواسمها. وتتكون المجففات الشمسية من ثلاثة أجزاء رئيسية هي وحدة التسخين، ووحدة التجفيف، ووحدة تحريك الهواء داخل المجفف. وتختلف هذه الوحدات عن بعضها البعض حسب نوع المجفف وذلك كما يلي:

وحدة التسخين

هو الجزء الذي يستقبل أشعة الشمس ويحتفظ بالطاقة الحرارية اللازمة لتسخين الهواء الذي يمر عليه لينطلق إلى وحدة التجفيف، لذلك فهو في العادة عبارة عن سطح معدني أو بلاستيكي داكن اللون لامتصاص أكبر قدر ممكن من حرارة الشمس الساقطة عليه مباشرة. ويغطي هذا السطح غلاف شفاف يعمل على رفع درجة الحرارة بالداخل، ثم يمرر عليه الهواء الذي يتجه بعد تسخينه إلى وحدة التجفيف.

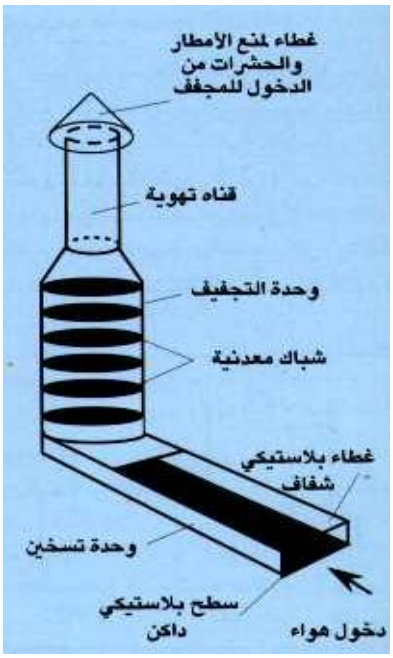
وحدة التجفيف

وهي على عدة أشكال حسب نوع المجفف، وقد تشبه في شكلها وتركيبها وحدة التسخين (سطح بلاستيكي أو معدني داكن مغطى بغلاف شفاف) أو قد تكون عبارة عن غرفة بداخلها عدد من الشبابيك المعدنية توضع بها المواد المراد تجفيفها. وللغرفة باب جانبي يفتح عند التعبئة والتفريغ.

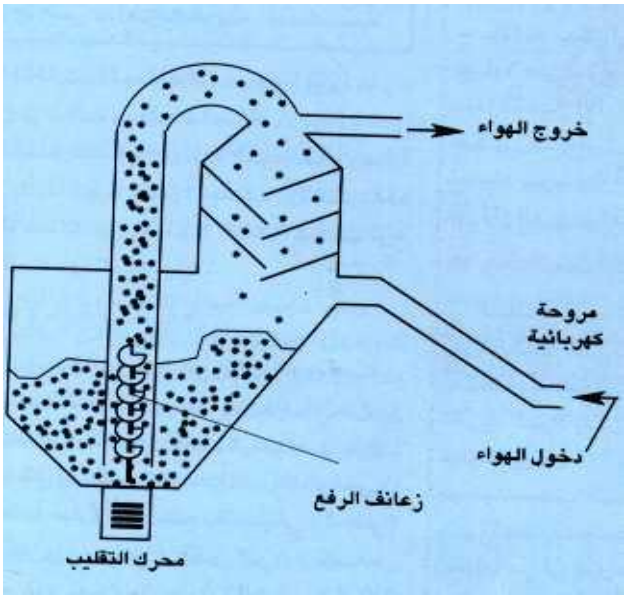
وحدة تحريك الهواء

تختلف وحدة تحريك الهواء حسب نوع الطاقة التي تحركها. فعندما يتعذر استخدام الطاقة الكهربائية لتشغيل مراوح تحريك الهواء فإنه يمكن تركيب قناة عمودية تشبه المدخنة في نهاية المجفف تكون مهمتها سحب الهواء المحمل بالرطوبة في المجفف ودفعه إلى الخارج، وذلك اعتماداً على أن الهواء الحار سيصعد إلى أعلى بسبب قلة كثافته، مقارنة بالهواء البارد. أما إذا توفر مصدر كهربائي رخيص فإن الوحدة يجب أن تزود بمروحة تعمل على دفع الهواء. وتدور المروحة إمّا بسرعة ثابتة أو متغيرة عن طريق وحدة تحكم تعمل على تغير سرعتها حسب درجة الحرارة المطلوبة.

وتختلف المجففات الشمسية تبعاً لتنوع المحاصيل الزراعية، فهنالك مجففات برجية لتجفيف المحاصيل الحقلية (الحبوب والبقول وغيرها)، وهنالك مجففات مستوية لتجفيف المحاصيل ذات الحجم الكبير (الفواكه والتمور والخضار وغيرها). ويوضح الشكل مخططاً لمجففين أحدهما يعمل بالسريان الطبيعي والآخر بالسريان القسري.



مجفف بعمل بالسريان الطبيعي



مجفف بعمل بالسريان القسري

♣ التعقيم الشمسي للتربة:

عبارة عن تسخين التربة بأشعة الشمس وذلك بتغطية سطح التربة الرطبة بإحكام بشرائح بلاستيكية وبمواصفات معينة قبل موعد الزراعة بحوالي 40 يوم خلال أشهر الصيف الحارة مما يؤدي إلى قتل وإضعاف حيوية آفات التربة.

فهي طريقة حديثة وبديلة عن المواد الكيميائية بالإضافة إلى كونها آمنة وغير ملوثة للبيئة وهي هامة في مكافحة العوامل الممرضة ضمن البيوت البلاستيكية.

تعتمد هذه الطريقة على: الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة عن الأشعة الشمسية النافذة من خلال الغطاء الأرضي في تسخين التربة.فهي عمليه يتم بها استغلال أشعة الشمس وحرارتها في مقاومة أمراض التربة وتتم هذه العملية في أشهر الحرارة المرتفعة والعالية بحيث تحقق أفضل النتائج وأفضل موعد لإتمام نجاح مثل هذه العملية هو في فترة ارتفاع درجات الحرارة ما فوق 30 C أي فترة ما بين 15/08 – 15/06 من كل سنة.

العناصر الأساسية للتعقيم الشمسي:

١ ـ الغطاء البلاستيكي:

حيث يتم من خلاله استعمال شرائح من البلاستيك الشفاف بسمك 0,5 mm و يحتوي على مادة uva التي تكسبه الليونة و الصمود ضد أشعة الشمس بحيث يكون عرض شرائح البلاستيك 8 m في الحقل المكشوف أما في الدفيئات البلاستيكية فيكون 4-5 m

٢- رطوبة التربة:

قبل تغطية سطح التربة يجب أن تكون رطبة بدرجة كافية و ذلك لتوفير بيئة مناسبة لتنشيط مسببات الأمراض و الآفات الحشرية للخروج من طور السكون و إنبات بذور الأعشاب بالإضافة إلى تحسين التوصيل الحراري في التربة.

٣- حرارة التربة:

إن ارتفاع حرارة التربة عن 55 درجة مئوية يكون بعمق(10-15 cm) و 38 درجة مئوية على عمق (30 cm) وهي كافية لنجاح عملية التعقيم الشمسي خلال 40-30 يوم.

خطوات العمل لتنفيذ عملية التعقيم الشمسي:

١- تنظيف التربة من بقايا المحصول السابق خاصة الجذور و ينصح ري التربة قبل خلع المحصول السابق حتى يتم نزع الجذور بالكامل من التربة.

٢- حرث التربة على عمق 30-40 cm باستخدام المحراث مع عدم استخدام المحراث القلاب حتى نحافظ على طبقات التربة كما هي و عدم قلب الأمراض و الآفات من مسافات بعيدة مما يضعف مكافحتها باستخدام التعقيم الشمسي.

٣- توزيع السماد العضوي جيدا على سطح التربة بمعدل 10-7 كوب للدونم في حالة سماد البقري أو سماد الدواجن المتحلل بمعدل 5 كوب.

٤- ري التربة جيدا حتى يصل الماء إلى عمق 60-70 cm و الهدف من الري إنبات بذور النباتات و تنشيط المسببات المرضية و كذلك لترطيب الأسمدة العضوية .

٥- حرث التربة جيدا بهدف خلط السماد و تسوية الأرض لإزالة بقايا النباتات.

٦- مد شبكة الري مع مراعاة أن تكون المسافة بين خطوط التنقيط 50-75 cm لضمان توزيع ماء الري.

٧- تغطية سطح التربة بشرائح البلاستك الشفاف حسب المواصفات المذكورة سابقا مع مراعاة عدم تمزق البلاستيك أثناء عملية التغطية و أن يكون مشدودا ملامسا لسطح التربة.

٨- يتم الري لمدة ٣-٤ ساعات مرة كل أسبوع طيلة فترة التعقيم.

تجربة استخدام الطاقة الشمسية في مكافحة فطور تربة البيوت البلاستكية : نفذت التجربة ضمن صالة بلاستيكية قرب مدينة بانياس خلال موسمين زراعيين 2005-2004 وبلغت المساحة المخصصة لتنفيذ البحث $300\ m^2$ حيث وزعت هذه المساحة إلى ثلاث قطع تجريبية مساحة كل منها $100\ m^2$ شملت ما يلي :

- بدون تغطية التربة.
- تغطية التربة بغطاء شفاف سماكة 40 ميكرون.
- تغطية التربة بغطاء أسود سماكة 40 ميكرون .

في البداية أجريت حراثة للتربة على عمق 30 cm ومن ثم أضيف السماد العضوي المختمر بمعدل $10\ kg/m^2$ ووزع على كامل سطح التربة ثم أجريت حراثة ثانية لخلط السماد مع التربة وأجريت بعد ذلك عملية ترطيب للتربة بالماء قبل 24 ساعة من التغطية.

تم بعد ذلك تغطية سطح التربة بالأغطية البلاستكية المعتمدة وطمرت جوانب الغطاء بتربة زراعية لحفظ الحرارة والرطوبة تحت

الغطاء طوال مدة تنفيذ البحث 40 يوماً اعتباراً من 01/07 ولغاية 10/08 من كل عام من أعوام تنفيذ البحث وعند انتهاء مدة التغطية أخذت عينات من التربة عشوائياً من أربعة أماكن مختلفة وعلى عمق 0-10 cm وبلغ عدد العينات المدروسة من كل حالة خمس عينات وقد تم عزل وزراعة وتصنيف الفطور بطريقة (Kirelenko 1977)
تم قياس خلال هذه المدة درجات الحرارة الجوية وحرارة التربة العظمى على عمق 10 cm في الحالات الثلاث وقد تبين بأن:
تغطية التربة بغطاء شفاف أدى إلى رفع متوسط درجة الحرارة العظمى اليومية إلى 51 C مقابل 45 C تحت الغطاء الأسود في حين لم تتجاوز 32 C في التربة غير المغطاة.
بينت نتائج الزرع وجود 10 أجناس فطرية منها 8 أجناس تتبع صف الفطور الناقصة Deuteromycetes وجنس واحد يتبع صف الفطور البيضية Oomycetes وجنس آخر يتبع صف الفطور الزيجية Zygomycetes في عينات التربة المغطاة.
مما تقدم نستنتج:
١- فعالية التعقيم الشمسي باستخدام الأغطية البلاستكية في مكافحة الفطور الممرضة في التربة.
٢ – أدى الغطاء الشفاف إلى رفع حرارة التربة إلى 51 C وبزيادة 6 C عن الغطاء الأسود مما كان له دوراً أكبر في مكافحة فطور التربة.
٣ - وجد أن تأثير التعقيم الشمسي في الفطرTrichoderma كان قليلاً.

الطاقة الشمسية كبديل لغاز بروميد الميثيل:
غاز بروميد الميثيل CH3Br غاز عديم اللون والرائحة وقد يعطي رائحة الكلوروفورم عند التركيزات العالية وعند تعرض جسم الإنسان له يصاب جلده بحروق متفاوتة الشدة كما أن له درجة سمية عالية سواء عند التنفس أو التلامس المباشر عن طريق الجلد.
يستعمل غاز بروميد الميثيل على نطاق واسع في العالم لتعقيم التربة قبل الزراعة وهو يشكل خطرا على صحة الإنسان وله آثارا سلبية على البيئة حيث دلت الدراسات بأنه يقضي على جميع الكائنات الحية الضارة والنافعة في التربة ويلوث المياه الجوفية كما تتراكم بقاياه على الثمار والخضروات التي تؤكل طازجة كالخيار والطماطم كما يعتبر غاز بروميد الميثيل مادة مستنفذة لطبقة الأوزون.
لذلك تم اللجوء إلى بدائل لاستخدام هذا الغاز الضار بالبيئة وعلى الإنسان والمحصول الزراعي بطرق التعقيم الشمسي الصديق للبيئة.

العوامل المؤثرة في كفاءة تعقيم التربة بالطاقة الشمسية:
١- درجة رطوبة التربة.
٢- قوام التربة.

٣- درجة حرارة الجو (العظمى والدنيا وطول فترة التعرض)
٤- الموسم.
٥- طول اليوم وشدة الإضاءة.
٦- سرعة الرياح.
٧- نوع ولون وسمك أشرطة اللدائن المستعملة.

ميزات التعقيم الشمسي الحراري:

١-تكلفة التعقيم الحراري اقل نسبياً من طرق التعقيم الأخرى وخاصة عند استخدام غاز بروميد الميثيل.
٢-لا يشكل أي خطورة على العاملين به ولا على البيئة.
٣-بسيط وسهل التنفيذ ولا يحتاج لخبرة.
٤-لا يترك أي آثار جانبية ضارة للنبات.
٥-مفعول التعقيم الشمسي الحراري يبقى فترة أطول من أي تعقيم كيماوي آخر.
٦-زيادة المحصول وتحسين جودة الثمار من خلال تحسين خواص التربة.

عيوب التعقيم الشمسي الحراري:

١-تعرض البلاستيك للحرارة العالية مدة شهر أو أكثر يعرضه للتحلل والتمزق.
٢-إذا كانت قطعة الأرض مفتوحة فهي عرضة لمهاجمة الكلاب والطيور الجارحة وتمزيق البلاستيك.
٣-مدة التعقيم طويلة مقارنة بطرق التعقيم الأخرى.
٤-عدم القدرة على إجراء هذه الطريقة إلا في أشهر الصيف الحارة .
٥- كفاءة هذه الطريقة ليست عالية على بعض مسببات الأمراض والأعشاب.

ومنه نستنتج بأن:

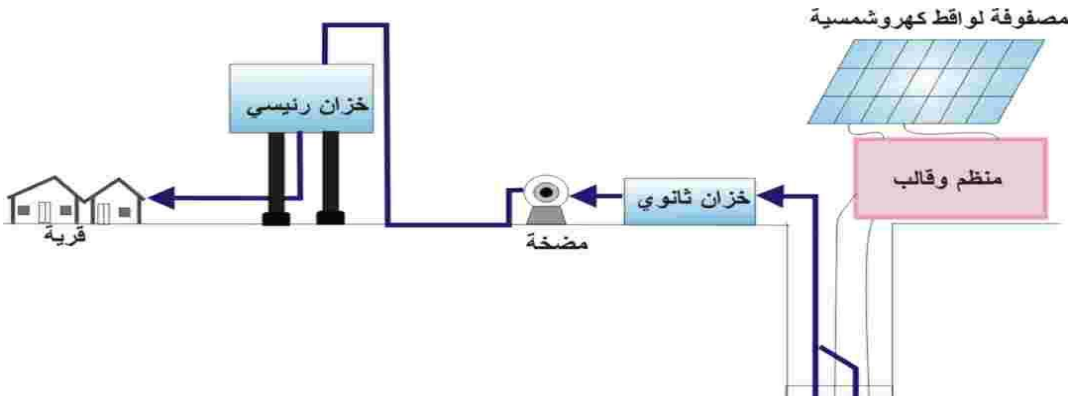
تطبيق تعقيم التربة بالطاقة الشمسية قد زاد إنتاجية بعض المحاصيل بنسب تراوحت بين % 400-150 إضافة إلى تحسين خواص التربة مثل إل PH وخفض نسبة الملوحة.

لاستفادة من الطاقة الشمسية في ضخ المياه الجوفية:

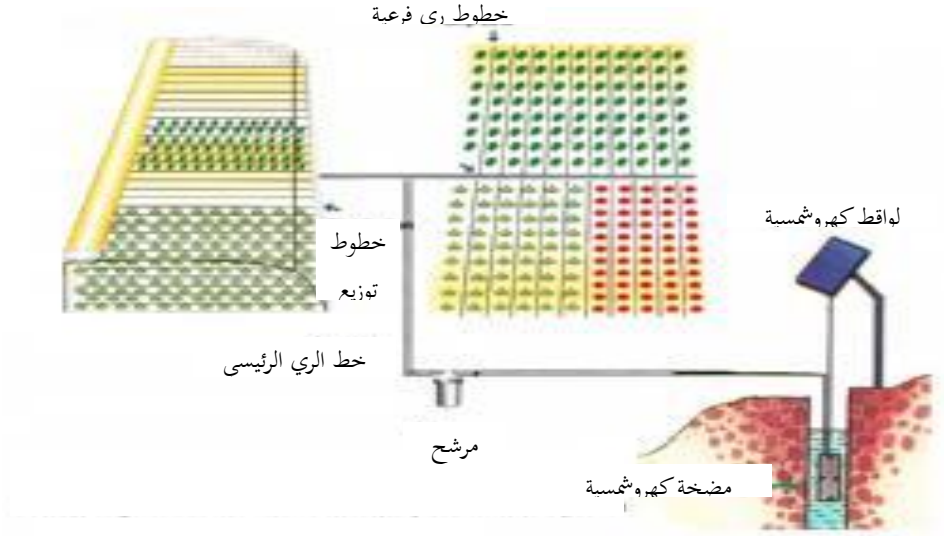
يعتبر استخدام الطاقة الشمسية لضخ المياه الجوفية من أهم تطبيقات استخدام الشمس كطاقة بديلة نظرا لما تحققه من توفير اقتصادي على المدى الطويل وبالإضافة إلى استخدام الطاقة الشمسية لضخ المياه للاستعمال اليومي في المنازل البعيدة عن الخدمات البلدية فإن ضخ المياه الجوفية لا بديل له اقتصاديا لاستخدامات الزراعة وتربية المواشي وقد وجد بأن 100 رأس من البقر الحلوب يشرب ما يزيد عن 13500 ليترا من الماء يوميا مما يتطلب الكثير من الطاقة والتي يمكن توفيرها باستخدام المضخات التي تعمل بالطاقة الشمسية.

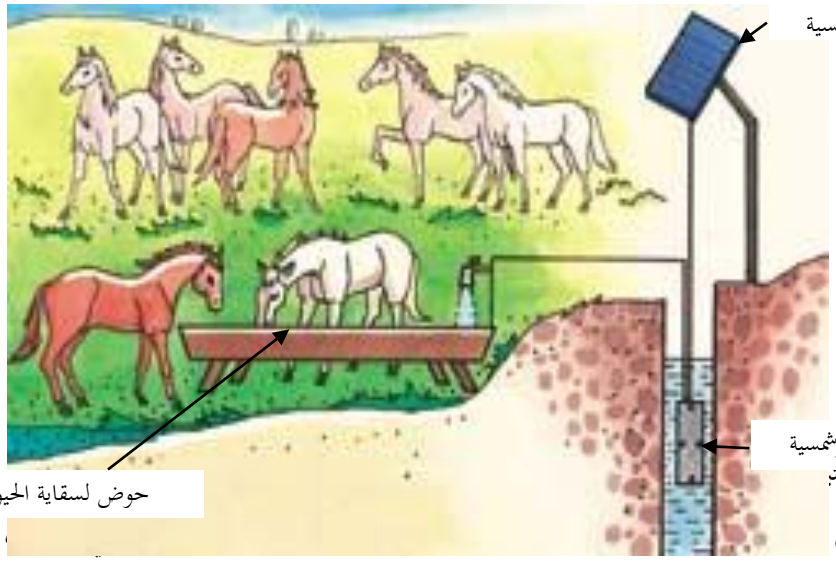
تستخدم أنظمة الضخ الكهروضوئية بشكل أساسي مع التطبيقات التالية:

١ – ضخ الماء للقرى: حيث تستهلك القرى كميات محددة من ماء الشرب لذلك فنحن نحتاج إلى تخزين الماء في فترات الإشعاع الشمسي المنخفض والتي تختلف من منطقة لأخرى. وكما نلاحظ يبين الشكل نظام تزويد الماء لقرية نائية. يتكون هذا النظام بشكل عام من مصفوفة لواقط كهروضوئية ونظام تحكم إلكتروني ومضخة.



٢- ضخ الماء للري وسقاية الحيوانات: يبين الشكلان نظام تزويد ماء للري وسقاية الحيوانات. إذ لا تختلف هذه الأنظمة من حيث المبدأ عن النظام السابق.





يجب أن نأخذ بالاعتبار [illegible] للماء في أوقات الذروة لأحد الفصول [illegible] أخذ متطلبات الحمل (كمية الماء المضخ)، مع العلم أن هناك توافق عام بين ازدياد الإشعاع الشمسي في الصيف وازدياد الطلب على الماء.

٣- نظام الضخ مكونات الكهروضوئية:

يتميز نظام الضخ الكهروضوئي بالموثوقية العالية لكافة أجزائه وخاصة المضخات واللواقط بالإضافة لتمتعه بكفاءة ومرونة عالية ويمكن تركيبه عند مصدر المياه وهو لا يستخدم المدخرات وبالتالي تكون كلفتة أقل من كلفة أنظمة الإنارة حيث يتم تخزين الماء في فترات السطوع الشمسي فقط بدلاً من تخزين الطاقة الكهربائية.

يمكن تقسيم نظام الضخ الكهروضوئي إلى ثلاثة أجزاء رئيسية:

١-مصفوفة اللواقط التي تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وملحقاتها (نظام تحكم إلكتروني يقوم بالتحكم بخرج اللواقط قبل تحويله إلى طاقة هيدروليكية).

٢-المحرك والمضخة ويشملان المكونات التي تحول الخرج الكهربائي لمصفوفة اللواقط إلى طاقة هيدروليكية.

١- الخزان ونظام التوزيع الذي يسوق الماء إلى نقاط الاستخدام المطلوبة.

✓ هناك نوعان من أنظمة الضخ:

- نظام ضخ متناوب AC
- نظام ضخ مستمر DC

الفرق بينهما هو عدم وجود المعرج (Inverter) في نظام الـ DC وهذا عائد لنوع المضخة المستخدمة.

٤- المضخات الكهروضوئية:

يلجأ المعنيون والمزارعون على حد سواء في المناطق التي لا تصلها الشبكة العامة للطاقة للاعتماد على المضخات اليدوية ومضخات الديزل التي لا تخلو من العيوب والمشاكل التقنية بالإضافة لحاجتها المستمرة للوقود، وكقاعدة عامة فإن المضخات ذات التشغيل اليدوي هي الأقل كلفة لكنها الأقل مردوداً أيضاً، وفي حال عدم إمكانية تلبية المضخات اليدوية للحاجة يتم اللجوء إلى استخدام الحيوانات أو إلى مضخات الديزل التي تستخدم بكثرة لتأمين ماء للشرب والري.

- وبعد تطور الأنظمة الكهروضوئية ودخولها في مجالات المياه بدأت المضخات الكهروضوئية (PVP) بمنافسة مضخات الديزل والتفوق عليها للأسباب التالية:

١) تتطلب المضخات الشمسية صيانة وإصلاح في الحدود الدنيا (أقل من كافة الأنواع الأخرى بكثير).

٢) إن كلفة دورة الحياة لنظام ضخ كهروضوئي تنافس تكاليف نظم الضخ التي تعمل بالديزل.

٣) إن المنعكس البيئي لاستخدام أنظمة الضخ الكهروضوئي أفضل من تلك التي تعمل بالديزل.

هناك نوعان رئيسيان من مضخات المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية وهذان النوعان

المضخات التي تعمل بأسلوب الطرد المركزي (Centrifugal).

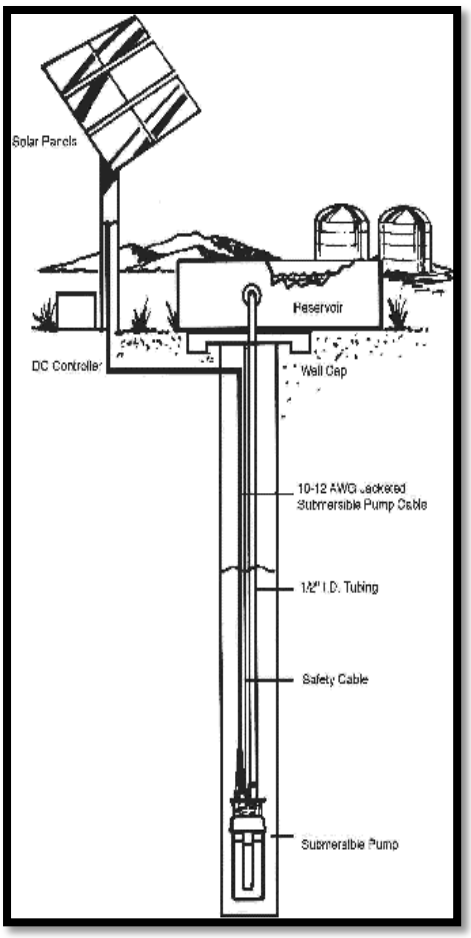
١- المضخات التي تعمل بأسلوب النقل الفعال (Displacement Positive).

وكلا النوعين يقسم بدوره الى طرازين هما:

أ- طراز المضخات الغاطسة (Submersible).

ب- طراز المضخات السطحية (Surface mount).

حيث يتم اختيار طراز المضخة (غاطسة أو سطحية) بناء على مصدر المياه المتوفرة بينما نوع المضخة الواجب استعماله (طرد مركزي أو نقل فعال) فيحدد بحسب الحاجة اليومية من المياه وما يعرف بـ "مجوع الرأس الديناميكي" أو (Head TDH Total Dynamic).



♣ استعمال المضخات:

- المضخات الغاطسة: تستخدم لضخ المياه من الآبار العميقة.

- أما المضخات السطحية: تستخدم لضخ المياه من الآبار الضحلة.

ونظريا: فإنه من الممكن استخدام المضخات السطحية لضخ المياه من آبار بعمق 10 m والتي لا يقل منسوب الماء الثابت فيها عن الثلاثة أمتار.

ومن الجدير بالذكر بأن المضخات الغاطسة تتطلب أن يكون قطر الأنبوب المتدلي إلى البئر بقطر لا يقل عن الثلاثة إنشات.

كما أنه من غير المستحسن استخدام البطاريات ضمن أنظمة ضخ المياه بواسطة الطاقة الشمسية نظرا لكون استخدام البطاريات لعمليات الضخ الليلي تسبب نقصان في الكفاءة.

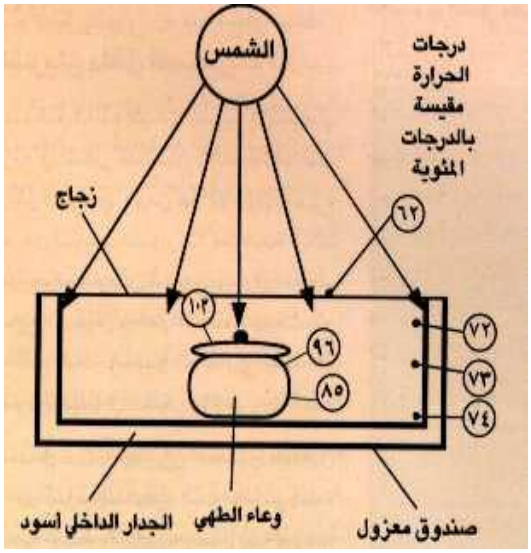
♣ الخدمات التي يجب القيام بها قبل استخدام أسلوب ضخ المياه بواسطة الطاقة الشمسية:

١- دراسة الموقع.
٢- إجراء الاستقصاء اللازم لتحديد المتطلبات إلى جانب إعداد دراسة متطلبات المستهلك من المياه والطاقة.
٣- حساب الاستطاعة اللازمة لكفاية احتياجاته وبالتالي تصميم النظام وتركيبه وتوصيله وتوفير خدمات الضمان والصيانة والمراقبة وخدمات ما بعد التركيب.

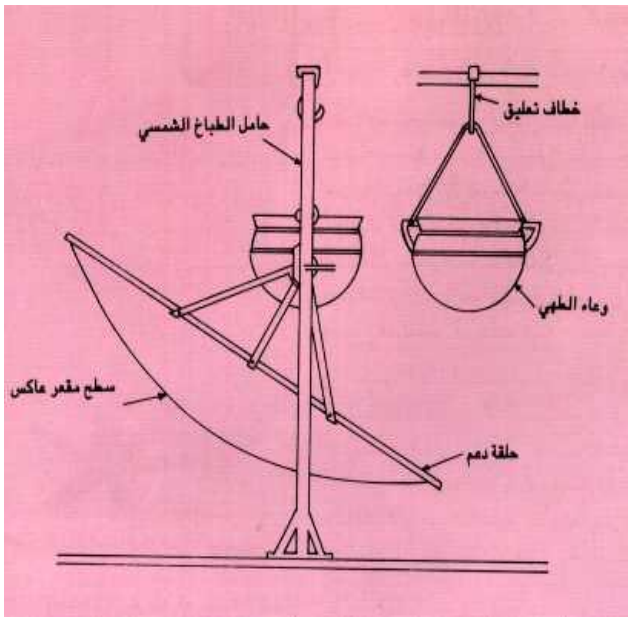
الطاقة الشمسية في الطبخ:

أدى استخدام الخشب كمصدر للطاقة في المناطق القروية إلى انقراض مساحات كبيرة من الغابات. وقد أصبح هذا الموضوع مشكلة بيئية لا يستهان بها. وإن استخدام الطاقة الشمسية للطهي هو أحد الحلول المهمة لهذه المشكلة خصوصاً أن كلفتها قليلة والحصول عليها يسير جداً. ويعتمد الأساس العلمي للطباخ الشمسي على الاستفادة من مبدأ الاحتباس الحراري الناجم عن سقوط الإشعاع الشمسي وانعكاسه داخل صندوق معزول من جميع جوانبه بعازل حراري جيد عدا الجانب الأعلى المواجه للشمس إذ يغطى بلوح من الزجاج. كما يتم طلاء أسطحه الداخلية بلون داكن غير لامع لكي يقوم بامتصاص أكبر قدر ممكن من الحرارة كما في الشكل. ويختلف الوقت اللازم لإنضاج الطعام تبعاً لنوعه، فمثلاً يحتاج الأرز إلى ساعتين، بينما يحتاج اللحم إلى ثلاث ساعات أو أكثر. ويمكن التحكم، إلى حد ما، بدرجات الحرارة في الطباخات الشمسية. فعندما نريد الحصول على درجات حرارة أقل – للمحافظة على سخونة الطعام فقط – فإنه يجب وضع الطباخ بشكل منحرف عن الإشعاع المباشر. وللتقليل من الوقت اللازم للطبخ فقد تم تطوير عدة أنواع من الطباخات منها الطباخ ذو مرآة واحدة، أو ثلاث مرايا لعكس الأشعة الشمسية على صندوق الطباخ، والطباخ ذو المجمع البؤري الذي

يقوم بتركيز أشعة الشمس باستخدام سطح عاكس لماع على شكل قطع ناقص أو جزء من سطح كروي، أو عدسة لآمة ذات بعد بؤري مناسب (عدسة فرسنل). وقد يستطيع هذا النوع رفع درجة الحرارة داخل القدر أكثر من 150 درجة مئوية.



طباخ شمسي بسيط



طباخ شمسي ذو مجمع بؤري

الفصل الثالث

طاقة الرياح

مقدمة:

هي الطاقة التي يتم استخلاصها من الطاقة الحركية للرياح. لقد عرف الإنسان قوة الرياح منذ القدم ورأى آثارها في صور شتى كالأعاصير والرياح الشديدة، واستطاع الاستفادة منها في تسيير السفن وتدوير طواحين الهواء وأخيراً في إنتاج الطاقة الكهربائية.

من أهم ما تتميز به طاقة الرياح:

- طاقة نظيفة لا ينتج عنها انبعاث لغازات الدفيئة لذا تعد الرياح من مصادر الطاقة الواعدة في المستقبل والمتلائمة مع الطبيعة كما تعلب دورًا رئيسيًا في الحدِّ من التغيرات المناخية.
- طاقة متجددة تبقى ببقاء الأرض.
- متاحة عالميّاً بوفرة.
- انخفاض تكاليف إنشاء منشأة طاقة الرياح بالمقارنة مع منشآت الطاقة الأخرى، وقلة تعقيدها، بالإضافة إلى انخفاض قيمة الكهرباء المولّدة مع انخفاض تكاليف عنفات الرياح.
- تقلل الاعتماد على استيراد الطاقة وبدلاً من ذلك تساعد على خلق قيم محلية.
- تخلق فرص عمل في صناعات التنمية المستدامة.
- قليلة المخاطر ولا تسب مشكلات في التخلص من النفايات أو في الانبعاث.

استعمل الإنسان طاقة الرياح منذ آلاف السنين لدفع سفنه في البحار والأنهار وقد برز قدماء المصريين في هذا المجال، حيث كانت سفنهم تجوب نهر النيل على امتداد الممالك الفرعونية التي قامت على ضفتيه، كما مكنت طاقة الرياح كولومبس من اكتشاف القارة الأمريكية.

ومنذ وجود الإنسان الأول كان لديه الرغبة بتحويل حركة الرياح إلى صورة ميكانيكية وقد تم له ذلك، ولم يتوقف في حدود استعمال طاقة الرياح وتسخير السفن الشراعية في الأنهار والبحار، بل اخذ الإنسان يفكر في اختراع وتطوير آلات وأدوات أخرى تقو بتسهيل أمور حيات مثل الطاحونة الهوائية (طاحونة الرياح).

وبالرغم من أن اختراع الطاحونة الهوائية جاء متأخرا بالنسبة لاستعمال السفن الشراعية إلا أنّ هذه الطاحونة شهدت تطوراً سريعاً وانتقل استعمالها عبر القارات والمحيطات لتشمل أجزاء كثيرة من العالم.

ومع ذلك لم يكن استخدام طاقة الرياح عاملاً مسيطراً في الخمسين سنة الماضية نتيجة لوفرة الوقود الاحفوري، حيث كان تطور الآلات الميكانيكية التي تعمل على الفحم والغاز والبترول منافساً اقتصادياً كبيراً جعل الاستمرار في استعمال الطواحين الهوائية أمرا ذو تكاليف عالي، غير أن ازدياد وعي البشرية بأخطار التلوث وازدياد قناعتها ومعرفتها بان مصادر الطاقة الحالية سوف تصل النضوب دفعها ذلك إلى التفكير بإعادة استعمال الطاقة الهوائية (طاقة الرياح) ذلك المصدر الدائم.

لذلك تعتبر طاقة الرياح مصدراً مهما ًمن المصادر التي استخدمها الإنسان عبر تاريخه في أغراض مختلفة كالزراعة والصناعة والنقل، إلا انه في نهاية القرن التاسع عشر اخذ الإنسان بالتفكير في استخدام طاقة الرياح لتوليد الكهرباء، وعندما نتحدث ع طاقة الرياح فان الإشارة غالباً ما تعني استعمال هذه الطاقة في توليد الكهرباء التي يمكن استخدامها بعد ذلك في العديد من الأغراض، والتركيز على توليد الطاقة الكهربائية بواسطة طاقة

الرياح ليس أمراً هيناً وإنّما تفرضه الظروف التي خلفها التطور التكنولوجي فيا لعالم خلال القرنين التاسع عشر والعشرين الميلادي.

مميزات عنفات الرياح:

إن من أهم مميزات استخدام عنفات الرياح:

- توفر عنفات الرياح طاقة كهربائية نظيفة وغير ضارة بالمناخ بأسعار تنافسية.
- تخلق عنفات الرياح فرص عمل بالإضافة إلى ميزات اقتصادية للمناطق المحرومة. حيث تخلق صناعة التوربينات وكذلك خدمات التخطيط والصيانة فرص عمل بالإضافة إلى توفير دخل للمجتمعات المحلية من عائدات الضرائب والإيجارات المحصلة مقابل استغلال الأراضي.
- تتعامل عنفات الرياح مع نطاق كبير من التطبيقات التي تتراوح ما بين عدد قليل من الكيلوواط إلى العديد من وحدات الميجاواط. حيث تقوم التوربينات باستطاعة 10 kW غير المتصل بالشبكة الكهربائية بإمداد المزارع والقرى الصغيرة بالطاقة، بينما تقوم مزارع الرياح البحرية بإمداد شبكات المناطق الصناعية بعدة مئات من وحدات الميجاواط من الطاقة ذات سعات التغذية المثبتة.
- تعد عنفات الرياح بمثابة الأساس المثالي للطاقة المختلطة مع غيرها من مصادر الطاقة المتجددة الأخرى، سواء كان ذلك في شبكة الكهرباء العام ة أوفي شبكة صغيرة.

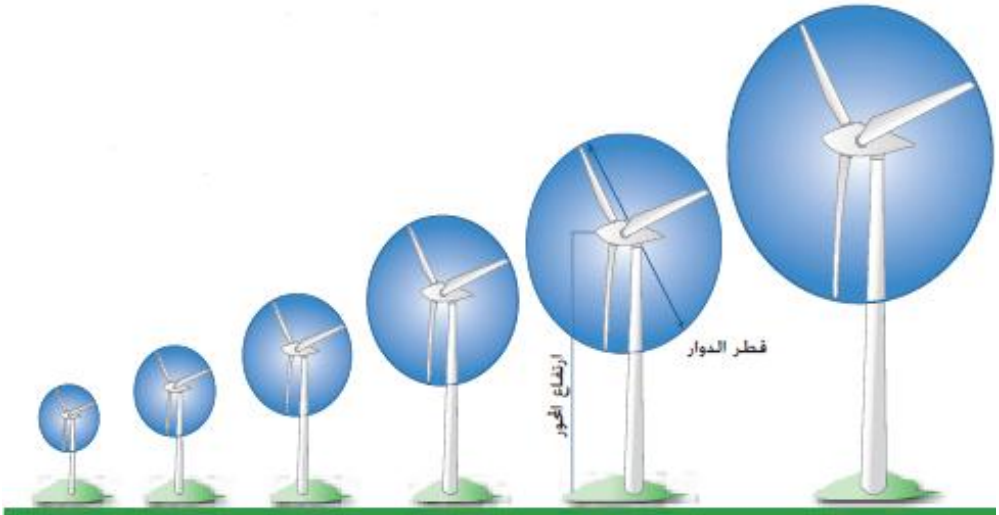
الشكل (٢-١) –(Enercon) E-1124500KW

لقد شهدت الأعوام القليلة الماضية تطوراً كبيراً في مجال طاقة الرياح حيث ازدادت نسبة مشاركتها في إنتاج الطاقة وتطورت عنفات الرياح تطوراً كبيراً وانتقلت من محولات طاق باستطاعة من رتبة بضعة عشرات كيلوواط لتصل إلى بضعة ميغاوات ورافق ذلك زيادة في حجمها وتعقيده الشكل(٢-١). كما أنه تم تركيب مزارع رياح تتكون من مجموعة من العنفات الريحية والتي توصل مع الشبكة وتزودها بالقدرة الشكل(٢-٢).

الشكل (٢-٢) – مزرعة رياح باستطاعة 39.6 MW(éolien)

بشكلٍ عام تقدر الاستطاعة الممكن استخراجها من الرياح على الأرض بحوالي $10^{11}GW$. إنّ من أهم التحديات التي كانت تواجه تركيب عنفات الرياح هو مدى دقة المعلومات المجموعة عن موقع تركيب العنفة (من حيث سرعة الرياح على ارتفاعات مختلفة ونظام الرياح على مدار العام...) إلا أنه تم تجاوز هذه العقبة، بحيث أصبحت التكهنات المتوقعة بأحوال المناخ خلال الأربع والعشرين ساعة دقيقةً إلى الحد الذي ينخفض بمستوى الاختلاف في تلك التوقعات إل نحو% 10 فقط. ومن ثم يمكن لمشغلي الشبكة دمج طاقة الرياح بسهولة أثناء عملية تخطيط طريقة استخدام مصنع إنتاج الطاقة الخاص بهم.

تعمل المحركات التوربينية الحديثة التي تعمل بطاقة الرياح ببطء مما يؤدي إل إنتاج مستويات م الطاقة تتميز بالفعالية، إلى جانب تميزها بالهدوء خلال تشغيلها. وحسب الموقع، ينتج المحرك التوربيني الواحد الذي تصل سعته إلى $(1.5\ MW)$ ما يتراوح بين $(2.5 - 5\ MillionKWh)$ من الكهرباء في العام. وهذا بالتالي يوفر قدرًا من الطاقة يكفي احتياجات ما يتراوح بين 1000 إلى 2000 من الأسر التي يتكون كل منها من أربعة أفراد في ألمانيا، أو قدرًا من الطاقة يلزم لإدارة اثنتين أو ثلاث من القاطرات الكهربائية. يزداد ناتج المحرك التوربيني الذي يعمل بطاقة الرياح بزيادة اتساع المساحة التي تتحرك فيها الشفرات الدوارة، وكذا بزيادة سرعة الشفرات حسب سرعات الرياح. وهكذا تؤدي الزيادة في سرعة الرياح بنسبة 10% إلى زيادة مستوى الطاقة الناتجة بمقدار الثلث. ويُعد متوسط سرعة الرياح في الموقع مؤشرًا مهمًا على حجم الطاقة الناتجة من المحرك التوربيني الذي يعمل بطاقة الرياح. وتتميز الأبراج الطويلة بأنها عُرضة لقدر أكبر من سرعات الرياح، بالإضافة إلى التقاط الشفرات الدوارة لقدر أكبر من هذه الطاقة، تطورت التكنولوجيا من خلال زيادة الطاقة الناتجة بمعدل 500 مرة منذ عام 1980 وهذا ما يوضحه الشكل (٢-٣) .



	١٩٨٠	١٩٨٥	١٩٩٠	١٩٩٥	٢٠٠٠	٢٠٠٥
الطاقة الاسمية	٣٠ كيلووات	٨٠ كيلووات	٢٥٠ كيلووات	٦٠٠ كيلووات	١٥٠٠ كيلووات	٥٠٠٠ كيلووات
قطر الدوار	١٥ متر	٢٠ متر	٣٠ متر	٤٦ متر	٧٠ متر	١١٥ متر
ارتفاع المحور	٣٠ متر	٤٠ متر	٥٠ متر	٧٨ متر	١٠٠ متر	١٢٠ متر
ناتج الطاقة سنويًا	٣٥٠٠٠ كيلووات/ساعة	٩٥٠٠٠ كيلووات/ساعة	٤٠٠٠٠٠ كيلووات/ساعة	١٢٥٠٠٠٠ كيلووات/ساعة	٣٥٠٠٠٠٠ كيلووات/ساعة	١٧٠٠٠٠٠٠ كيلووات/ساعة

الشكل (٢-٣) – تطور تكنولوجيا العنفات الريحية منذ عام 1980

إنّ التطورات الحديثة جداً التي حصلت خلال 2005-2004 والتعديلات التي حصلت على تصميم العنفات الريحية تسمح بالاستثمار بطاقة الرياح واستناداً إلى مجلة العلوم لعام 2005 بأنه تم إجراء تعديلات جذرية في تصميم العنفات الريحية المولدة للطاقة الكهربائية وهي:

١. تم الاستغناء بشكل كامل عن علبة السرعة في العنفة الريحية التي تحول سرعة المروحة البطيئة هذه والتي كانت وراء % 50 من أعطال العنفة.
٢. تم تعديل جذري في تصميم المولد الكهربائي المرتبط مع المروحة الرئيسية.
٣. تم إضافة منظومة ميكانيكية جديدة إلى المروحة تدعى الخطوة المتغيرة [Pitch].

هذه التعديلات التكنولوجية الجديدة سمحت برفع كفاءة العنفة الهوائية، وأصبح مجال إنتاج العنفة الهوائية الجديدة للطاقة الكهربائية يتوسع لينتج طاقة كهربائية عند سرعات للريح تتراوح بين(19-120)km/hr. أي أنّه يتفوق على المجال في العنفات القديمة و الذي كان محدود(14-79)km/hr. هذه الفروق قد تبدو بسيطة على غير المختص ، لكنها هامة جداً عند الاختصاصيين.

وتحسّن عامل التوليد في العنفة الهوائية وخلال عشر سنوات من % 18إلى % 27 وارتفعت في المراوح الحديثة إلى % 40 وتزايد عدد ساعات عمل العنفة الهوائية من 1600 ساعة في السنة إلى 3000 ساعة سنوياً.

٤. إمكانية تصنيع عنفات ريحية باستطاعة $5\ MW$ وبالتالي انخفاض هام بالكلفة التأسيسية أي أن ثمن عنفة واحدة باستطاعة $5\ MW$ هو أرخص ثمنا من خمسة عنفات استطاعة كل منها $1\ MW$ مع انخفاض كلفة الصيانة أما مسألة تركيب عنفات على ارتفاع $120\ m$ فتتم بواسطة طائرة سمتية.
٥. نظراً للتطورات الحديثة نحو تبسيط آليات العنفة الريحية أصبح بالإمكان تصنيع بعض الأجزاء محلياً.

تاريخ الاستفادة من طاقة الرياح:

طواحين الهواء:

إنّ استخدام طاقة الرياح ليس تقنية جديدة وإنّما تم استخدامها قديماً بطرق معروفة والحديث لا يدور عن طريقة استخدامها قديماً وإنما عن أهمية الدور الذي لعبته في الماضي.

استخدمت الطاقة التي تحملها الرياح منذ زمنٍ بعيد في تحريك السفن وطحن الحبوب، كما أنه تم استخدامها فيما بعد في ضخ المياه وأخيراً في توليد الطاقة الكهربائية. يقول بعض الباحثين أن أصل طواحين الهواء يعود إلى مصر بالقرب من الإسكندرية إلى حوالي 3000 عام ولكن لا يوجد أي دليلٍ مقنع عن الطريقة التي عرف بها المصريون والفينيقيون واليونان طواحين الهواء.

إنّ أول المعلومات التاريخية الموثقة عن وجود طواحين الهواء تعود للعام 644 ميلادي وهي طاحونة هوائية على الحدود الفارسية الأفغانية في منطقة سيستان الشكل (٢-٤). ومن بعدها رسم تصميمي يعود للعام 945 يصور طاحونة هوائية ذات محور دوران شاقولي ومن الواضح أنها استخدمت في طحن الحبوب.

الشكل (٢-٤) – أقدم طاحونة هوائية موجودة على الحدود الأفغانية الإيرانية استخدمت لطحن الحبوب

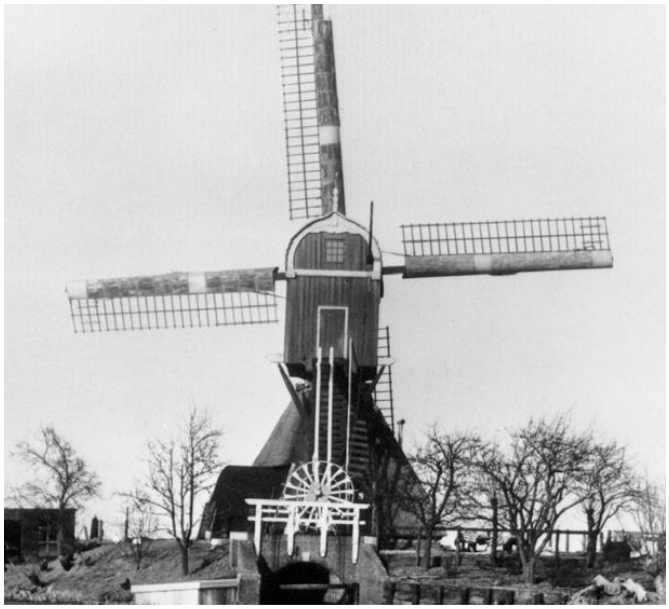
أمّا طواحين الهواء ذات المحور الأفقي فقد ظهرت بشكلٍ مستقل عن الطواحين ذات المحور الشاقولي حيث يعود أول دليلٍ مادي إلى العام 1180 في إمارة (دوقية) نورماندي وما إن ظهرت في هذه الزاوية الشمالية الغربية من أوربا بدأت طواحين الهواء بالانتشار الواسع في شمال وغرب أوربا وبالمثل في فنلندا وروسيا.

شهدت طواحين الهواء في أوربا العديد من التطورات وتنوعت بأشكالها وتقنياتها ومن أهم الأنواع التي ظهرت وذلك تبعاً للتقنية المستخدمة والوظيفة التي تؤديها:

١. طواحين الهواء المنصبة (Post windmill): وهي من أقدم الأشكال التي ظهرت لطواحين الهواء الشكل(٢-٥).
٢. طواحين الهواء المجوفة (Hollow post mill): وقد استخدمت في البداية في ضخ المياه ومن ثم في طحن الحبوب ونشر الأخشاب الشكل(٢-٦).
٣. طواحين الهواء البرجية (Tower windmill): وقد انتشرت بشكلٍ رئيسي على سواحل البحر المتوسط الشكل (٢-٧).
٤. طواحين الهواء الهولندية (Dutch windmill): وقد تم استخدامها لأغراضٍ عديدة كمغارف للمياه وطواحين للحبوب والأصبغة وآلات الطرق ولنشر الأخشاب. وفي القرن التاسع عشر أصبحت طواحين الهواء الهولندية هي الشكل المسيطر سواء من الناحية التقنية والاقتصادية الشكل(٢-٨).

لقد لعبت طواحين الهواء دوراً اقتصادياً مهماً في أوربا في الماضي حيث انتشرت انتشاراً واسعاً وظهرت دعاوي حقوق الرياح كما هي الحالة بحقوق المياه حيث رحب الحكام المحليون للمقاطعات بالدور الذي تلعبه هذه الطواحين الهوائية الشكل(٢-٩).

الشكل (٢-٥) -طاحونة هواء منصبة (ألمانيا)

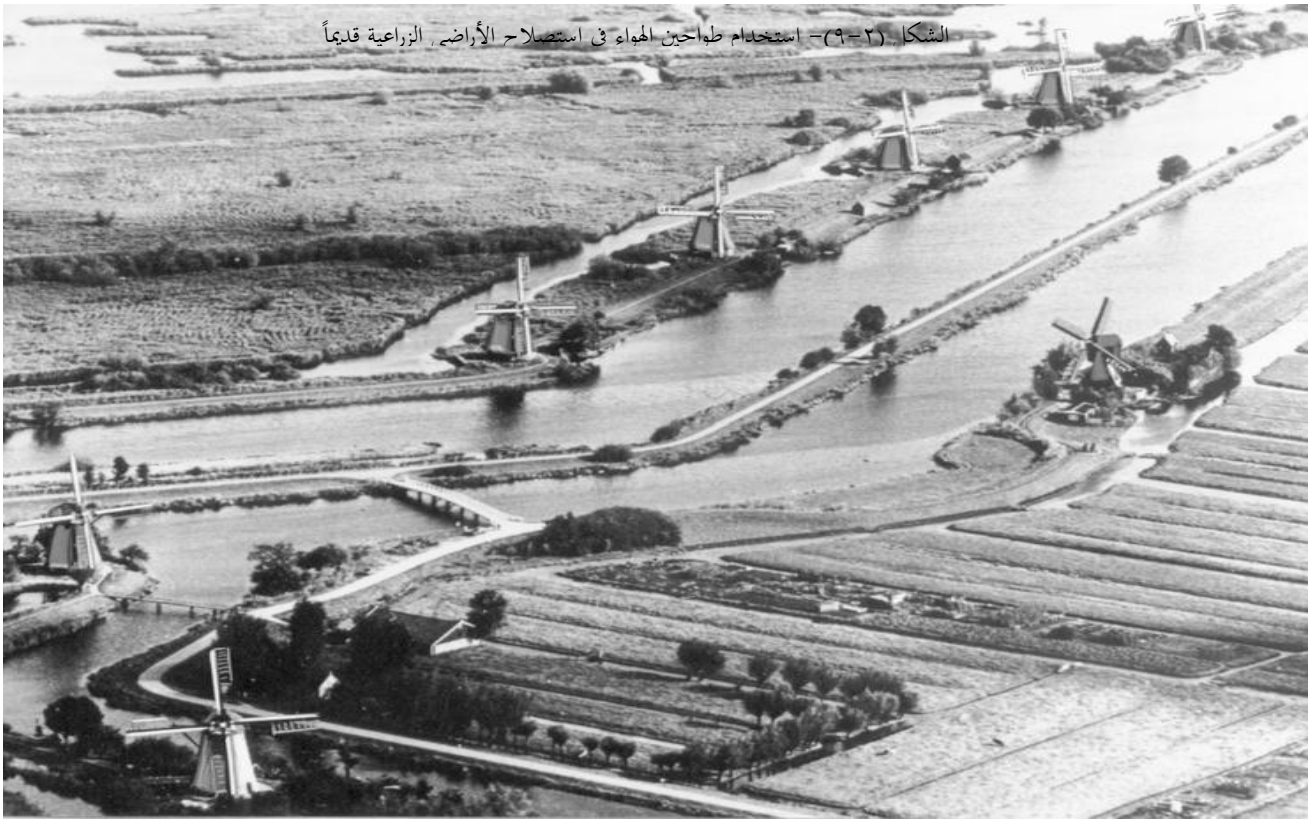


الشكل (٢-٦)- طاحونة هواء مجوفة

الشكل (٢-٧) -طاحونة هوائية في اليونان

الشكل (٢-٨) -طاحونة هواء هولندية

الشكل (٢-٩)- استخدام طواحين الهواء في استصلاح الأراضي الزراعية قديماً

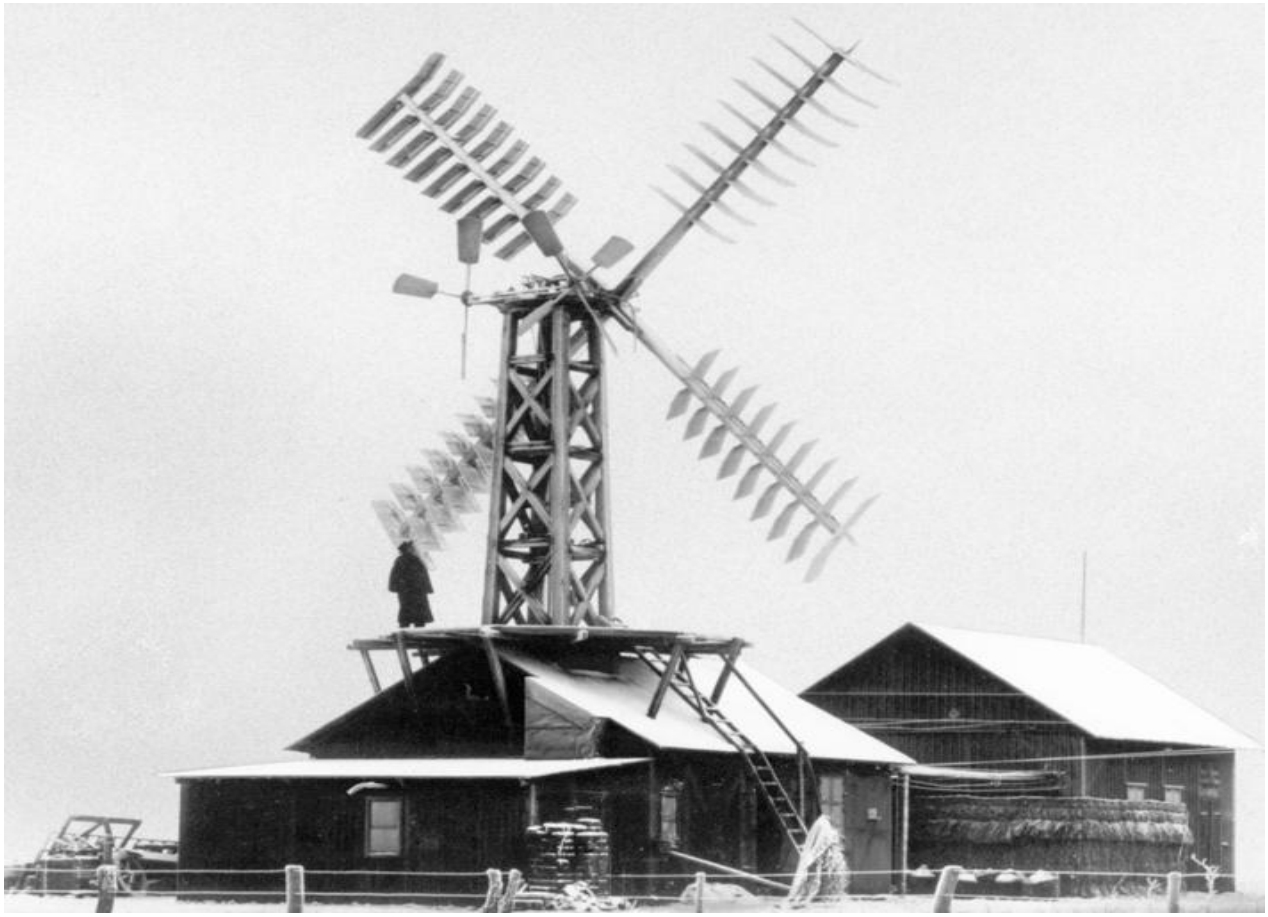


لشكل (٢-٩)- استخدام طواحين الهواء في استصلاح الأراضي الزراعية

استخدام طاقة الرياح في توليد الكهرباء:

لقد بدأ الاستخدام الواسع للكهرباء عندما بنيت أول محطة طاقة في نيويورك عام 1882 باستطاعة 500 KW كما بدأت محطات الطاقة بتقديم الطاقة الكهربائية بتيار ثلاثي الطور منذ أوائل عام 1891 ومع القرن العشرين تطورت محطات الطاقة بشكلٍ كبير وازدادت الاستطاعات المولدة وفي بدايات القرن العشرين كانت أغلب المدن الكبرى في الدول الصناعية مزودة بالكهرباء.

إنّ فكرة توليد الطاقة الكهربائية باستخدام العنفات الريحية تعود إلى بول لاكور (Poul La Cour) والذي تلقى التشجيع من الحكومة الدانماركية للبحث عن طرق لتزويد المناطق الريفية بالكهرباء حيث قام ببناء عنفة ريحية تجريبية لتدوير مولدٍ كهربائي وذلك عام 1891، وقد أخذ بعين الاعتبار مشكلة تخزين الطاقة حيث استخدم التيار المستمر الذي تولده العنفة في عملية التحليل الكهربائي وقام بتخزين الهيدروجين الناتج عنها وكانت مصابيح الهيدروجين الناتج في هذه الطريقة تنير مدرسة أسغوف (Askov) الشكل(٢-١٠).



الشكل (٢-١٠) أول عنفة ريحية من تصميم بول لاكور في أسغوف، الدنمرك قديماً

لم يكتف بول لاكور بهذا وإنما تابع الأبحاث في مجال عنفات الرياح ويعتقد أنه أول من استخدم النفق الهوائي الذي بناه بنفسه وذلك لإجراء بعض التجارب. لقد تم التوسع في استخدام طاقة الرياح في الدنمرك بعد تأسيس

شركة للعنفات الريحية حيث تم تركيب 120 عنفة حتى العام 1918 واستمر هذا الوضع حتى أثناء الحرب العالمية الأولى مع ارتفاع أسعار الوقود ولكن هذا الاهتمام بطاقة الرياح بدأت تنطفئ بعد الحرب العالمية الأولى حيث أصبح الوقود متوفر وبأسعار مقبولة.

بسبب الأسعار المنخفضة للوقود لم تشهد عنفات الرياح الكثير من التطور حتى العام 1973 مع أزمة النفط واستشعار الغرب بأن النفط لا يمكن توفره بشكلٍ مستمر وإلى الأبد.

تقييم طاقة الرياح حاضراً ومستقبلاً:

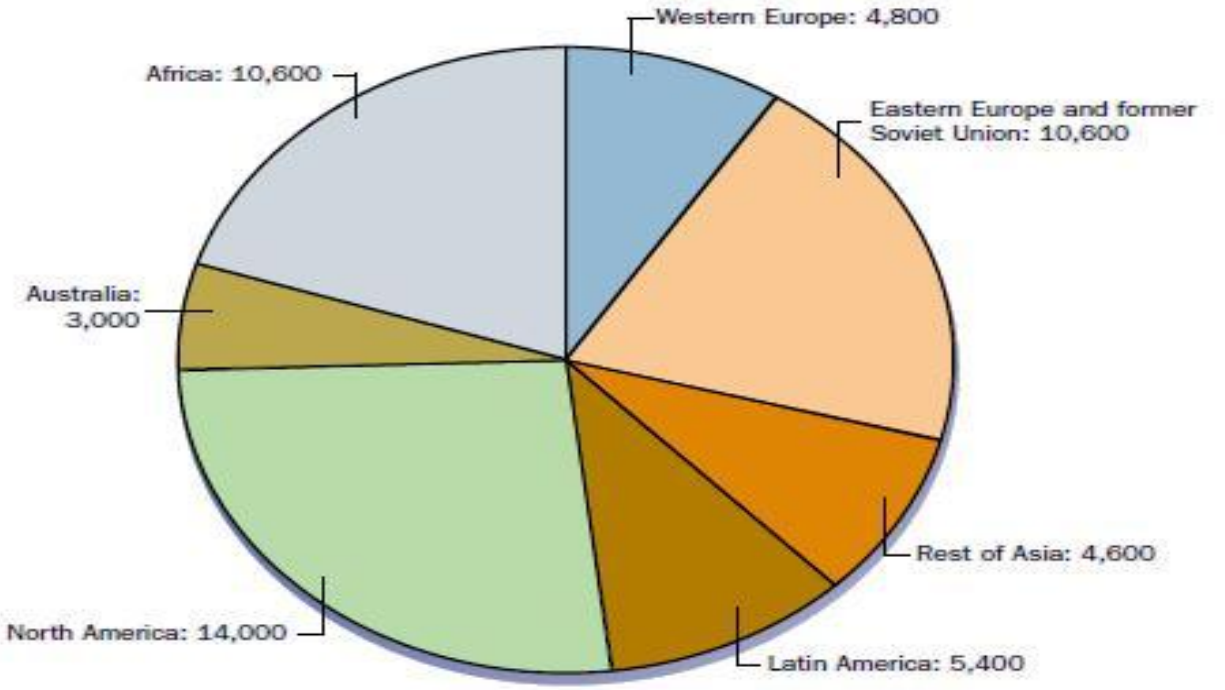
إنّ المنهج المتبع لتحديد مقدار الطاقة المستخرجة من الرياح هي تحديد مساحة الأرض بالكيلومتر مربع والتي تتوفر فيها الرياح بسرعة سنوية متوسطة أكبر من ($\frac{m}{s}$ 5.5 – 5) على ارتفاع $10\ m$ من سطح الأرض، هذه السرعة المتوسطة تعتبر مجدية بحسب عنفات الرياح المتوفرة. من ثم يتم تخفيض القيمة المستنتجة بمقدار 90 % أو أكثر وذلك بحسب العوائق الموجودة على الأرض مثل إشغال المساحة بالبنية التحتية أو وجود كثافة سكانية عالية. بعد هذا تحول الطاقة الناتجة إلى واحدة [$\frac{TW-h}{Year}$]

دلت التجربة في الدول التي شهدت تطوراً في مجال طاقة الرياح إلى أنّ توفر معلومات أكبر لمواقع أكثر يعطي قيم أفضل لمقدار الطاقة المتوقعة، وخير مثال هو استغلال المناطق الداخلية في ألمانيا ذات الرياح الأقل نسبياً. من ناحية أخرى فإن طبوغرافيا بعض المواقع تعطي زيادة في القيمة المتوقعة مثل الممرات الجبلية في كاليفورنيا والفتحات الجبلية كما في فتحة حمص.

تقدر طاقة الرياح المتاحة بـ $\frac{TWh}{Year}$ 53000 في حين تشير التوقعات بأن استهلاك العالم للطاقة الكهربائية سيصل عام 2020 إلى $\frac{TWh}{Year}$25579 أي أنّ الطاقة المتاحة من الرياح تفوق ضعفي الطلب على الطاقة عام 2020 والشكل(٢-١١) يبين مصادر الطاقة في العالم.

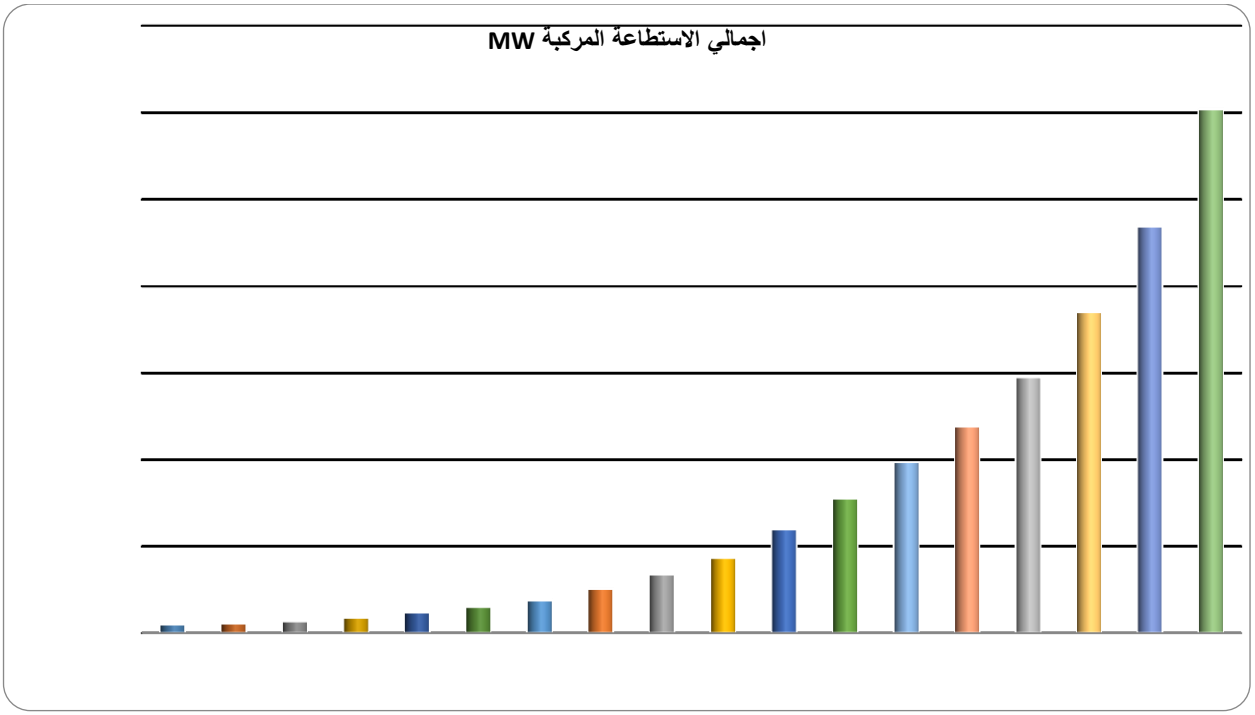
إضافةً إلى ذلك هناك مصدر هائل لطاقة الرياح هي المناطق الشاطئية والتي يمكن استغلالها بشكلٍ كبير فعلى سبيل المثال فإن الطاقة الممكن استخراجها من الشريط الساحلي لأوربا تصل إلى $\frac{TWh}{Year}$ 3028 وهذا الرقم لا يشمل شواطئ النرويج والسويد.

إنّ طاقة الرياح هي أكثر مصادر الطاقة نمواً، حيث شهدت بداية الثمانينات تركيب عدد من عنفات الرياح المرتبطة بالشبكة الكهربائية في عددٍ من الدول إلا أنّ منتصف التسعينات وما بعدها شهدت زيادة ملحوظة في الاستطاعة المركبة ورافقها انخفاضٌ معتبرٌ في أسعارها والمخطط (٢-١) يوضح الاستطاعات المركبة منذ



عام1991.

الشكل (٢-١١) مصادر طاقة الرياح في العالم



المخطط (٢-١) إجمالي الاستطاعة المركبة منذ عام 1991

طاقة الرياح في سوريا:

شهد قطاع الكهرباء في الجمهورية العربية السورية تطوراً هاماً خلال الفترة 1994-2004 وذلك بالتوسع الكبير في إنشاء محطات التوليد ومحطات التحويل وشبكات النقل والتوزيع.

حيث ازدادت استطاعة محطات التوليد بنسبة تزيد عن 130 % كما ازدادت استطاعة محطات التحويل، وأطوال خطوط النقل والتوزيع، وأعداد المشتركين بنسبة تزيد عن 54 % خلال هذه الفترة، مما ساعد على إيصال الطاقة الكهربائية إلى كافة التجمعات السكنية في القطر وارتفع عدد المستفيدين ليصل إلى أكثر من 99 % من السكان.

وتتركز التوجهات العامة حالياً على:

- التوسع في إنشاء محطات التوليد ذات الدورة المركبة.
- زيادة الاعتماد على الغاز الطبيعي كمصدر رئيسي للطاقة.
- استكمال كهربة وإنارة كافة التجمعات السكنية في الريف السوري.
- تطوير أداء المنظومة الكهربائية وزيادة وثوقيتها.
- إنجاز مشاريع الربط الكهربائي مع الدول العربية المجاورة وتركيا.
- إيلاء الاهتمام للأمور المتعلقة بتحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها.
- استخدام مصادر الطاقات الجديدة والمتجددة وخاصة طاقة الرياح والطاقة الشمسية.

يعتمد إنتاج الطاقة الكهربائية على مصادر الطاقة الحرارية الفيول والغاز وعلى المصادر المائية المتاحة على نهر الفرات و قد تنامت بشكل كبير استطاعة محطات التوليد الكهربائية حيث ازدادت الاستطاعة المركبة من **3000 *MW*** في عام 1994 إلى **7079 *MW*** في عام 2004 ويبين الجدول (٢-٣) استطاعات محطات التوليد المركبة في القطر و تاريخ وضعها في الخدمة و نوع الوقود المستخدم .

أسماء المحطات حسب نوع العنفات والجهات	الاستطاعة الاسمية لمجموعات التوليد	الإجمالي ميغاوات	نوع الوقود	سنة دخول الخدمة
١ -العنفـات البخـارية		**٣٧٠١**		
أ -المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة للكهربائية		**٣٥٨٩**		
- محردة	١٦٥×٢+١٥٠×٢	٦٣٠	نفط ثقيل -غاز	١٩٧٩ - ١٩٨٨
- بانياس	١٧٠×٤	٦٨٠	نفط ثقيل	١٩٨٢ - ١٩٨٧
- قطينـة *	٦٤×١+٣٠×٣	١٥٤	نفط ثقيل	١٩٦٩ - ١٩٨١
- تشرين الحرارية	٢٠٠×٢	٤٠٠	نفط ثقيل -غاز	١٩٩٣ - ١٩٩٤
- حلـب	٢١٣×٥	١٠٦٥	نفط ثقيل -غاز	١٩٩٧
- الـزارة	٢٢٠×٣	٦٦٠	نفط ثقيل -غاز	٢٠٠٠
بـ -قطاعات عامة أخرى		**١١٢**		
- مصفاة حمص	٣٢×٢	٦٤	نفط ثقيل -غاز	١٩٨٤
- مصفاة بانياس	١٢×٤	٤٨	نفط ثقيل	١٩٨٨
٢ – العنفات الغازيـة		**١٢٥٠**		
٢-١-غازي -مازوت		**٩٠**		
أ -المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة للكهربائية		**٩٠**		
- محردة	٣٠×١	٣٠	مازوت	١٩٨٨
- بانياس	٣٠×١	٣٠	مازوت	١٩٨٨
- حلب	٣٠×١	٣٠	مازوت	١٩٩٧
٢-٢-غازي -غاز		**١١٦٠**		
أ -المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة للكهربائية		**١٠٤٠**		
- السويدية	٣٠×٥	١٥٠	غاز	١٩٨٨ - ١٩٨٩
- التيـم	٣٠×٣	٩٠	غاز	١٩٩١
- توسيع تشرين	١٠٠×٢	٢٠٠	نفط ثقيل -غاز	١٩٩٥
- الناصريـة	١٠٠×٣	٣٠٠	نفط ثقيل -غاز	١٩٩٥
- زيـزون	١٠٠×٣	٣٠٠	نفط ثقيل -غاز	١٩٩٦
بـ -قطاعات عامة أخرى		**١٢٠**		
- الشركة السورية للنفط	٢٠×٦	١٢٠	غاز	١٩٧٥ - ١٩٨٧
٣ – الدارة المركبـة		**٦٠٠**		
- جنـدر	١٠٠×٦	٦٠٠	غاز	١٩٨٤ - ١٩٩٥
٤ – العنفـات الكهرومائية		**١٥٢٨**		

أ –المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة للكهربائية		**٢٣**		
– سوق وادي بردى، شيزر، الرستن	٢×٧×١+٨	٢٣		١٩٥٦ – ١٩٧٢
ب –المؤسسة العامة لسد الفرات		**١٥٠٥**		
– الثورة	٨×١٠٠	٨٠٠		١٩٧٤ – ١٩٧٨
– البعث	٣×٢٥	٧٥		١٩٨٧ – ١٩٨٨
– سد تشرين	٦×١٠٥	٦٣٠		١٩٩٩ – ٢٠٠٢
الاستطاعة الإجمالية المركبة		**٧٠٧٩**		

الجدول (٢-٣) استطاعات محطات التوليد المركبة في القطر وتاريخ وضعها في الخدمة ونوع الوقود المستخدم [11]

– يعود استثمار طاقة الرياح في سورية إلى بداية عقد الخمسينات من القرن الماضي، حيث نقل بعض المغتربين السوريين العائدين من أمريكا الجنوبية تقانة المراوح الريحية الميكانيكية متعددة الشفرات لضخ المياه، وتم تصنيع ما يقارب الـ /4000/ مروحة في ورش صغيرة، وجرى تركيبها في منطقتي حمص والقلمون، وعملت هذه المراوح بنجاح لسنوات عديدة قبل أن يتوقف معظمها عن العمل بسبب ندرة المياه الجوفية.

– في عام 1979 أنشأت وزارة الكهرباء محطة ريحية / شمسية في عدرا بقدرة $2\ KW$ منها $1\ KW$ عنفة ريحية موصلة مع مولد 220/280 فولت و محول مخفض إلى /24/ فولت لتغذية البطاريات، و قد تم نقل هذا المشروع إلى كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية بجامعة دمشق لتدريب الطلبة.

– في عام 1984 أصدرت مديرية البحوث في وزارة الكهرباء تقويم أولي لطاقة الرياح في سوريا وبالتعاون مع البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة (UNDP).

– في عام 1994 تم إصدار أطلس الرياح باللغتين العربية والإنكليزية، وذلك بالاستفادة من خبرة مخبر "ريزو" (Riso) الدانماركي ضمن منحة البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة بالتعاون مع الأرصاد الجوية والجهات المعنية في القطر.

– في عام 1994 تم تركيب مجموعة توليد كهربائية ريحية باستطاعة $150\ KW$ في مدينة البعث (محافظة القنيطرة) و ربطها بالشبكة العامة و ذلك بالاعتماد على معطيات الأطلس.

– تم إعداد دراسة الجدوى الاقتصادية الفنية لإنشاء مزرعة ريحية في محافظة حمص (موقع السنديانة) تتألف من عشرة وحدات ريحية باستطاعة $500\ KW$ لكل منها أي استطاعة إجمالية $5\ MW$ بالاشتراك مع مخابر"ريزو" بالدانمرك و بالتعاون مع المديرية العامة للأرصاد الجوية.

– بتمويل من البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة وبالتعاون مع قسم الشؤون الاقتصادية والاجتماعية للأمم المتحدة تم إعداد دراسة المخطط العام لتنمية وتطوير استخدامات الطاقات المتجددة في سوريا ولغاية عام 2015، وستلحظ هذه الدراسة الآفاق المتاحة لاستخدام مصادر الطاقات المتجددة ومنها طاقة الرياح والخطط الواجب تنفيذها لضمان مساهمة ملموسة لهذه الطاقات في ميزان الطاقة الوطني.

– ضمن منحة المجموعة الأوربية المخصصة لقطاع الكهرباء، تم لحظ مبلغ /450/ ألف يورو لتركيب /20/ محطة قياس متطورة في مواقع مختلفة في القطر لتحديد أفضل المواقع الملائمة فنياً واقتصادياً لإنشاء مزارع ريحية في القطر.

تشارك وزارة الكهرباء في الآلية الإقليمية لتنمية استخدام الطاقة المتجددة المحدثة في قسم الطاقة بالإسكوا (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا) والتي تهدف إلى تنمية وتطوير التعاون بين دول الإسكوا.

– تم إعداد دفاتر الشروط الفنية لكهربة قرية الكوم في بادية حمص وقرية الفاسدة في بادية حماه باستخدام طاقة الرياح وقد أدرجت هذه المشاريع ضمن خطط المؤسسة العامة للتوزيع.

– في عام 1990 تم تأسيس شركة خاصة باسم شركة النظم الطليعية تقوم بتصنيع عنفات ريحية لأغراض توليد الطاقة وضخ المياه باستطاعة تتراوح ما بين $150\ W$ إلى $50\ KW$ ، وقد بلغ مجموع الاستطاعات المركبة من قبل هذه الشركة حتى تاريخه $750\ KW$ (لصالح وزارة الري و وزارة الزراعة) ، كما قام مركز الدراسات و البحوث العلمية بتصميم و تنفيذ مروحتين ريحيتين ، الأولى صغيرة باستطاعة $100\ W$ لشحن مدخرة، و الثانية ميكانيكية متعددة الشفرات لضخ المياه من عمق 100 m و هي باستطاعة $5\ KW$.

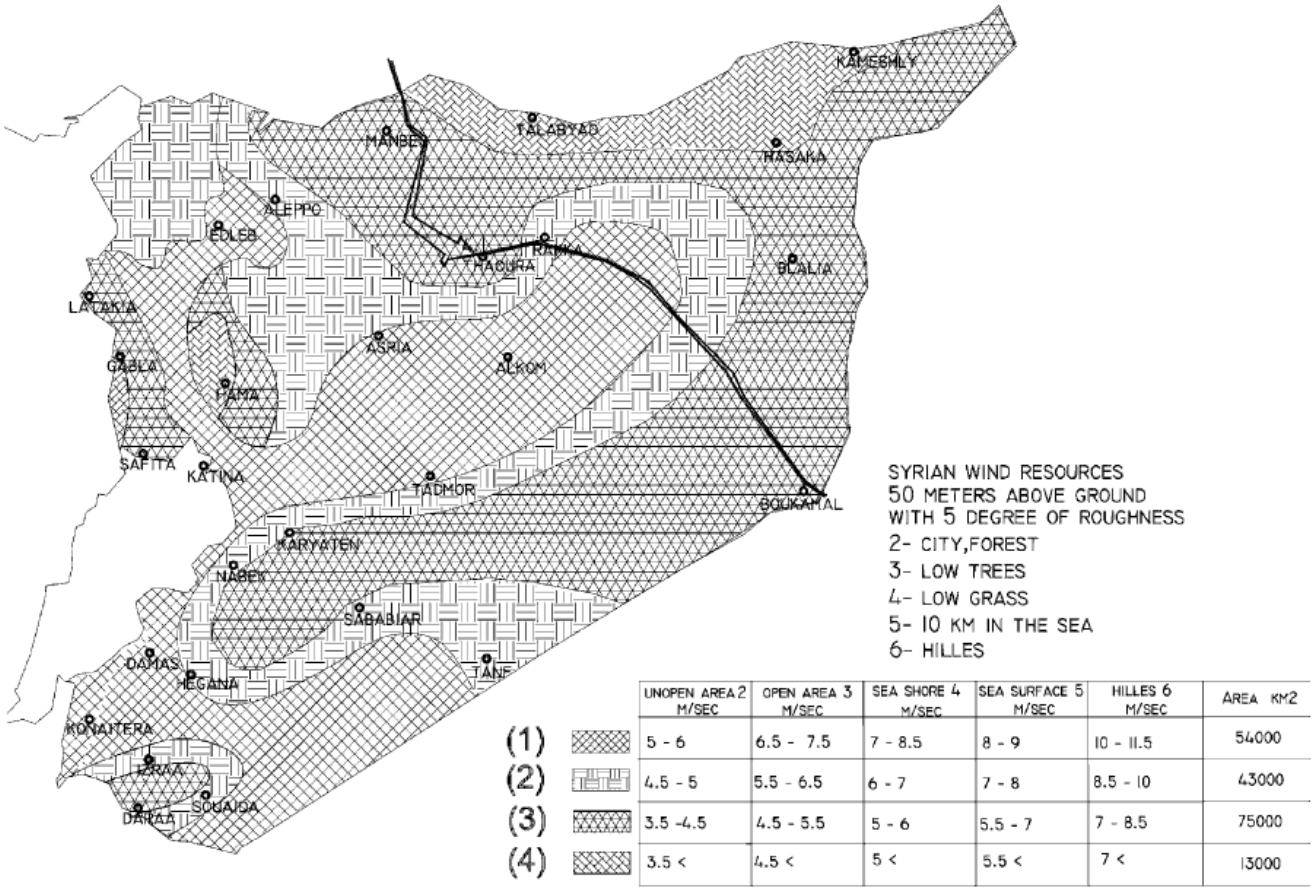
تعتبر طاقة الرياح إحدى الطاقات المتجددة الواعدة في سورية، حيث يمكن الاستفادة منها في توليد الطاقة الكهربائية وضخ المياه. ويمكن تقسيم مناطق سوريـة لأربع مجموعات تبعاً لسرعة الرياح السائدة الشكل (٢–١٢) ففي المجموعة الأولى تكون سرعة الرياح نشطة جداً، حيث نسبة سرعة الرياح الواقعة بين $(6 - 13\ \frac{m}{s})$ تساوي 53.9%، وخلال فترة سبعة شهور بينما المجموعة الثانية تكون سرعة الرياح نشطة ونسبة سرعة الرياح الواقعة بين $(6 - 13\ \frac{m}{s})$ تساوي % 34,9 وخلال فترة أربعة شهور .أما في المجموعتين الأخيرتين تعتبر سرعة الرياح متوسطة أو خفيفة.

وحيث أن الاستخدام المباشر لمعطيات الرياح المقاسة في موقع جهاز قياس الرياح لا يعطي تقديراً للطاقة التي يمكن استخلاصها من هذه الرياح إلا في الموقع ، وعلى بعد مئات الأمتار منه فقط ، وذلك بسبب التغيرات في خشونة الأرض وتأثير التضاريس والعوائق القريبة من سطح الأرض.

ومن أجل تحديد المواقع الواعدة في طاقة الرياح وتحديد الاستطاعات المفيدة من العنفات الريحية ، فقد تم التوجيه بإعداد أطلس طاقة الرياح في القطر العربي السوري وتم تشكيل فريق فني متخصص لهذه الغاية ، قام بالاطلاع على الدراسات والتجارب العالمية المتعلقة بهذا الموضوع وأهمها أطلس الرياح الدانماركي وأطلس الرياح الأوربي ، وبالاستعانة بتجهيزات مؤسسة ريزو الدانماركية ،تم إعداد أطلس طاقة الرياح في الجمهورية العربية السورية.

ووفقاً لأطلس طاقة الرياح الذي تم الانتهاء من إعداده عام 1998 تم تقييم الطاقة المحلية المتوفرة في سوريا وبالاستعانة ببرنامج حاسوب أعد لهذا الغرض، وقد وُجد أنّ مصادر الرياح في سوريا يمكنها أن تولد على الأقل ضعفي الاستهلاك المحلي للكهرباء.

	Area	Name Site	Location	Annual Wind Speed



	UNOPEN AREA 2 M/SEC	OPEN AREA 3 M/SEC	SEA SHORE 4 M/SEC	SEA SURFACE 5 M/SEC	HILLES 6 M/SEC	AREA KM2
(1)	5 - 6	6.5 - 7.5	7 - 8.5	8 - 9	10 - 11.5	54000
(2)	4.5 - 5	5.5 - 6.5	6 - 7	7 - 8	8.5 - 10	43000
(3)	3.5 -4.5	4.5 - 5.5	5 - 6	5.5 - 7	7 - 8.5	75000
(4)	3.5 <	4.5 <	5 <	5.5 <	7 <	13000

الشكل (٢-١٢)- خارطة طاقة الرياح فى سوريا [١٠]

لقد تم وضع عدد من أجهزة قياس سرعة الرياح في عدة مناطق واعدة في القطر وقد كانت النتائج التي تم الحصول عليها كما هي مبينة في الجدول والنتائج تم جمعها على مدى سنتين وكما تمت الإشارة سابقاً إلى أنّ كل موقع يزيد فيه متوسط سرعة الرياح السنوي عن $(5 - 5.5\ \frac{m}{s})$ وعلى ارتفاع $10\ m$ هو موقع يمكن استغلال طاقة الرياح فيه حسب التقنيات المتوفرة حالياً.

الجدول(٢-٤) التالي يوضح المناطق الواعدة لاستغلال طاقة الرياح في سوريا.

					Average [m/s]	max [m/s]
1_2	HOMS	SINDIANAH1-2	N 3844,438	E 265673	8	23.3
3	QUNEITRA	NABE ALFOAR	14.04 °33 E	35° 56.68 N	6.2	23.87
4	DARAA	GHABAGHEB	12.30 °33 E	36° 15.801 N	6.6	23.7
5	HOMS	JANDAR	28.397 °34 E	36° 46,286 N	7.7	23.29
6		HASIA	’20.106 °34 E	36° 47.956’ N	6.1	24.67
7	HOMS	QUTINA	N 3,839,060	E 281,407	7.8	24.03
8		ETHRIA	N35° 22,163	E 37° 49.575'	6.2	24.57
9	DAMSCUS Suberb	ALHIJANA	N 33° 22.637'	E 36° 41.939'	6.7	25.14
10	DARAA	ALHARA	N 33° 03.609'	E 35° 59.371'	7.6	22
11	EDLIB	EDLIB	N 35° 58.889'	E 36° 38,981'	6.28	21.48
12	HOMS	TIAS	N 34° 33.879'	E 38° 14.286'	5.08	22.78
13		PALMYRA	N 35° 48.63'	E 38° 30.44'	6.18	22.63
14	RAQAA	THAWRA	N 35° 48.63'	E 38° 30.44'	6.3	19.91
15	HOMS	ALSUKHNA	N 34° 52,175'	E 38° 49.86'	7.18	24.22

الجدول (٢-٤)- المناطق الواعدة لاستغلال طاقة الرياح في سوريا

أنواع العنفات الريحية ذات المحاور الشاقولية:

تقسم بشكل عام إلى عنفات Darreius والتي تعتمد على قوى الرفع و Savonius التي تعتمد على قوى الجر، و توجد أنواع حديثة تعتبر بالغالب مزيج بين النوعين السابقين للاستفادة من ميزة Savonius بالقدرة على الإقلاع الذاتي و ميزة Darreius ذات المردود المرتفع نسبياً. وسنشرح مزايا هذه الأنواع بشكل مبسط.

عنفاتDarreius:

ويمكن أن تشمل العنفات التالية:

العنفات ذات الشفرات المنحنية (Eggbeater):

وهي أول العنفات الشاقولية اقترحها المهندس الفرنسي George Darreius عام 1927 وهي موضحة بالشكل (٤-١) وهي غير قادرة على الإقلاع الذاتي ولا تحتاج إلى نظام تحكم بالشفرات ولكنها تعاني من اهتزازات عنيفة تؤدي إلى انهيار الشفرة لاحقاً وضجيجها عالي.

الشكل (٤-١) عنفة Darreius ذات قطر 34 m في الولايات المتحدة الأمريكية

لعنفة ذات الشفرات المستقيمة الثابتة (H-Rotor):

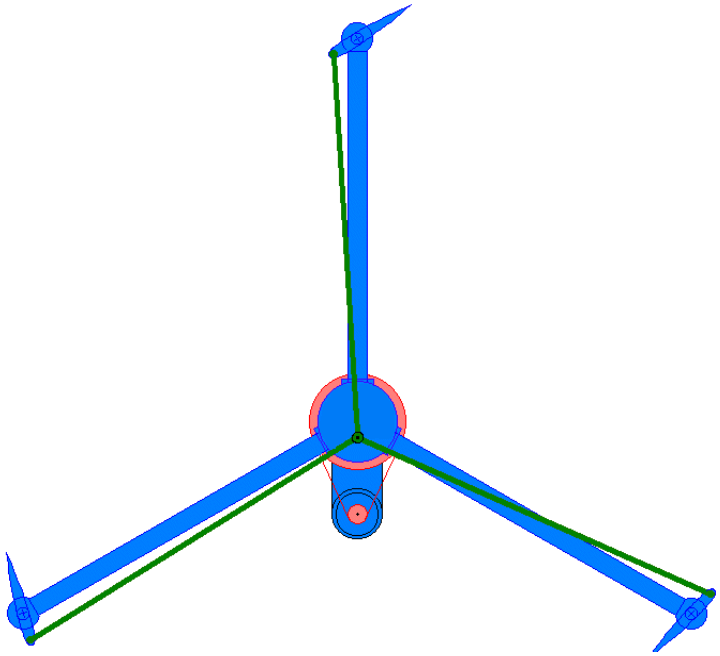
وهي من أبسط أنواع العنفات الشاقولية وتمتاز بسهولة التصنيع وانتشرت ضمن الاستطاعات الصغيرة والتطبيقات المعزولة عن الشبكة حيث لا يوجد أي آلية للتحكم بالشفرات وبالاستطاعة المستخلصة وقد تكون بشفرتين أو أكثر والشكل (٤-٢) يوضح نموذج لهذه العنفة إحداها ذات شفرتين والأخرى ذات أربع شفرات.

الشكل (٤-٢) عنفة H-Rotor ذات الشفرات المستقيمة الثابتة

العنفة ذات الشفرات المستقيمة المتحركة حول محور الشفرة:

وتعتبر من ضمن (H-Rotor) ولكنها تتميز بأنّ الشفرات تتصل أيضاً مع محور لا متمركز (عبر أذرع) يعطي زاوية دوران للشفرة حول محورها حسب زاوية الدوران للعنفة، وبهذه العملية نكون قد ضمنا حصول زاوية الهجوم

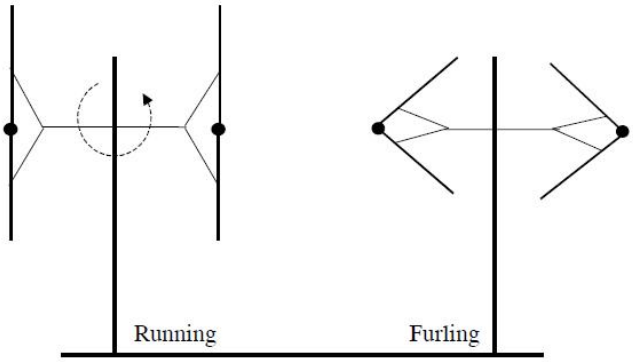
المثلى لكل شفرة عند كل زاوية دوران وبالتالي زيادة المردود، وهنالك آليات مختلفة للتحكم بزاوية دوران الشفرة (Pitch Angle)، وهي تساهم بالإقلاع الذاتي للعنفة ومعظم الأبحاث حالياً على تطوير هذه التقنية.
والشكل (٤-٣) يوضح هذه العنفة.



الشكل (٤-٣) عنفةH-Rotorذات الشفرات المتحركة

العنفة ذات الشكل المتغير (Musgrove):

وقد أجرت جامعة Reading في بريطانيا أبحاث كثيرة عليها خلال الفترة (1970-1980) بإشراف مخترعها Musgrove[2]، وهي تشبه H-Rotor من حيث الشكل، حيث تم تعديل التصميم هنا (لأنّه عند سرعات رياح عالية تصبح العنفة غير مستقرة) حيث تميل الشفرات حول محور مماس لها عند المقطع الوسطي حيث تنخفض الطاقة المستخلصة لانخفاض مساحة الدوّار والشكل (٤-٤) يوضح هذه العنفة.
ولكن من أهم عيوبها وهو الذي حدّ من انتشارها : إنّه أثناء العمل وميلان الشفرة حول المحور المماس تنشأ قوى رفع شاقولية تؤثر على الذراع الواصلة بحمولات تعب تؤدي إلى انحناء الذراع القطرية ممّا يؤدي إلى انهيار الشفرة أو الذراع بعد فترة أشهر من العمل وهذا ما حدث في التجربة البريطانية أعلاه، وقد تمّ بناء العديد من النماذج باستطاعات من40 kW حتى 100 kW في سبعينات وثمانينات القرن الماضي في بريطانيا والشكل (٤-٥) يبين عنفة من هذا النوع باستطاعة 130 kW في جنوب ويلز (1986) وهي أكبر استطاعة تمّ الحصول عليها من هذا النوع حتى الآن ، والشكل (٤-٦) يوضح عنفة أخرى في وضعية الكبح .



الشكل (٤-٤) عنفة Musgroveأثناء العمل الطبيعي والعمل عند سرعات عالية

الشكل (٤-٦) عنفة Musgrove العمل عند سرعات عالية

عنفاتSavonius:

وتشمل:

عنفة (Savonius):

تعتمد على قوى الجر وتعمل عند السرعات المنخفضة بضجيج منخفض، وهي ذاتية الإقلاع ولكن مردودها منخفض وتستخدم في ضخ المياه، وتعتبر من العنفات القديمة ولا تستخدم حالياً إلا كعنفة مساعدة على إقلاع عنفة أخرى لها نفس المحور، والشكل (٤-٧) يوضح هذه العنفة.

الشكل (٤-٧) – عنفةSavonius

العنفات الحديثة:

ويمكن أن نذكر هنا العنفات التالية:

عنفة (Ropatec VAWT):

وتم تطويرها في إيطاليا وتعتبر مزيج بين H-Rotor و Savonius و هي موضحة بالشكل (٤-٨) حيث الأطراف الجانبية عبارة عن شفرات عادية كالمستخدمة في H-Rotor أمّا الجزء الذي في الوسط فيعمل كموزع و يوجه الرياح إلى الشفرات الجانبية و يقوم أيضاً بتدوير العنفة عند السرعات المنخفضة.

وتتميز بما يلي:

١. سرعة إقلاع منخفضة 2 m/s.
٢. تستطيع ملائمة عملها عند السرعات العالية حتى56 m/s.
٣. ضجيج منخفض حتى عند السرعات العالية.
٤. ذات وثوقية عالية وعمر طويل

.

الشكل (٤-٨) – عنفةRopatec

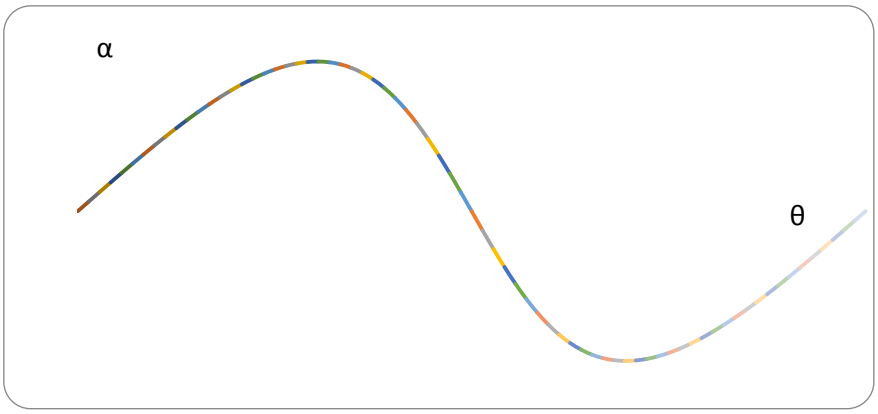
العنفة ذات الشفرات الحلزونية (Turby VAWT):

وتستعمل في المناطق السكنية حيث تمتاز بأنّ مستويات الضجيج والاهتزاز منخفضة مقارنة مع غيرها حيث إنّ الشكل الحلزوني للشفرات يؤدي إلى تخفيف حدوث الاهتزازات بشكل كبير والشكل (٤-٩) يوضح هذه العنفة.كون أنّ VAWT التقليدية تعاني من تغير بالعزم الناتج عن الشفرات وبالتالي يؤدي إلى الاهتزاز وذلك كون زاوية الهجوم تتغير دورياً مع زاوية الدوران كما في الشكل (٤-١٠)، أمّا الشكل (٤-١١) فيبين تغير العزم مع زاوية الدوران لعنفة VAWT (المصدر برنامج تحليل أداء VAWT).

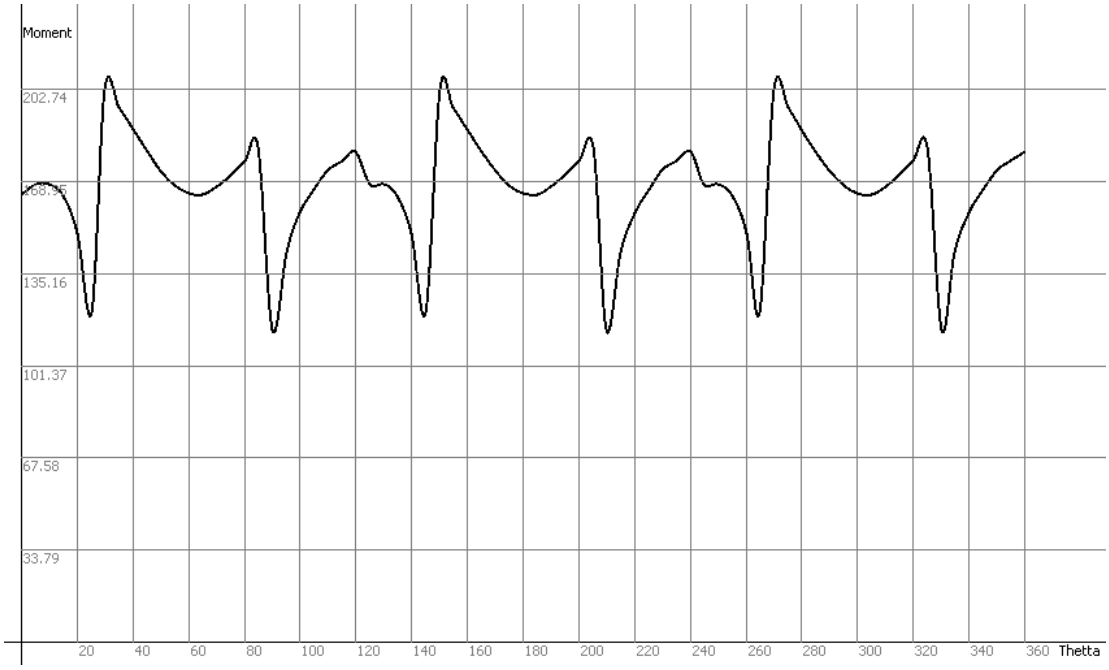
وميزة Turby أنّه نتيجة فتل الشفرات فزوايا الهجوم في لحظة معينة تكون موزعة على مجال واسع من القيم للشفرة الواحدة وعند دوران الشفرة فالتغير في قيم زوايا الهجوم يكون صغيراً وبالتالي التغير في قيم العزوم صغير أيضاً وبالتالي ينتج منحني عزم مع زاوية الدوران أكثر نعومة، ممّا يؤدي إلى تخفيف الاهتزازات.

الشكل (٤-٩) – عنفةTurby

ناهيك عن أنّها تعمل عند نسبة سرعة طرفية منخفضة نسبياً وبالتالي فإنّ حدوث الانهيار في الجريان يكون ضعيفاً وهذا ما يفسر انخفاض مستوى الضجيج. ونتيجة التجارب لدى شركة Turby فإنّ المردود الكلي من الرياح إلى الاستخدام الكهربائي حوالي 30 % وهو مردود مرتفع نسبياً مقارنة مع الأنواع الأخرى من VAWT كذلك الأمر بالنسبة لمنظرها الجميل.



الشكل (٤-١٠) – تغير زاوية الهجوم مع زاوية الدوران لـ H-Rotor



الشكل (٤-١١) – تغير العزم المفيد الناتج مع زاوية الدوران لـ H-Rotor

العنفة اللولبية (الحلزونية) (Helical VAWT):

تم تطويرها في فنلندا حيث تعتمد على مبادئ الهندسة الشراعية، حيث تُصنع عبر تشكيل حلزونيين على شكل شفرات وتستخدم بكثرة في التطبيقات البحرية حيث تستعمل لسرعات رياح حتى 60 m/s وتستخدم في المناطق الباردة والحارة الإعصارية لشحن البطاريات وأحياناً فوق أسطح المباني وهي آمنة وصديقة للحياة البرية وذات مظهر جميل. والشكل (٤-١٢) يوضح هذه العنفة. وهناك بعض الشركات أنتجت هذه العنفة مع أنظمة خلايا كهروضوئية حيث تتمتع بمنظر جميل ومردود عالي إضافة إلى أنها لا تحتاج إلى أقطار كبيرة كما في الشكل (٤-١٣).

الشكل (٤-١٢) – العنفة الحلزونية

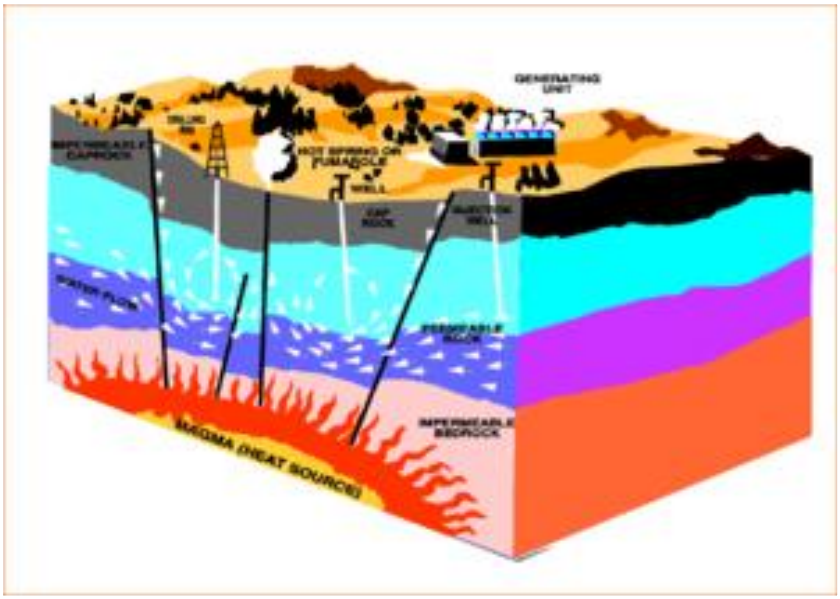
الشكل (٤-١٣) – العنفة الحلزونية مع الخلايا الشمسية

الفصل الرابع
الطاقة الجيوحرارية

مقدمة:

معنى كلمة "Geothermal":

"Geothermal" مشتقة من الكلمتين اليونانيتين Geo وتعني الأرض وthermal تعني الحرارة، وبالتالي معناها حرارة الأرض أو الحرارة الباطنية.



طاقة الحرارة الباطنية:

إن باطن الأرض -كما الشمس -هو مصدر طبيعي للطاقة الحرارية، هذه الطاقة -طاقة حرارة باطن الأرض -تزودنا بالحرارة والطاقة النظيفة التي يمكن استخدامها بدون تلويث البيئة. حرارة باطن الأرض تنشأ عن الاندماجات الملتهبة للغازات والأبخرة منذ أكثر من 4 مليارات سنة مضت. عند مركز الأرض -على عمق ٤٠٠ ميل من السطح-تصل درجة الحرارة إلى ما يقارب الـ ٩٠٠٠ درجة فهرنهايت.

وصول الحرارة الباطنية إلى سطح الأرض:

إن حرارة باطن الأرض تتدفق باستمرار إلى الخارج، وتنتقل إلى طبقة الصخور المحيطة (الغلاف المحيط)، عندما تصبح درجة الحرارة والضغط كافيين، تذوب بعض الصخور المحيطة، وتتحول إلى "الماغما"، ومن ثم بسبب أنها أخف (أقل كثافة) من الصخور المحيطة، ترتفع الماغما وتتحرك ببطء باتجاه القشرة الأرضية، محملة بالحرارة من الأسفل.

في بعض الأحيان الماغما الساخنة تسلك جميع الطرق المؤدية إلى السطح حيث تصبح ما يعرف بالحمم البركانية، لكن في معظم الأحيان تبقى الماغما تحت القشرة الأرضية تسخن الصخور المحيطة والمياه (مياه الأمطار المتسربة إلى الأرض) إلى درجة حرارة قد تبلغ بعض الأحيان الـ ٧٠٠ درجة فهرنهايت، بعض هذه المياه المسخنة باطنيا تعاود انتقالها مرة أخرى إلى الأعلى عبر الصدوع والشقوق وتبلغ سطح الأرض على هيئة ينابيع ساخنة لكن معظمها يبقى عميقا تحت سطح الأرض محتجز في الشقوق والصخور المسامية، هذه الكمية المجمعة من الماء الساخن تدعى بالمخزون الباطني.

استخدام البشر للحرارة الباطنية في السابق:

منذ البدء كان البشر يستخدمون المياه الباطنية التي كانت تنساب بحرية فوق سطح الأرض على شكل ينابيع حارة. الاستخدام الأقدم والأكثر شيوعا كان بالطبع منتجعات الاستجمام بالياه الساخنة، لكن في

نهاية المطاف هذه "المياه العجيبة" كانت تستخدم (وما تزال) بصور أخرى. فمثلا تم استخدامها من قبل الرومان في معالجة أمراض العين والجلد، وبعد ذلك تم استخدامها في شتى أصقاع الأرض للطهي والعلاج، ومنذ عام 1960 تم إيصال التدفئة عبر المياه الباطنية إلى مليوني منزل في فرنسا.

توليد الكهرباء باستخدام الحرارة الباطنية:

معظم محطات الطاقة سواء أكانت تعتمد على الوقود من الفحم، الغاز، الطاقة النووية وحتى الطاقة الباطنية كلها تمتلك خاصية مميزة فريدة ألا وهي تحويل الحرارة إلى كهرباء، وفيما يتعلق بالطاقة الباطنية فإن التعبير "تحويل الطاقة" يشير إلى التقنية المستخدمة في معمل الطاقة من أجل تحويل الحرارة الباطنية إلى طاقة كهربائية. محطات الطاقة الباطنية تملك خواص متشابهة فيما بينها أكثر من تلك التي تملكه محطات توليد الطاقة التقليدية. فهي تمتلك العديد من المكونات نفسها ومن ضمنها العنفات، المولدات، المبادل الحراري، وغيرها من معدات توليد الطاقة القياسية. وعلى أي حال، هناك العديد من الاختلافات بين تقنيات التوليد في معامل الطاقة الباطنية ومحطات التوليد التقليدية.

كل موقع للحرارة الباطنية يملك مجموعة صفات فريدة من حيث الخواص وشروط التشغيل. على سبيل المثال، المائع المستجر من البئر قد يكون بخار، سائل شديد الملوحة، أو مزيج من الاثنين معا. كما أن حرارة وضغط المنبع يمكن أن يتغير بشكل كامل من موقع لآخر، التركيبة الكيميائية للمنبع يمكن أن تحتوي أملاح منحلة، غازات ومواد أخرى يصعب التعامل معها، معامل الطاقة الباطنية مصممة لتحسين إنتاجية الطاقة عبر الأخذ بعين الاعتبار جميع هذه العوامل.

إذا تمت مقارنة محطة الطاقة الباطنية مع محطات الطاقة التي تستخدم الوقود الاحفوري أو محطات الطاقة النووية التي تعمل بدرجات حرارة تبلغ حوالي 550°C نجد أنه من الصعب تحقيق المردود الأفضل خصوصا وأن معامل الطاقة الباطنية تعمل عند معدل درجات حرارة منخفضة نسبياً، غالباً بين 250°C – 50 ، عند هذه الاختلافات المنخفضة نسبياً في درجة الحرارة فإن مردود تحويل الطاقة من حرارية إلى كهربائية يعد نوعاً ما منخفض وحتى الأرباح المنخفضة في مردود التحويل يمكن أن يكون لها تأثير كبير على الجدوى الاقتصادية لنظام الطاقة الباطنية، ولهذا يعكف المهندسون على إيجاد التعديلات اللازمة على تقنية تحويل الطاقة، بالذات مطابقة تصاميم المحطة مع شروط الموقع.

في محطات طاقة الحرارة الباطنية يلعب البخار، الحرارة أو الماء الساخن من المخزون الباطني دور القوة التي تدور عنفات المولدات وبالتالي تنتج الكهرباء. المياه الباطنية المستعملة تعاد بعد ذلك إلى الأسفل عبر **آبار حقن** إلى المستودعات الباطنية لتتم إعادة تسخينها للمحافظة على الضغط وإمداد المخزون.

محاسن ومساوئ استخدام الطاقة الباطنية:

المحاسن:

١ – نظيفة: معامل الطاقة الباطنية وكمعامل الطاقة الريحية والشمسية، لا تحتاج لحرق الوقود لتوليد البخار اللازم لتدوير العنفات، توليد الكهرباء بواسطة الطاقة الباطنية يساعد في توفير مصادر الطاقة غير المتجددة " الوقود الاحفوري " وبتقليل استخدام هذه المصادر، نقلل الانبعاثات التي تدمر الغلاف الجوي، لا نلاحظ وجود أي سحب دخانية تحيط بمصنع الطاقة الباطنية، في الواقع بعض المعامل تبنى ضمن المزارع والغابات.

٢ – قلة المساحة المطلوبة: المساحة التي تتطلبها معامل الطاقة الباطنية نسبة إلى الطاقة المنتجة بالميغاواط الواحد يمكن القول بأنها أصغر مساحة يتطلبها أي نوع آخر من المحطات، وإنشاءات هذا المعمل لا تتطلب وجود سد على نهر أو قطع لغابات ولا تحتوي على مجاري أو أنفاق أو حفر مفتوحة أو أكوام نفايات أو انسكاب الزيت.
٣ – الموثوقية: محطات الطاقة الباطنية تصمم للعمل 24 ساعة في اليوم، طوال العام وهي تتواجد تماماً فوق مصدر وقودها، وهي مقاومة لتوقفات توليد الطاقة التي قد تتسبب بها حالة الطقس، الكوارث الطبيعية، أو النزاعات السياسية التي قد تتسبب بتوقف نقل الوقود.
٤ – مرنة: محطات الطاقة الباطنية يمكنها أن تمتلك تصاميم متعددة، مع إمكانية إدخال وحدات إضافية عند الحاجة في حال زيادة الطلب على الكهرباء.
٥ – اقتصادية: عدم الحاجة لاستيراد الوقود، حيث أن الوقود الباطني – كما في حالة الشمس والريح-تتواجد دائماً حيث يتواجد المعمل، وبالتالي عدم التأثر بأسعار النفط.

المساوئ:

من وجهة نظر هندسية، يعد المائع الباطني " سائل أو بخار" مادة آكلة " حاتة " وأسوأ من ذلك هي أنها عند درجة حرارة منخفضة (مقارنة مع البخار الحار من المسخنات) ووفقاً لقوانين الترموديناميك سوف يحد من مردود المحركات الحرارية في استخراج الطاقة المفيدة كما في حالة توليد الكهرباء. معظم الطاقة الحرارية ستضيع، ما لم يتوفر استخدام محلي للطاقة ذات الحرارة المنخفضة، كالاستخدام في البيوت الزجاجية، التدفئة، الطواحين الخشبية الخ...

هناك بعض المخاوف البيئية من ناحية أن عملية الإنشاء يمكن أن تؤثر في استقرار الأرض ضمن المناطق المحيطة، بسبب حقن الماء إلى الصخور الجافة والحارة حيث لم تتواجد أي كمية من الماء قبلاً. محطات البخار الجاف والوميض كذلك تبعث كمية قليلة من ثنائي أكسيد الكربون، حمض النتريك والكبريت تقدر مستويات هذه الانبعاثات بـ 5% من مستويات الانبعاثات الناشئة عن محطات طاقة الوقود الاحفوري. وعلى أي حال فإن معامل الطاقة الباطنية يمكن أن تزود بنظام تخلص من الانبعاثات، هذا النظام يقوم بحقن هذه المواد إلى الأرض، مما يقلل انبعاثات الكربون إلى أقل من 0,1 % من مثيلتها في محطات الوقود الشائعة.

الماء الحار الناشئ من المستودعات الباطنية يحتوي على آثار كميات من بعض المواد الخطرة كالزرنيخ، الزئبق، الأنتموان وغيرها، والتي إن ضخت إلى مياه النهر أصبحت المياه غير صالحة للشرب.

كمية الكهرباء الممكن الحصول عليها من الطاقة الباطنية:

منذ أن تم توليد الكهرباء بواسطة الطاقة الباطنية لأول مرة في العالم وذلك في لارديللو – ايطاليا عام 1904 تزايد استخدام الطاقة الباطنية للحصول على الكهرباء حتى وصل إلى 7000 ميغا واط في واحد وعشرين دولة حول العالم، الولايات المتحدة تنتج حوالي 2700 ميغا واط ناشئة عن الطاقة الباطنية وهذا ما يوازي حرق ستين مليون برميل من النفط سنوياً للحصول على نفس هذه الكمية من الكهرباء .

بعض الاستخدامات اللاكهربائية:

المياه الباطنية تستخدم حول العالم ولو لم تصل حرارتها لدرجة كافية من أجل توليد الكهرباء. كما أن الاستخدام المباشر للمياه والحرارة الباطنية يفوق بكثير استخدامهما في توليد الكهرباء.

أهم هذه الاستخدامات المباشرة: الينابيع الحارة ذات الخواص الشفائية. إنماء الأزهار والمحاصيل في الشتاء، تعقيم الحليب، تجفيف البصل والخشب، التدفئة المنزلية وغيرها.

مستقبل الطاقة الباطنية:

عدة آلاف من الميغاواط من الطاقة يتم إنتاجها حالياً من الممكن تطويرها من منابع طاقة مائية حرارية متوافرة حالياً، ومع تحسين التقنيات المستخدمة سيكون هناك كمية أكبر من الطاقة المتاحة، ليس من المياه الحارة الموجودة قرب السطح فقط بل على عمق 3–6 أميال تحت سطح الأرض حيث تلك الصخور الحارة الجافة والتي لا تحوي أي كمية من الماء وإنما كمية حرارة هائلة حيث

يحـاول العلمـاء مـن مختلـف الـدول ضـخ المـاء إلـى تلـك المنـاطق حيـث الصـخور الحـارة جـدا للاسـتفادة مـن تلـك الحـرارة العاليـة فـي تسـخين الميـاه للاسـتفادة منهـا فـي محطـات الطاقـة، وبتطـور تقنيـات الحفـر التـي تسـاعدنا علـى بلـوغ نقـاط أعمـق، عنـد ذلـك الوقـت سـنكون قـادرين حقـاً علـى الحصـول على تلك القدرة الحقيقية الهائلة والمختزنة عميقاً تحت قشرة الأرض.