جامعة حماه
الكلية التطبيقية
قسم التغذية

مقرر للسنة الثالثة

الطاقات المتجددة والبديلة

د.م. صفوان القلفة

العام الدراسي ٢٠١٦ - ٢٠١٧

الطاقات المتجددة

الآفاق الاقتصادية لمصادر الطاقة المتجددة والطاقات البديلة

نظرة عامة في موضوع الطاقة ENERGY OVERVIEW

منذ مائتي عام فقط استطاع الانسان أن يؤمن مصادر طاقته وبشكل محدود من الشمس، حتى ذلك الوقت كان الخشب هو المصدر الرئيسي للتدفئة. في عام ١٨٥٩ تم اكتشاف البترول، صدفة، لأول مرة والذي أدى إلى اختراع العديد من الآلات لتوليد الطاقة المنافسة للفحم، وجعل من الكهرباء أهم أشكال الطاقة، حيث تم بناء أول محطة طاقة كهربائية عام ١٨٨٢ من قبل أديسون في نيويورك. بعد ذلك توسع استخدام الطاقة الكهربائية بحيث كانت قيمة الاستطاعات المركبة في عام ١٩٠٠ على الشكل التالي:

- الولايات المتحدة 3000 MW
- انكلترا 500 MW
- اسبانيا 200 MW
- ألمانيا 1400 MW
- فرنسا 370 MW
- السويد 100 MW

وللمقارنة تبين أنه في عام ١٩٧٢ بلغ مجموع الطاقة المركبة في دول المجموعة الأوروبية (E.E.C) 225000 MW.

اعتمد التطور التكنولوجي في السابق على استعمال مصادر الطاقة غير القابلة للتجديد وبشكل خاص البترول الذي تراكم مخزونه على مدى سبعين مليون عام والذي يتوقع له أن ينفذ في المستقبل المنظور، إذا استمر معدل الاستهلاك الحالي له.

فلأجل معدل استخراج سنوي معتاد ($2,774.10^8$) طن من مخزون العالم من البترول فإن الاحتياط المتبقي في الأرض سيكفي فقط لمدة لا تزيد عن (50 عاماً)، أي في نهاية النصف الأول من القرن الحادي والعشرين.

مما سبق يتبين أن لابد من استخدام مصادر بديلة للطاقة على نطاق واسع في المستقبل ومن رحمة الله بالبشر أنه لديهم مصادر أخرى هائلة الكمية، وتبقى المسألة هي تطوير امكانيات استخدام تلك المصادر لذلك لابد من إلقاء نظرة عامة على هذه المصادر بغض النظر عن توزعها الجغرافي في كوكبنا الأرض.

فكما نعلم إن الطاقة الشمسية هي طاقة متجددة على اعتبار أن الشمس تعتبر مفاعل ضخم ودائم يمتلك كميات هائلة من غاز الهيدروجين اللازمة للاحتراق والتي يمكن أن تغطي سطح الأرض بالطاقة ملايين السنين القادمة. يجري استخلاص الإشعاع الشمسي الوارد على شكل عدد من العمليات المختلفة وتتضمن الإشعاع تحويله بواسطة النباتات الخضراء، كما أن جزءاً من الطاقة المختزنة في سطح الأرض تتحول إلى رياح بسبب عدم تساوي معدل التسخين حول الكرة الأرضية، كما أن جزءاً آخر يقوم بتأمين الطاقة لتبخير المياه من المحيطات والبحار والأنهار والتي تعود إلى الأرض على شكل طاقة مياه جارية يمكن استغلال قسم منها على شكل هيدروكهربائي عند توفر الموقع الملائم لإنشاء السدود، والقسم الآخر المتبقي من الإشعاع الشمسي مهدر في تسخين الأرض والمياه.

تقدر الحرارة الباطنية أو الجوفية Geothermal التي تختزنها الأرض الهيدروحرارية في عمق 10Km بحوالي $1,2.10^{16}$ KWh وهي جزء من مصادر الطاقة المتجددة في العالم، لكن بإعتبار أن معدل سريان الحرارة الجوفية من جوف الأرض إلى سطح الأرض يطلق تقريباً 0,4 KWh سنوياً لكل متر مربع لذلك فإن طاقة الحرارة الجوفية لا تشكل أكثر من (0,004) من طاقة الشمس.

من دراسة جداول ومنحنيات خاصة بالطاقة ومصادرها خلصنا للعناصر إلى النتائج التالية:

1- الطاقة الشمسية التي تتلقاها الأرض سنوياً أكبر بعشر مرات من مجموع الطاقات الأحفورية التقليدية بما فيها الطاقات التي لم تستخرج بعد.

2- إن الفحم هو أنواع الوقود الصلب الأكثر تشكل احتياطاً هاماً جداً.

3- يجب أن لا نبالغ في تقدير امكانات الطاقة النووية الناتجة عن مفاعلات الماء الخفيف حيث لا تتجاوز في كميتها احتياطي البترول المتوفر حالياً.

ولكن لا بد هنا من أن نلفت النظر عن التنظيم لاحتياجات الطاقة بين بلدان العالم، فاحتياطي النفط يختزن بشكل رئيسي في بلدان الشرق الأوسط بالجماح تعادل حوالي 4/5 أضعاف مخزون الولايات المتحدة، وعشرين ضعفاً عن مخزون

أوروبا، في حين أن معظم الدول ذات الاستهلاك الكبير للطاقة لا تمتلك أي احتياطي نفطي.

أما بالنسبة لاحتياطي الطاقات الأخرى فالأمر يختلف كلياً، فبلدان الشرق الأوسط الغنية بالنفط لا تمتلك أي احتياطي من الفحم، في حين أن الاتحاد السوفيتي سابقاً يملك 50% من مخزون العالم من الفحم وهو صنف احتياطي الولايات المتحدة، كما يعادل عشرين ضعفاً للاحتياطي الأوروبي إن أهم أشكال الطاقة الهامة هي الطاقة الكهرومائية حيث تختلف أهمية إمكانيات هذه الطاقة من منطقة إلى أخرى، فيعتبر أفضل المواقع هي في المنطقة الاستوائية وفي المناطق الجبلية ذات المناخ المعتدل أما في بلدان الشرق الأوسط والبلدان المنبسطة (الأراضي المنخفضة) فإن هذه الإمكانات ضئيلة.

أما الدول التي لا تملك احتياطيات طاقة جاهزة للاستغلال فإنها عليها أن تدفع الثمن غالياً لاستيراد الطاقة وبالتالي:

- يترتب عليها دفع تكاليف إضافية للنقل.
- ستتأثر ميزان مدفوعاتها بشكل كبير.
- قرارتها السياسية ستكون محدودة لا محالة أمام مصادر خارجية.

من ناحية أخرى نجد أن بعض البلدان تمتلك احتياطي من الطاقة التقليدية أكثر بمائة مرة مما تستهلكه بلدان أخرى، في حين أن الطاقة المتوفرة عن طريق إشعاع شمسي فإنها عكس من ذلك تتوزع بشكل أكثر تقارباً بحيث أن كل بلد يملك إمكانيات من الطاقة متجددة باستمرار وتزيد دائماً عما يحتاج إليه.

لذلك فإن الفرصة متاحة أمام جميع البلدان لتطوير هذا المصدر من الطاقة عن طريق احتياطي محلي، ولكن الدول التي تبذل جهود التطوير الإدارة لتقنيات وتكنولوجيا تحويل الطاقة الشمسية هي التي ستجني الثمار والمكاسب الكبيرة.

وسنتناول في هذا الفصل الدراسي بشيء من التفصيل بعضاً من الطاقات المتجددة والبديلة كـ (الطاقة الريحية - طاقة المزارع المائية - طاقة الكتلة الحيوية - الطاقة الشمسية).

* الطاقة الريحية WIND POWER .

يجري عادة تحويل الطاقة الريحية إلى طاقة ميكانيكية أو كهربائية باستعمال أنظمة الطواحين الهوائية ، وفي الوقت الراهن لدينا تأثير طاقة الرياح طفيفاً على أنظمة وموازنة الطاقة في معظم البلدان .

في عام ١٩٧٥ كان يوجد في أمريكا حوالي / 150000 / محرك هوائي قيد الاستعمال وفي بعض البلدان الأخرى تستخدم قوات مرسى الحدود والعوامل طواحين هوائية لانارة وتغذية المنارات الصوتية ، ففي فرنسا استخدم نظاماً فرنسياً باستطاعة (130W) عند سرعة رياح قدرها 7M/sec (اسمية) والتي توافق سرعة دوران قدرها 500rpm ، أما سرعة الرياح الدنيا والتي يمكن الاستفادة منها وحسب أغلب الأبحاث هي 3M/sec ، ومتوسط الجزء السنوي يقيم بين 200-800 KWh بحسب ظروف الرياح .

في الماضي استخدمت طاقة الرياح بالاضافة إلى تحريك السفن في المياه ، لرفع كميات كبيرة من الماء ففي هولندا بنيت حوالي (20 000) طاحونة هواء باستطاعة 20 KW لكل منها ، في نهاية القرن الثامن عشر ، معظمها لاستصلاح الأراضي طبعاً في أيامنا هذه لا يمكن مقارنتها بمزرعة تجارية واحدة .

بعد ذلك تم انشاء ما مجموعه 200 MW من طاقة الرياح في الدنمارك بحيث تغطي حوالي $500 \cdot 10^6$ KWh

وبسبب رخص ثمن البترول في النصف الثاني من القرن العشرين توقفت طاقة الجهود لتطوير تقنية المولدات المدارة بواسطة الرياح ، ففي عام ١٩٢١ وضعت مولدة باستطاعة 100KW مرضي التشغيل في الاتحاد السوفيتي ، وبين أعوام ١٩٤٠ - ١٩٤٥ وضعت في أمريكا مجموعة باستطاعة 1,2 MW في الخدمة بشكل دائم ، وطارت آمال التجارب الكبيرة ، وضع طاحونة باستطاعة 1 MW لفرنسا بين عامي ١٩٥٨ - ١٩٦٢ وقد أوقف هذا النظام لمعظم الأنظمة الشاهقة له كون دارها تتألف من ثلاث شفرات لقطر يتجاوز 30m وذلك بعد أن تكسرت إحدى شفراته .

كما أن التجارب بينت أن تصميم أنظمة الطواحين الهوائية الكبيرة يخلف

هنا مجالاً كبيرة لاستغلالها في المناطق الصغيرة، بسبب انخفاض الاهتزازات منخفضة التردد للشفرات والاجهادات العزمية الممكنة في المنطقة.
إضافة إلى أن أداء معظم الأنظمة الكبيرة يحدد 80% من الأداء الأعظمي، كما أنه تبين إمكانية رفع هذا المردود إلى أعلى من ذلك بوضع مروحتين على محور واحد الخلفية منها تدار بواسطة الرياح المنعكسة عن دوران المروحة الأمامية
ثم أنشئت دراسات كثيرة في ألمانيا وأمريكا وغيرها من البلدان ولكن رفض البترول في ذلك الزمان يعني أن تكلفة توليد الكيلوواط ساعي ستكون أكبر 1 ك/ ك واط منه إذا استخدم الطاقات الأحفورية، علماً أن الدراسات كانت تستهدف بناء أبراج تصل ارتفاع كل منها إلى أكثر من 100m وعلى كل برج لا يقل عن ثلاث ضوامين بقطر أكبر من 70m واستطاعة كل محطة أكثر من 2MW.

تحويل الطاقة الريحية إلى قدرة ميكانيكية وكهربائية:

تعطى الطاقة الحاملة E بالعلاقة:

$$E = \frac{1}{2} m V^2$$

حيث: m - كامل كتلة الهواء التي تقطع مساحة A المقطعة بشفرات دوارة طولها تحمل طاقة الرياح وتساوي $m = A \rho V$

V - سرعة الرياح m/sec.

ρ - كثافة الهواء.

عملياً ليس بالإمكان الاستفادة من تحويل كل طاقة الرياح المتوفرة إلى شكل آخر للطاقة - لأن الحمل سينخفض من سرعة الرياح عبر المولدة إلى الصفر مما يؤدي إلى وقف الآلة، لكن العالم /BETZ/ ومن اعتبارات نظرية استنتج السعة المثلى للتحويل الأعظمي وكانت 16/27 من طاقة الرياح أي ما يعادل (59%). إن طاقة الرياح P متناسبة مع سرعتها بالصيغة:

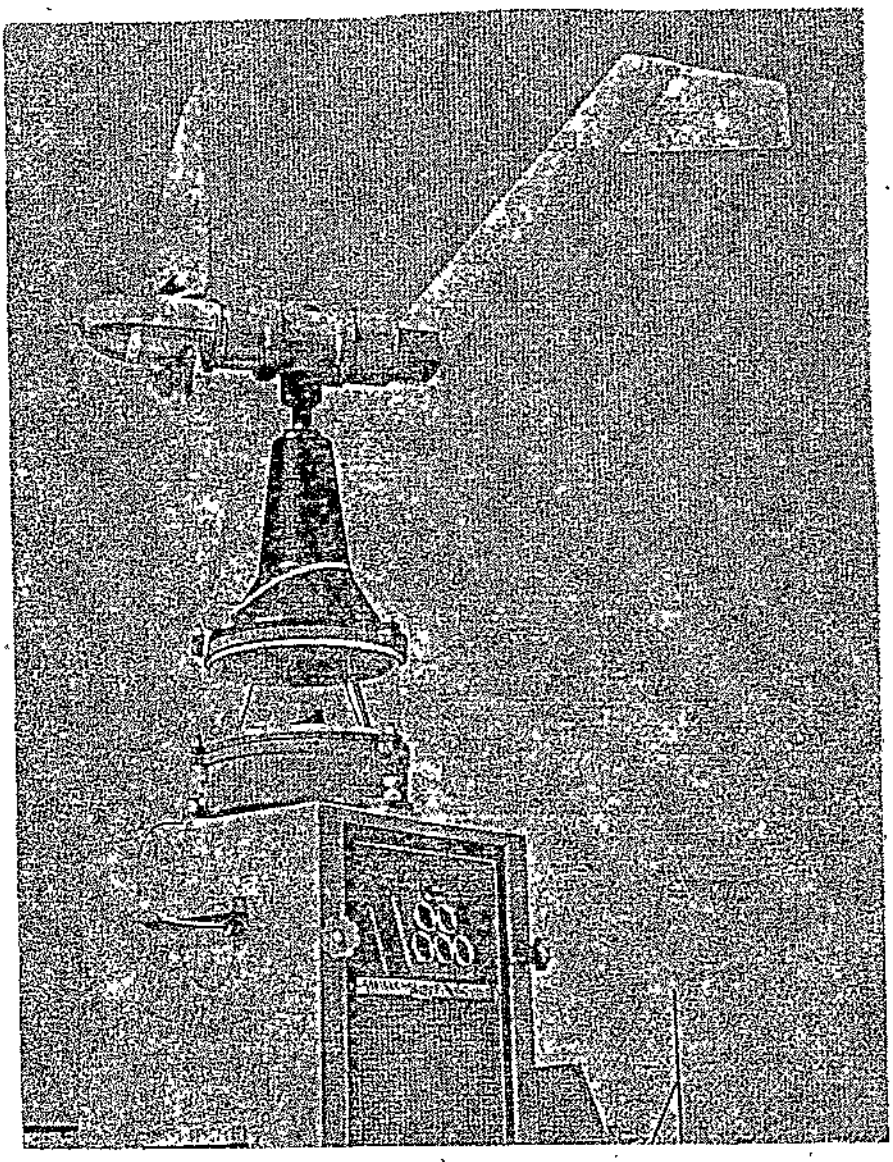
$$P = 0{,}37 \left(\frac{V}{10}\right)^3$$

حيث:

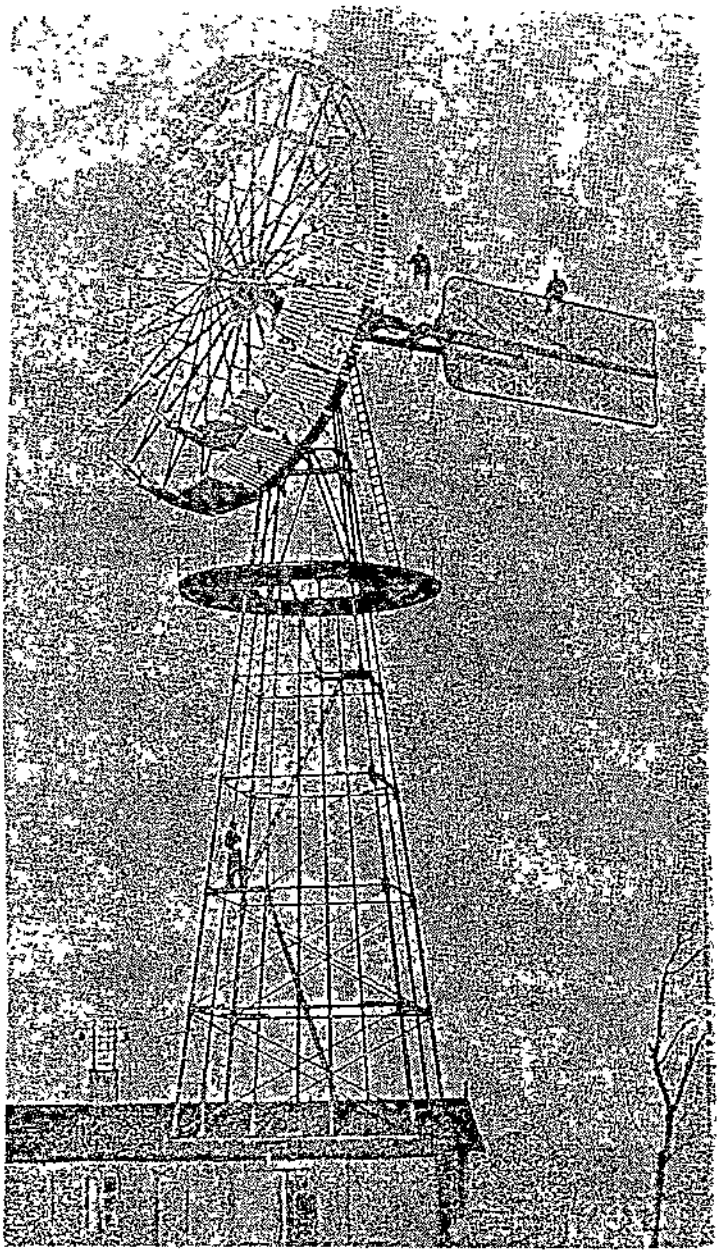
P - تقاس بالكيلوات لكل م^2 من المساحة المعامدة لاتجاه الرياح.

V - سرعة الرياح m/sec.

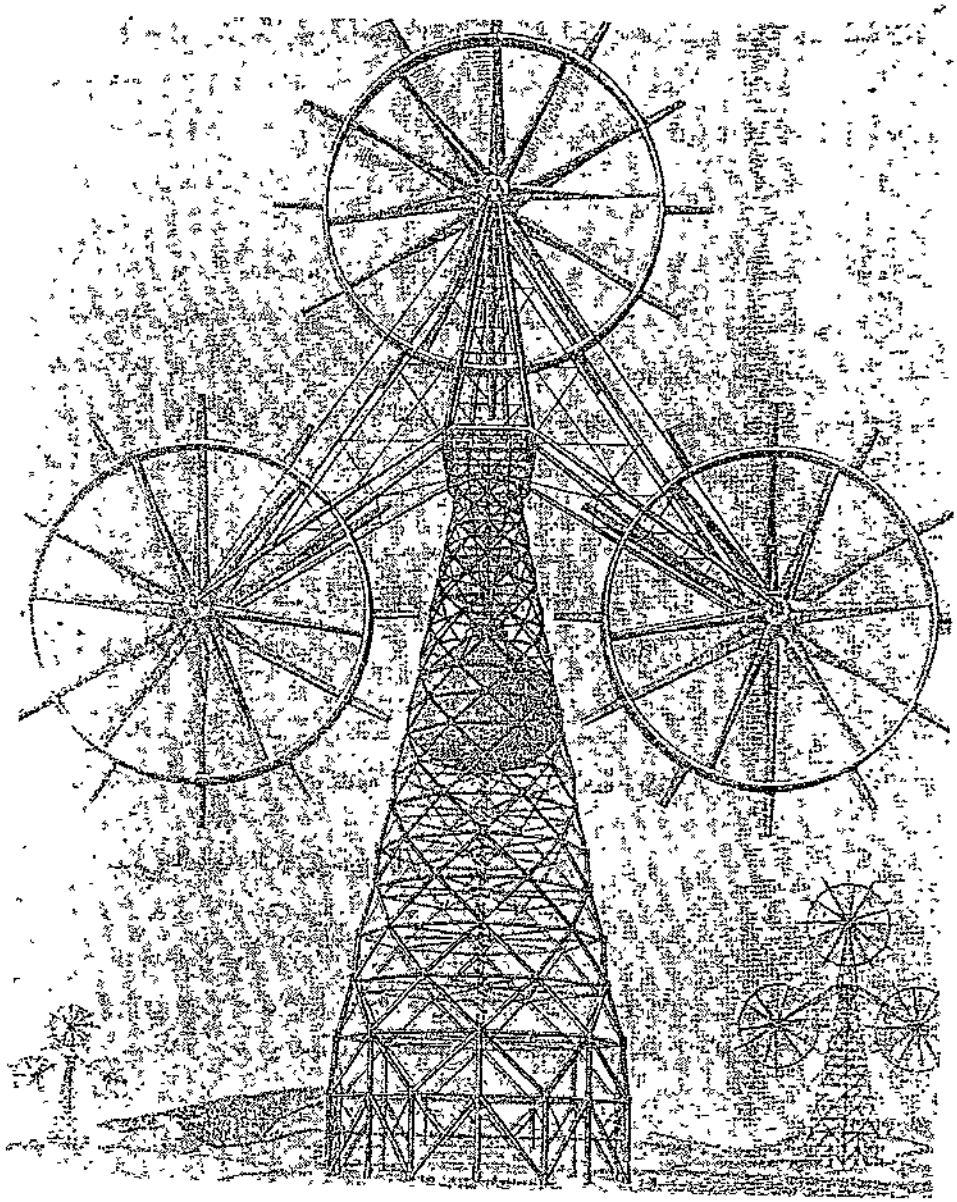
يجب أن نلاحظ أن الطاقة المحولة تتناسب مع مكعب سرعة الريح، لذلك فإذا انخفضت سرعة الرياح بمقدار (20%) فإن خرج الاستطاعة سينخفض بنسبة (50%) علماً أن سرعة الريح يمكن أن تتغير بين يوم وليلة وفصل وآخر.



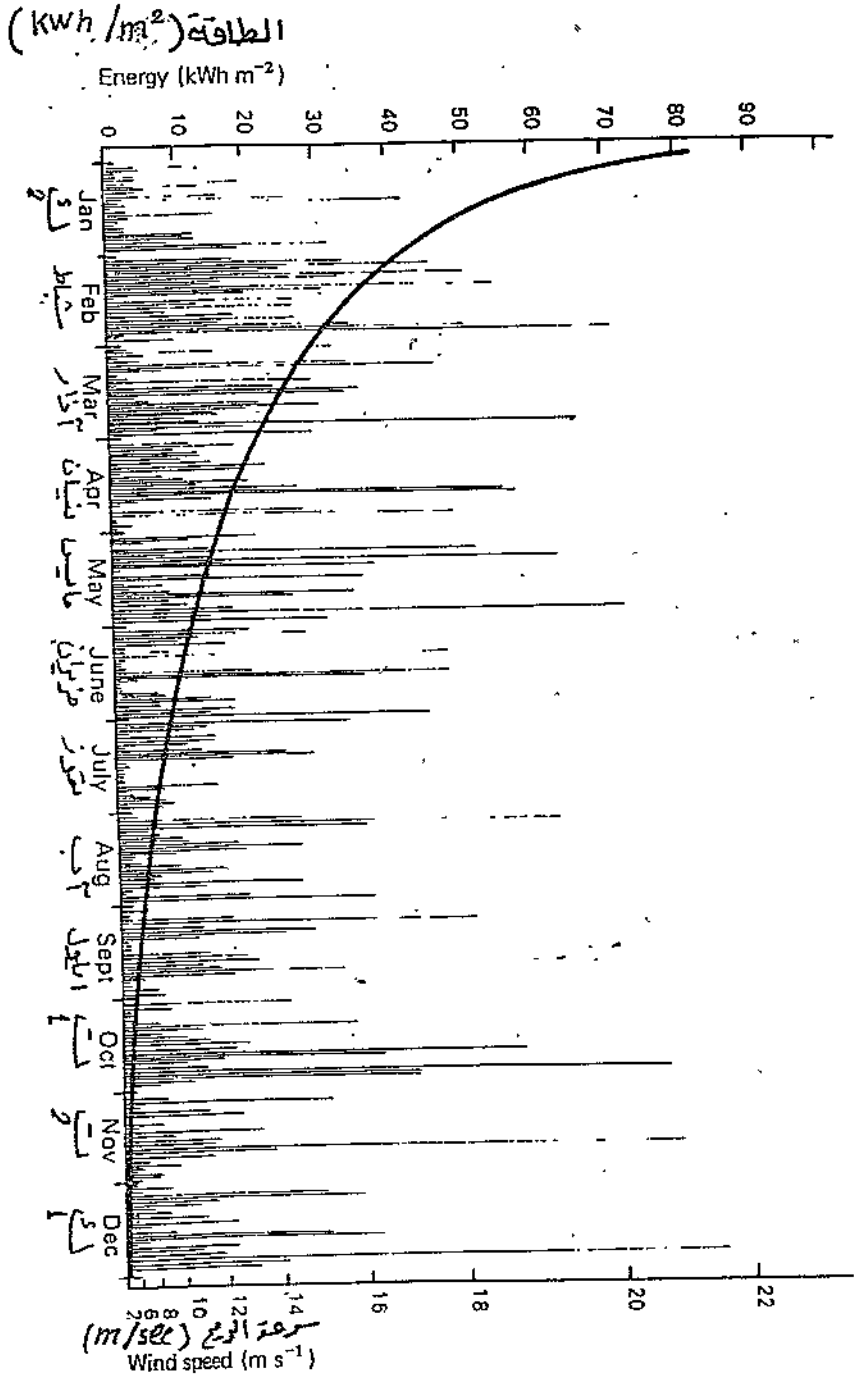
الصورة (1) طاحونة هوائية باستطاعة 150 W



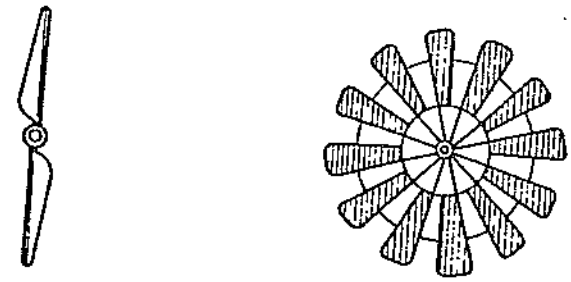
الصورة (2) طاحونة هوائية 150 W



الصورة (3) رسم فني للطاحونة الهوائية باستطاعة 75 MW
المقترحة عام ١٩٣٢

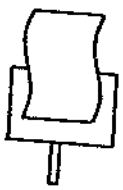


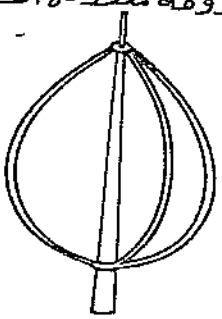
الشكل (٤) طاقة الرياح اليومية القابلة للتغير (kWh/m²) في مرصد Faraman بفرنسا ، القراءات مأخوذة عند ارتفاع ٤٣٫٥ م فوق الارض



Two-blade propeller
المروحة ذات الشفرتين

Multi-bladed propeller
مروحة متعددة الشفرات

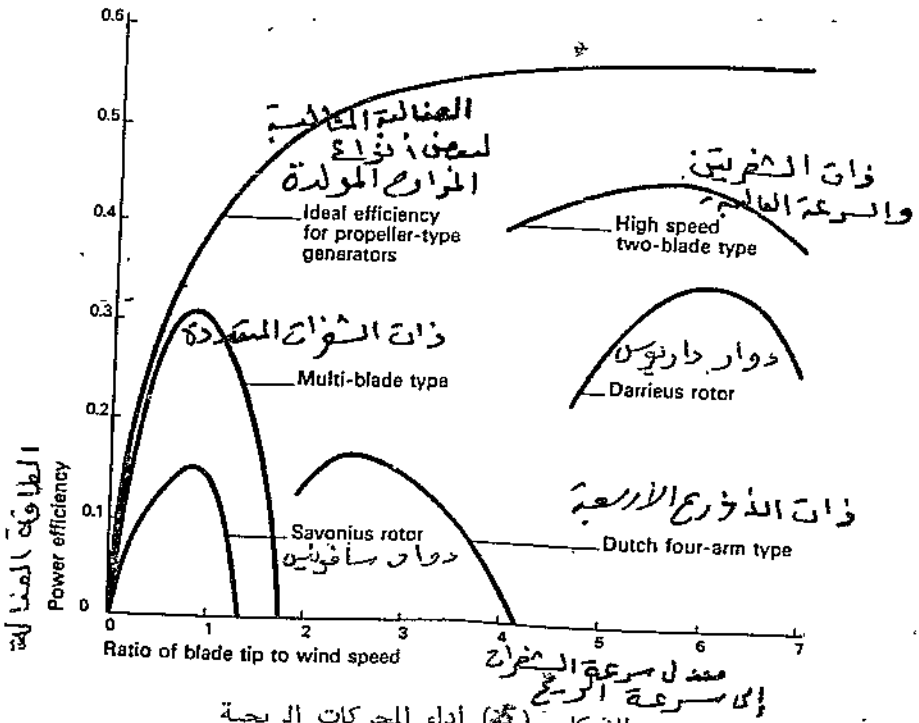




دوار سافونيس
Savonius rotor

آلة دارنيوس
Darrieus machine

الشكل (6) بعض الانواع الهامة من الآلات الريحية



الشكل (7) اداء المحركات الريحية

- إن مردود المولد الحامل لقدرة الرياح يعتمد على :

P- تصميم المحرك الريحي WIND motor

ب - سرعة الدوران للمحرك ويعبر عنها بنسبة سرعة الشوان إلى سرعة الريح .

تبين الأشكال (1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6) بعض تصاميم طواحين الهواء في الماضي إضافة إلى معطيات سرعات الرياح المحلية في مرصد فرسي ، وبعض تصاميم الآلات الريحية الدوارة ، والتي تبين أن المروحة ذات الشفرتين two-blade propeller هي الأفضل أداءً في الطبيعة وهذا يفسر لماذا كانت تصنع كافة الأنظمة الضخمة في الماضي من آلات ذات شفرتين أو ثلاثة ؟ .

من الناحية العملية يبدو من المستحيل تصنيع مولد يراد بواسطة الرياح ويمكن تعيين المردود عند السرعات المختلفة للرياح ، فأولاً هناك سرعة دنيا للريح ، أدنى منها لا يمكن أن يتم توليد الطاقة بسبب ضياعات الاحتكاك ، إضافة إلى أن الأمر يستدعي ذلك لو سرعة الرياح تجاوزت الحد الأعلى لها . أما الطاقة الناتجة فيتم تثبيتها بواسطة منظم لسرعة الدائر ، فإذا تجاوزت سرعته 30m/sec ، يلتف الدائر وينطوي لتجنب الأضرار .

ويمكننا القول أنه عند السرعات المتوسطة فقط للريح يمكن أن نصل مردود النظام إلى قيمته المثلى ، تجريبياً يمكن الحصول من حصر مجال سرعة الريح المثلى به (10-14m/sec) عندها يمكن تحويل (70 - 80 %) من القدرة القابلة للتحول إلى طاقة ابتدائية Kinetic energy للدائر ، حيث سيضيع أيضاً منها 20% في معظم نظم النقل ذي المسننات gear-type transmission الذي يوصل محور الدائر إلى المولدة الكهربائية .

إن الطاقة القابلة للتحويل عند كافة سرعات الريح تابعة لطيف فترة سرعات الريح wind speed duration spectrum ، هذا المردود الطاقي يقع بين (8-20%) وبالتالي فإن المردود الكلي لنظام المولدة المدارة بطاقة الرياح سيكون بين (3-7%) .

وهي القيم والدراسات التي مرت معنا سيكون عمل المولد في السنة حوالي 1000 ساعة .

وكقاعدة عامة ، يعتمد مردود التحويل عند موقع معين على ما يسمى نوعية الرياح

طالما الشابة في حالة مثالية لانواجهها في الحياة العملية ومن الصعوبة بمكان تحويل الريح ذات السرعة المتغيرة بشكل كبير.

فإذا كانت سرعة الرياح مرفوعة عند ارتفاع معين فإنه يمكن حسابها لكل أي ارتفاع آخر، فمثلاً في فنلندا على ارتفاع (316 m) برج ايفل، متوسط طاقة الرياح هوالي $3200 \frac{KWh}{m^2}$ في حين على ارتفاع 20m عن سطح الأرض لن تتجاوز سوى $210 \frac{KWh}{m^2}$.

إن هبوب الهواء في الجو تتأثر ببعض العوامل أهمها (الأرقام التي سترد بدرست على ارتفاع 20m):

1 - إن أفضل موقع لاستغلال طاقة الريح هو عند سواحل البحار، حيث تكون الطاقة الوسطية على الشاطئ $2400 KWh/m^2$ في السنة.

2 - ثاني أفضل موقع هو في الجبال، الطاقة الوسطية حوالي $1600 KWh/m^2$ سنوياً.

3 - إن أدنى مستوى لطاقة الرياح هي في المناطق المستوية الداخلية، حيث تبلغ الطاقة الوسطية لها $750 KWh/m^2$ في السنة.

4 - في المنطقة الاستوائية الرطبة لاتتوفر أية طاقة للرياح.

5 - إن كمية الطاقة القابلة للتحويل تكون معتدلة أو صغيرة في المناطق الباردة أو الحارة، وكذلك في المناطق الباردة.

6 - في بعض البلدان النائية تكون طاقة الرياح غير قابلة للاستفادة منها رغم توفرها بسبب تكرار الأعاصير Cyclones (كاليابان والفلبين).

في ختام البحث لابد من الاشارة إلى بعض الحوافز والمميزات الأخرى السلبية:

1 - إن أنظمة طاقة الرياح تحدث ضجيجاً عند التشغيل إذ يمكن سماع ذلك الضجيج على بعد عدة كيلومترات.

2 - إن أنظمة طاقة الرياح هي ذات وزن إجمالي كبير نسبياً، فقد يتجاوز الوزن حدود 110 Kg/KW.

3 - تحتاج هذه الأنظمة إلى مساحات واسعة، حيث تتلقى المراوح ذات القطر من (1 - 3 m) طاقة تبلغ (30 - 3000 watt) فقط.

4 - من أجل الاستطاعات الكبيرة حتى تصبح الكيلوواط، فإن تكلفة الكيلوواط الواحد حوالي 1500$ حسب أسعار الثمانينات من القرن الماضي. أما لأجل الاستطاعات العالية فإن محطة Vermont في الولايات المتحدة كلفت 700$ للكيلوواط الواحد (استطاعة المحطة 1MW) عام 1942.

5- يحتاج طاقة الرياح بعكس طاقة الشمس إلى سعة تخزين بسبب عدم انتظامها.

حيث يمكن تأمين التخزين (الاحتياطي) اللازم فيما إذا جمعنا مولداً ريحياً بواسطة الريح مع نظام تخزين كهربائي (كنظام كهروضوئي أو بطاريات كهرلتحليلية) أي يمكن استعمال ضغط الهواء لزيادة طاقة الرياح بنفس طريقة تخزين الطاقة الكهروضوئية لضخ المياه.

عند ذلك من اللازم وضع تقنية تخزين باستعمال ضغط الهواء، إن العمل المنجز بضغط غازما من P_1 إلى P_2 هو:

$$E = \frac{b}{a}\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^a - 1\right]$$

حيث: b- ثابت يعتمد على درجة حرارة الغاز الابتدائية.

a- ثابت تابع لنوع الغاز.

وقد أجريت دراسات وتجارب لتقييم نظام ضغط الهواء وكانت نسبة الضغط المدروسة هي 8:1 لتخزين 20KWh من الطاقة والتي يمكن أن يتطلبها منزل سكن عادي، فوجد أن الملف المستخدم 0,1 دولار لكل كيلوواط ساعي ويحتاج إلى فزان بسعة $217m^3$ وبقطر 7,3m.

في الختام يجب أن نذكر بأن طاقة الرياح هي طاقة نظيفة لا تسبب تلوثاً للبيئة وهي قابلة للتجديد ولا تحتاج لنقل وقود أو تخزين، إلا أنها تعكس الطاقة الشمسية يمكن أن يختلف مدى توفرها بين يومٍ وآخر، أو فصل وآخر.

= . = . = . = . = . =

ملاحظة: سيتم إرفاق بعض الجداول الهامة لهذا البحث من قبل تجربة وبحثية، جدول (2-1) و (2-2)

المحاضرات (4-5)

* طاقة الحرارة الجوفية (Geothermal energy)

- نظرة عامة:

لا تتوفر الطاقة الحرارية بصورة عامة بشكل مباشر في الطبيعة إلا فيما يصل الأرض من حرارة الشمس والحرارة الجوفية للأرض، وهذا ما يجعل الحرارة الجوفية سهلة الاستغلال، فهي طاقة مستدامة وواسعة الانتشار وتعتبر مصدر طاقة بديل ونظيف ومتجدد.

وهي طاقة حرارية مرتفعة ذات منشأ طبيعي مختزنة في الصهارة في باطن الأرض حيث تقدر أنه أكثر من 99% من كتلة الكرة الأرضية عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها (1000) درجة مئوية، وترتفع درجة الحرارة بزيادة تعمقنا في جوف الأرض وبمعدل (27) درجة مئوية كلما نزلنا في عمق الأرض بمقدار (100) متر أي أنها تصل إلى معدل (27) درجة مئوية على عمق (1 كم) و (55) درجة مئوية على عمق (2 كم) وهكذا، ويستفاد من هذه الطاقة الحرارية بشكل أساسي في توليد الكهرباء، وتتطلب ذلك حفر آبار وبالتالي أنابيب كثيرة إلى أعماق قد تصل إلى (5) كم. ويمثل الشكل (7) مثالاً على ذلك.

كما أنه في بعض الأحيان يستفاد من الطاقة الحرارية للتدفئة عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الأرض ونجدها على عمق (150) متر، أو أحياناً في مناطق معينة على صورة ينابيع حارة تصل إلى سطح الأرض.

تقدر إحتياطي الطاقة الحرارية الجوفية في مزامم عمقه (2000) متر تحت سطح الأرض ما يعادل انتاج (250) مليار طن من النفط الطاقة - نظرياً - يمكن أن يغطي هذا المقدار من الطاقة حاجة العالم من الطاقة لمدة (100 000) سنة قادمة، إلا أن تحويلها إلى طاقة كهربائية هي عملية باهظة الثمن والتكاليف، بسبب عمليات الحفر إلى أعماق سحيقة والحاجة إلى أنابيب كثيرة لاستخراج الماء الساخن بكميات وفيرة، وذلك رغم أن الطاقة الأساسية (المادة الأولية) مجانية وهي متوفرة بكثرة لكن صعب الوصول عليها.

- تاريخ استخدامها:

إن استغلال الطاقة المخزونة في باطن الأرض ليس أمراً

جديداً ، حيث يرجع تاريخ استعمالها إلى أكثر من (10,000) سنة عندما استخدم الهنود الحمر اليابيع الساخنة لطهي طعامهم ، كما أنه الرومان استخدموا منابع المياه الساخنة التي اكتشفوها وبنوا عليها حمامات فخمة ، وفي الأزمنة الحديثة استغلت كل من هنغاريا ، نيوزيلندا ، اليابان ، الاتحاد السوفيتي ودول أخرى هذه الطاقة في تدفئة المنازل والبيوت البلاستيكية (الزجاجية) .

- مصادر طاقة الحرارة الجوفية : تقسم مصادر الحصول على الطاقة الحرارية الجوفية إلى قسمين : أ- المياه الحارة الجوفية .
ب- الصخور الحارة ، التي توجد في المناطق النشطة بركانياً أو في الأعماق البعيدة تحت سطح الأرض .

ويمكن الاستفادة من المياه الحارة والصخور الحارة في توليد الطاقة الكهربائية وتسخين المياه التي تستخدم في التدفئة ، بالإضافة لاستعمالها في الكثير من ميادين الصناعة والزراعة الأخرى .

- المصادر الحرارية : تنتشر الحرارة الباطنية للأرض من الداخل إلى سطح الأرض عن طريق الحمل الحراري بمعدل (44,2) تيراواط ، ويعتبر النشاط الاشعاعي في قلب الأرض أهم مصادرها ، إذ يصل إلى حوالي (30) تيراواط . ويرجع الجزء بين المعدلين إلى كمية الطاقة المخزونة في الأرض ، أثناء تكون الكرة الأرضية من الغبار الكوني تحت فعل الجاذبية منذ نحو (4,5) مليار سنة .

وتقدر معدل الطاقة الحرارية الجيولوجية بنحو نصف كل ما يستخدمه الانسان الحديث من الطاقة من المصادر المختلفة ، وعلاوة على تلك الطاقة الكامنة من الأعماق الجيولوجية للأرض ، فإن سطح الأرض يستقبل طاقة الشمس ويخزنها في الطبقة السطحية ويقدر مجموعها

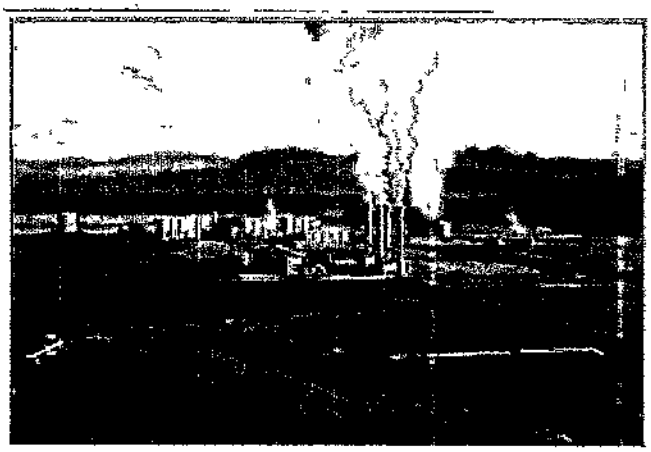
بـ (10) متر خلال أشهر الصيف و يطلقها خلال أشهر الشتاء.
عـ تبدأ درجة الحرارة تحت تلك الطبقة السطحية في الارتفاع بمعدل (27) درجة مئوية لكل (1) كم عمقاً ، وتقدر العنصر الحراري بنحو (0,1) مليون واط لكل كيلومتر مربع اي (0,1 M.W./Km²) وتزداد تلك القيم عند تقاطع الصفائح التكتونية حيث تكون القشرة الأرضية رقيقة نسبياً ، وقد تزداد درجة الحرارة بفعل مركبات الوائل الساخنة مثل (الهيدروجين - الميثان - الكبريت) أو بجمعها.
وتستطيع مضخة للمياه الجوفية الحارة أن تستخرج حرارة الكافية من أعماق قليلة نسبياً (150) متراً ، أما المشروعات الصناعية فهي تتطلب الحفر على أعماق سحيقة تبلغ عدة كيلومترات تحت الأرض.
وتعتبر كفاءة استغلال الطاقة الحرارية الباطنية في توليد الطاقة الكهربائية معتمدة على درجة الحرارة ، حيث يمكن الحفر الأنابيب بحيث يضخ الماء من أعلى في أنابيب فيكتسب الماء الحرارة من الصخور والطبقات الأرضية الساخنة وتقوم مضخات مركبة على أنابيب أخرى مولدها بسحب الماء الساخن إلى أعلى للاستغلاله ، وتسمى تلك الطريقة في بعض المناطق الأوروبية الطاقة الحرارية للصخور الجيولوجية الساخنة hot dry rock geothermal energy أو تسمى في أمريكا الشمالية أنظمة حرارة الطبقات الجيولوجية المحفزة.
الشكل (8) يبين شكلاً تخطيطياً عن تلك الأنظمة.

- <u>توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الجوفية :</u>

هذه الطريقة تعتبر هي الأولى والأهم للاستفادة من الطاقة الحرارية الجوفية بتحويلها إلى طاقة كهربائية ، ويتم ذلك في محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الجوفية ، هنالك ثلاثة أنواع من محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الجوفية وهي:

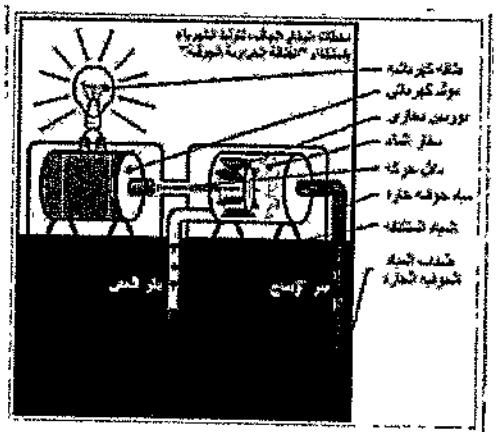
1- <u>محطات البخار الجاف :</u>

هذه الطريقة هي الأقدم والأكثر انتشاراً ، والتي استخدمت في إيطاليا عام (1904م) . تستخدم هذه المحطات الماء الموجود بشكل طبيعي في الطبقات الأرضية العميقة والموجود تحت تأثير ضغط وحرارة عاليين ، فيتم استخراجه بواسطة حفر آبار عميقة فيخرج على شكل بخار ماء بسبب حرارته العالية



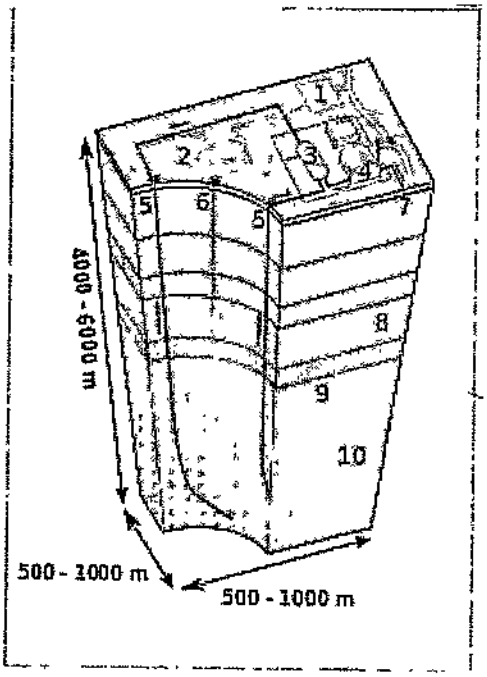
إحدى محطات توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الحرارية الجوفية في أيسلاندا

ستغل (7)



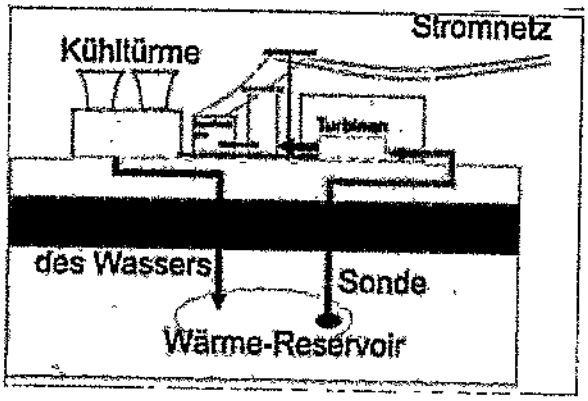
رسم بياني يوضح آلية عمل محطات البخار الجاف

ستغل (9)



نظام استغلال الطبقات الجيولوجية الساخنة : 1: منبع مائي، 2:ورشة طلمبات، 3:مبادل حراري، 4 :حجرة التوربين، 5:أنبوب استخراج، 6:أنبوب ضخ ماء إلى أسفل، 7:تغذية بالماء الساخن، 8:طبقات رسوبية مسامية، 9:أنبوب تحكم، 10:طبقة صخرية.

ستغل (8)



استغلال الحرارة الأرضية لإنتاج الكهرباء.

ستغل (10)

وبسبب فرق الضغط يسير هذا البخار في أنابيب ثم يعرّض لتوربينات تدور المولدات الكهربائية التي تنتج الطاقة الكهربائية، ثم يضخ الماء المتكثف إلى الأرض عبر بئر آخر يسمى بئر الحقن.

الشكل (9) يبين رسم تخطيطي لهذه الطريقة.

2- محطات التبخير:

تستخدم هذه المحطات السوائل الموجودة بضغط عالي تحت الأرض حيث يتم تركزها في وعاء يحوي على ثقب صغير يؤدي إلى وعاء آخر ذي ضغط معتدل، فعند مرور السائل من الوعاء الأول إلى الثاني عبر الثقب يتبخر بسبب السرعة وفرق الضغط العالي، حيث يحرك البخار التوربين فيدور المولدات الكهربائية التي تنتج الكهرباء أما الماء المتكثف المتبقي فيضخ إلى الأرض عبر بئر الحقن.

3- محطات الدائرة المزدوجة:

تستخدم هذه المحطات السوائل الموجودة تحت الأرض ذات درجة حرارة غليان مرتفعة (200) درجة مئوية، يتم ضخها إلى أعلى حيث تقوم بتسخين الماء ذي درجة غليان عادية (100) درجة مئوية، في أنبوب آخر، عبر مجاذاة الأنبوب الساخن (مبادل حراري) يتبخر الماء الذي تم تسخينه بسبب درجة الحرارة المرتفعة للسائل في الأنبوب الآخر، فيحرك البخار توربين المولد الكهربائي ويتكثف ليعود مجدداً إلى مجاذاة الأنبوب الساخن ويدور هذه الطريقة في دوران مستمر، يعاد ضخ الماء المتكثف مجدداً إلى الأرض عبر بئر الحقن.

- محطات تدفئة وتكييف:

لا يلزم درجات حرارة عالية عند استغلال الطاقة الحرارية الجوفية في التدفئة والتكييف، وبالتالي فهي تستخدم آباراً متوسطة العمق وسهل إجراءها، وعلى سبيل المثال فقد بدأت شركة / ايكيا / السويدية بتدفئة محلاتها الواسعة في الشتاء بالماء الساخن المستخرج من الأرض على عمق (150 م) كما تستغل تلك الحرارة صيفاً في تشغيل آلات تكييف الهواء، هذه الشركة تتعاون مع أمريكا في مجال الطاقة لاستخدام الحرارة الأرضية في إضاءة مبيعاتها حيث تقدر مساحتها بـ (39000 متر مربع) والموجودة في مدينة دنفر حيث سوف

تقوم لحفر (130) بئراً تصل عمق كل منها إلى (150 م) وذلك في محيط مواقف السيارات حول الصالة، وتقيم أنابيب فيها لحقن المياه إلى أسفل وتقوم بضخ الماء الساخن إلى أعلى ويستخدم الماء الساخن إما للتدفئة أو يحوله صمام إلى نظام تكييف الهواء وما شابه الهواء البارد حسب الحاجة.
بالمثل يمكن إنشاء مثل هذا النظام لتدفئة وتكييف منزل لأسرة واحدة حيث ينشأ أنابيب حول المنزل وبالتالي استخراج الماء الساخن كما مر سابقاً.
تكلفة مثل هذا المشروع حوالي (7500) دولار أمريكي، لكن بعد ذلك تستطيع أن تحصل على طاقة رخيصة ونظيفة وغير ضارة بالبيئة، لذلك فإن الولايات المتحدة تشجع مواطنيها على القيام بمثل هذه المشاريع وتمنح منهم قروضاً تشجيعية لاستثمار مثل هذه الطاقة، وتزايد الطلب في أمريكا على مثل هذه الأنظمة استغلال الحرارة الباطنية الأرضية بنسبة (10 ÷ 15)% سنوياً.

- استغلال الحرارة الأرضية في العالم:

حتى عام (2005) أنشأت محطات لاستغلال الحرارة الأرضية بقدرة كاملة تبلغ (28) جيجاوات، وهي تقدر سنوياً بـ (73000 G.W.h)، أي وسطياً في السنة (8,3) جيجاوات، وهي تبلغ بالنسبة لعدد سكان الأرض في ذلك العام (4,5) مليار نسمة نحو (1,3 Watt) للشخص، وهي قليلة إذا علمنا أن متوسط استهلاك الشخص على المستوى العالمي هو (2,100 واط).
وتبلغ كفاءة الإنتاج نحو (30%) وهذا الرقم له أهميته عندما اقتصادية المشروع/ حيث يبين الجدول الآتي البلاد التي تنتج أكثر من (5000 TIRA WATT) سنوياً.

البلد	الصين	السويد	الولايات المتحدة	ايسلندا	تركيا	هنغاريا	ايطاليا	نيوزيلندا	البرازيل	جورجيا	روسيا	فرنسا	اليابان	المجموع
الطاقة المنتجة المتوسط السنوي GW	1,44	1,14	0,99	0,76	0,62	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,20	0,16	0,16	6,60

إن استغلال الحرارة الأرضية في ايسلندا متقدماً حيث تنتج (53%) من الطاقة المستغلة في تلك البلد وتعتبر ايسلندا أكثر البلاد تقدماً في هذا المضمار على المستوى العالمي، ويرجع ذلك إلى طبيعة أرضها التي تكثر فيها البراكين.
الشكل (10) يبين طريقة استغلال الحرارة الأرضية من أجل توليد الكهرباء.

ومن المقرر أن يبدأ أول مشروع لاستغلال الحرارة الأرضية في الشرق الأوسط في دولة الإمارات العربية المتحدة، ومن المخطط له تزويد المدينة الخضراء بالطاقة لتكييف المنازل والمباني، كما من المقرر أن يجري حفر بئرين اختباريين على عمق (2800) متر و (4500) متر.

- تأثيرها على البيئة:

تحتوي السوائل المستخرجة من باطن الأرض على مخلوط من الغازات، منها (ثاني أوكسيد الكربون، سلفيد الكبريت (H_2S)، الميثان، الأمونيا)، وتشارك هذه الغازات في مظلة الاحتباس الحراري والمطر الحمضي. حيث يبلغ مقدار ما ينطلق من محطات الحرارة الأرضية من غاز ثاني أوكسيد الكربون نحو (122) كغ لكل (1MWh) من الكهرباء، وهي نسبة صغيرة بالمقارنة بما تنتجه محطات الوقود الأحفوري.

لهذا تزود محطات القوى التي تتسم بإصدار كميات كبيرة من تلك الغازات التي تسبب المطر الحمضي وحدات لضبط وفصل تلك الغازات لخفض تأثيرها على البيئة، وبالإضافة للغازات الذائبة، فقد تحتوي المياه الساخنة المستخرجة من أعماق الأرض على أملاح ذائبة ومواد سامة مثل (الزئبق، الزرنيخ، البورون، الأنتيمون-ي)، حيث تترسب تلك الكيماويات عند تبريد المياه، وقد تتسبب بأضرار بالبيئة إذا أطلقت على الأرض لذلك فإنه سيتم إعادة استخدام المياه الساخنة المستخرجة وضخها إلى أعماق الأرض ثانياً من العوامل التي تقلل من التأثير السيء على البيئة عند استغلال تلك الطاقة.

- إيجابيات هذه الطاقة:

يعتبر مصدر الطاقة هذا محط أنظار الكثير من الدول المتقدمة، ويرتب عليها خطط وآمال مستقبلية كبيرة، وذلك للكثير من إيجابيات هذه الطاقة الهامة.

*أهم إيجابيات هذه الطاقة:

1- كونها طاقة متجددة وهي من مصادر الطاقة التي لا تنفذ على الأقل للأجيال القادمة.
2- كونها طاقة نظيفة غير مضرة بالبيئة ولا تسبب أي تلوث سواء في استخراجها أو في تحويلها أو استخدامها.
3- توفرها بكميات كبيرة جداً وفي ساعات شاسعة ولأغلب البلدان.

4- قلة تكاليف انتاج الطاقة بعد التكاليف الأولية لدنشاء المحطة (والتي يمكن أن تكون باهظة).

5- المردود العالي للطاقة المستخرجة.

* أهم سلبيات ومعوقات هذه الطاقة:

1- ارتفاع تكلفة إقامة محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الجوفية (بسبب صعوبة حفر آبار بأعماق سحيقة وتصل إلى عمق 5/. Km)

2- وسط درجات حرارة مرتفعة وبأعداد كبيرة تتيح إنشاء محطة قوى متوسطة القدرة.

=.=.=.=.=.=.=.=.=

المحاضرات (٦-٧)

* الطاقة الشمسية المباشرة :

- مشاكل عامة في عملية تحويل الاشعاع الشمسي على نطاق واسع :

١- مشاكل الموقع والمنطقة : إن الاستغلال المباشر لاشعاع الشمس يتطلب أنظمة تقنية معقدة ومنشأة متخصصاً لاستقبال وتحويل الطاقة القادمة من الشمس .

إن المردود النظري والعملي لذكر أنظمة التحويل الشمسية تقاوم قدرات معروفاً لدينا ، لذلك وبدقة يمكن تقدير المردود المتوسط للمزارع الشمسية بين 20-30% ، إذا افترضنا أنه يمكن افتراض مردوداً بحدود 10% .

إذا أخذنا بعين الاعتبار مردود التحويل وضياعات التخزين والطاقة غير المنتجة فإن النظام العملي المصمم لدينا حاجة العالم من الطاقة سيغطي مساحة (220000) كم² ، أي أكبر بعشرة مرات من المساحة المطلوبة لاستقبال كمية إجمالية من الاشعاع الشمسي غير المحوّل ، لذلك على سبيل المثال فإن نظاماً للطاقة الشمسية يغطي ربع مساحة مصر يمكن أن يؤمن نظرياً كل الطاقة المستهلكة في العالم .

فمثلاً عند 2000 Kwh/m² فإن ذلك يوافق نظاماً شمسياً يغطي 95000Km² وهذا يناسب تماماً ولاية نيومكسيكو المشمسة لتغطي أقل من ثلث أراضيها.

أما بالنسبة لأوروبا فإنه لا يوجد أية مناطق صحراوية في دول المجموعة الأوروبية من عام /١٩٨٠/ والتي تعادل استهلاكها 1/6 الاستهلاك العالمي للطاقة . وبالتالي تحتاج المساحة لتغطية هذه المساحة إلى مزرعة شمسية وهذا غير متوفر في أوروبا ، وذلك للاستفادة من طاقة مردودها كما ذكرنا 10% .

ب- الأثر البيئي لاستغلال طاقة الشمس : إن استعمال الطاقة الشمسية لا يؤثر على التوازن الحراري للأرض بعكس أنواع الطاقات الأخرى.

لذلك فإنه بناء أنظمة شمسية في مناطق جافة صحراوية لا يؤثر على التوازن الحراري الكلي حيث أن الأراضي الصحراوية تمتص بالأساس الضوء في كل مجال الطيف ولكن بكميات مختلفة تبعاً للتركيب الكيميائي للطبقة السطحية.

كما أن التأثير الحراري للطاقة الشمسية لا يبدو أكثر أهمية من تأثيرات الاستعمالات الأخرى للأرض ، ففي معظم الدول تقريباً يرى إزالة الغطاء من الغابات من أجل الزراعة أو الصناعة أو البناء والطرق وهذا له تأثير كبير على التوازن الحراري نظراً لتغير الامتصاص والانعكاس والاشعاع الحراري

* الطاقة الشمسية المباشرة :

- مشاكل عامة في عملية تحويل الاشعاع الشمسي على نطاق واسع :

أ- مشاكل الموقع والمنطقة : إن الاستغلال المباشر لاشعاع الشمس يتطلب أنظمة تقنية معقدة ومنشأة خصيصاً لاستعاض وتحويل الطاقة القادمة من الشمس .

إن المردود النظري والعملي لذكر أنظمة التحويل الشمسية تقاوالأ قدرات معروفاً لدينا ، لذلك وبدقة يمكن تقدير المردود المتوسط للمزارع الشمسية بين 20-30% ، إذا افترضنا أنه نفترض مردوداً بحدود 10% .

إذا أخذنا بعين الاعتبار مردود التحويل وضياعات التخزين والطوارئ المنتجة فإن النظام العملي المصمم لدنتاج حاجة العالم من الطاقة سيغطي مساحة (220000) كم² ، أي أكبر بعشرة مرات من المساحة المطلوبة لاستعاض كمية إجمالية من الاشعاع الشمسي غير المحوّل ، لذلك على سبيل المثال فإن نظاماً للطاقة الشمسية يغطي ربع مساحة مصر يمكن أن يؤمن نظرياً كل الطاقة المستهلكة في العالم .

فمثلاً عند 2000 KWh/m² فإن ذلك يوافق نظاماً شمسياً يغطي 95000Km² وهذا بالنسبة تماماً لدولة نيومكسيكو المشمسة لتغطي أقل من ثلث أراضيها.

أما بالنسبة لأوروبا فإنه لا يوجد أية مناطق صحراوية في دول الجماعة الأوروبية من عام /١٩٨٠/ والتي تعادل استهلاكها 1/6 الاستهلاك العالمي للطاقة . وبالتالي تحتاج المساحة لتغطية هذه المساحة إلى أراضٍ غير مزروعة وشمسية وهذا غير متوفر في أوروبا ، وذلك للاستفادة من طاقة مردودها كما ذكرنا 10% .

ب- الأثر البيئي لاستغلال طاقة الشمس : إن استعمال الطاقة الشمسية لا يؤثر على التوازن الحراري للأرض بعكس أنواع الطاقات الأخرى.

لذلك فإنه بناء أنظمة شمسية في مناطق جافة صحراوية لا يؤثر على التوازن الحراري الكلي حتى أن الأراضي الصحراوية تتميز بالأشعة الضوئية على مدار السنة الطويل ولكن بكميات مختلفة تبعاً للتركيب الكيميائي للطبقة السطحية.

كما أن التأثير الحراري للطاقة الشمسية لا يبدو أكثر أهمية من تأثيرات الاستعمالات الأخرى للأرض ، ففي معظم الدول تقريباً يجري إزالة الغطاء النباتي من الغابات من أجل الزراعة أو الصناعة أو أماكن السكن وهذا له تأثير كبير على التوازن الحراري نظراً لتغير الامتصاص والانعكاس والإشعاع الحراري

د - امكانيات الطاقة الشمسية في بعض مناطق الطلب الكبير على الطاقة:

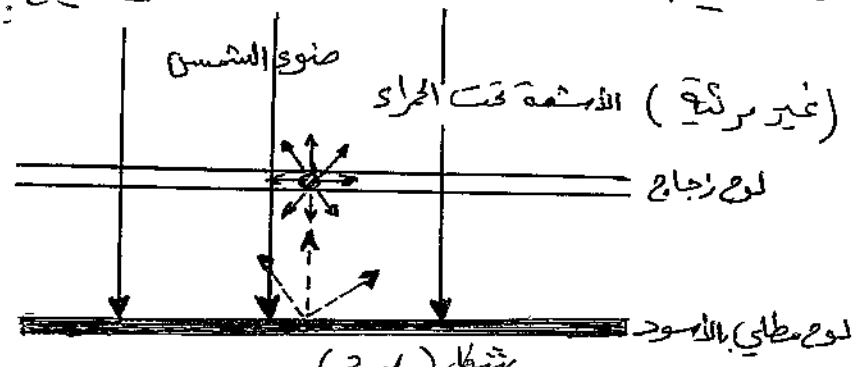
إن الأداء الذي يحصل عليه من أنظمة تحويل الطاقة الشمسية هو تابع لنوع الطلب على الطاقة، ويمكن تصنيف كافة أنظمة التحويل الشمسي في ثلاثة فئات، كما هو مبين في الجدول الآتي:

النوع الأول تحويل مباشر إلى حرارة	النوع الثاني تحويل يتضمن مرحلة ترمودينامكية	النوع الثالث تحويل مباشر إلى كهرباء
- تسخين الماء - التدفئة - تجفيف الأغذية والمواد - الطبخ - الحرارة للصناعة (بما فيها الأفران الشمسية	- تقطير المياه - التبريد - الطاقة الميكانيكية أو الكهربائية المنتجة بواسطة الحرارة	- التحويل الكهروضوئي (الفوتو فولتائي) - طرق أخرى (انبعاث ضوئي .. الخ)

* المبادئ الفيزيائية لتحويل الاشعاع الشمسي إلى حرارة:
Physical Principles of The Conversion of Solar radiation into heat:

إن العملية الأساسية المستعملة الآن بشكل عام للتحويل الحراري هي المستنبتات الزجاجية (greenhouses) يمكن أن نلاحظ في الشكل (3-1) لوحاً مطلياً بالأسود يمتص الاشعاع الشمسي الوارد، وقد ثبت فوقه لوح زجاجي عادي، فعندما ترتفع درجة حرارة اللوح الأسود فإنه يصبح جزءاً من الحرارة على شكل أشعة تحت الحمراء.

ويكون للوح المطلي بالأسود المواصفات نفسها التي يتمتع بها الجسم الأسود black body



شكل (3-1)

المعرف في الفيزياء بـ((الجسم الأسود المثالي لا يتمتع فقط بأعلى معدل امتصاص وإنما أيضاً بأعلى معامل إصدار ولكافة أطوال موجات الضوء))

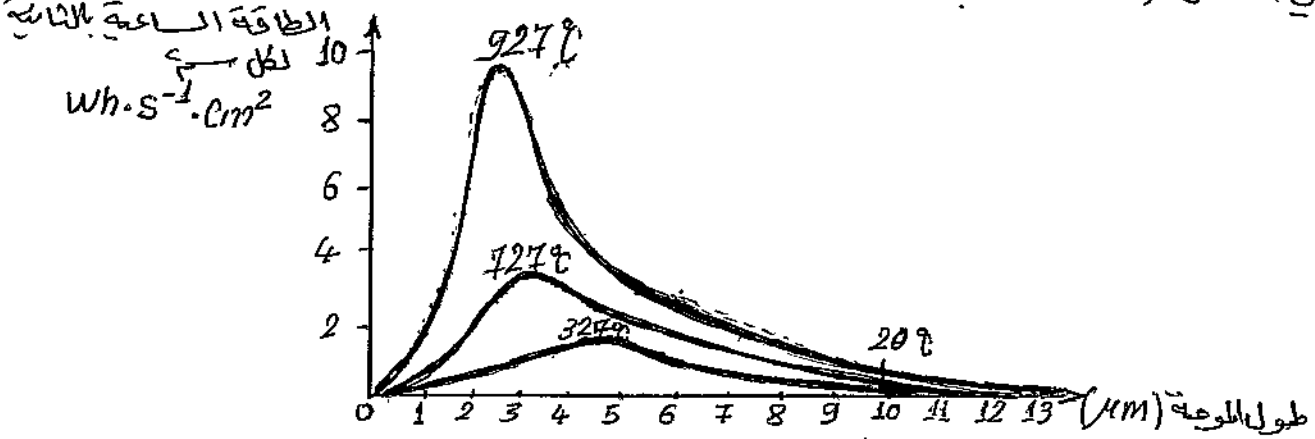
ويزداد الاصدار مع ازدياد درجة الحرارة وفق قانون أساسه T^4 ، ويكون الضوء المعاد إصداره ذي أطوال موجة أقصر وطاقة أكبر كلما ازدادت حرارة الجسم الأسود وهذا ما يعبر عنه قانون Wien التالي:

$$\lambda_{max} \cdot T = const = 2989 \ \mu m \ Kalvin$$

حيث: T - درجة حرارة سطح الجسم الأسود.

λ_{max} - طول الموجة التي يصل عندها الاصدار الضوئي إلى قيمة أعظمية.

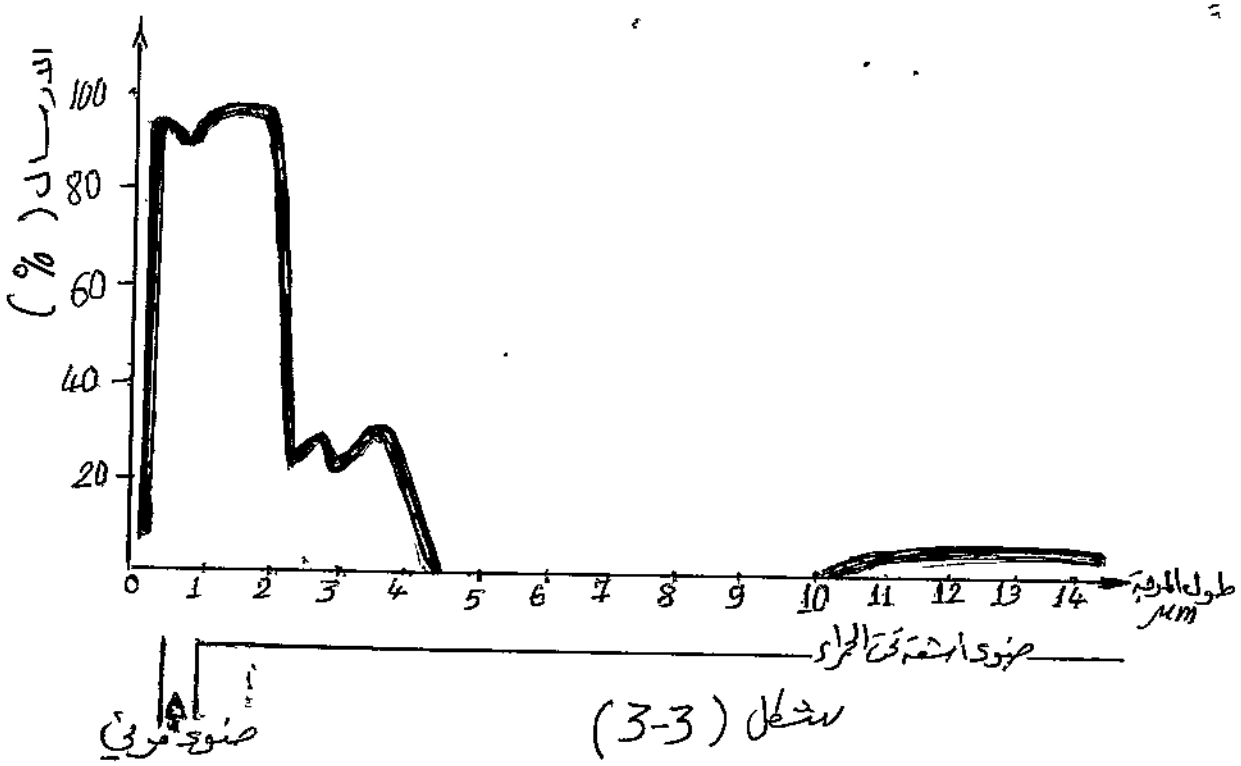
ويعطي الشكل (3-2) بعض الأمثلة عن إصدار الجسم الأسود عند درجات حرارة مختلفة



شكل (3-2)

تصدر الشمس الاشعاع كجسم أسود حرارة سطحه تبلغ 5700°K وهذا يوافق اصداراً أعظمياً عند 0,5 μm ، في حين يعطي الجسم الأسود وعند درجة حرارة الغرفة إصداراً أعظمياً للاشعاع عند حوالي 10 μm والذي هو ضمن طيف الاشعة تحت الحمراء على المرئية.

يكون للوح الزجاج العادي المبثث فوق اللوح الأسود في المستثبت الزجاجي امتصاصية طيفية spectral absorptivity يمكن تبيانها بواسطة الشكل (3-3) (نفس المنحني ينطبق على البلاستيك) لذا فإن الزجاج الذي يكون شفافاً للاشعة المرئية هو ماص للاشعة تحت الحمراء التي يصدرها الجسم الأسود عندما يطلق حرارته الزائدة، ويتميد إصدار الأشعة تحت الحمراء التي امتصها الزجاج في كافة الاتجاهات، حيث يصير نصفها نحو الخارج ويضيع نصفها الثاني نحو الجسم الأسود الذي يعود لامتصاصها، وبذلك تتراكم الحرارة



شكل (3-3)

ألكل فألكل في اللوح الأسود مؤدية لارتفاع درجة حرارته، ويحصل التوازن عندما تتساوى الطاقة المكتسبة نتيجة امتصاص الضوء المرئي مع الطاقة الضائعة بإصدار الأشعة تحت الحمراء عبر اللوح الزجاجي، وعند درجات حرارة مرتفعة فإن أطوال موجات اصدار الأشعة تحت الحمراء تصبح أقصر، فعند درجة حرارة (200 °C) يتم إصدار الإشعاع الأعظمي عند حوالي 6μm بالمقارنة مع 10μm عند درجة حرارة الغرفة، وأخيراً فعند درجة (500 °C) يتم الإصدار عند 4μm وهي قيمة طول الموجة التي يصبح عندها الزجاج شفاف للأشعة تحت الحمراء.

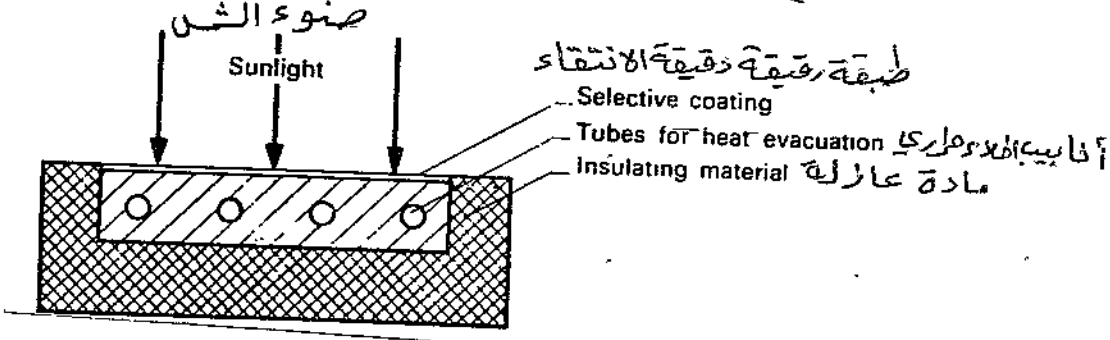
يوجد نوع آخر من المستنبتات الزجاجية، يمكن استعماله بشكل مستقل، أو مع النوع السابق الذي شرحناه، هذا النوع يعتمد على السطوح الناظمية (selective surfaces) التي تمتلك معامل امتصاص مرتفع في الجزء المرئي والقريب منه من الأشعة تحت الحمراء من الطيف، ولكنها تعكس الجسم الأسود تمتلك معامل اصدار منخفض خلف الموجة التي أطوالها (2μm).

لذلك فإن السطح الناظم لوحده، وبدون اللوح الزجاجي سوف يسخن تحت أشعة الشمس مثله مثل اللوح الأسود وتمتص أشعة الشمس بشكل جيد، لكن وبسبب إصداريته المنخفضة ($\varepsilon = 0,02$) فإنه يمكن الحفاظ على توازن الطاقة الحرارية.

ويتم الحصول على السطوح الماصة بترسيب طبقات رقيقة من معادن مختلفة كالنيكل المطلي كهربائياً بالأسود أو البيريليوم، والكاسيد المعادن (كأكسيد النحاس المشكل كيميائياً على الألمنيوم المصقول أو أكسيد الكوبالت أو النيكل أو طبقات موضعة بالتبخر من SiO، MgF، Fe_2O_3)، بحيث تحصل على تداخل ضوئي، وتعتبر السيليكون وأصناف النواقل الأخرى ذات الامتصاصية العالية للضوء المرئي والامتصارية العالية للأشعة تحت الحمراء مواد ناصعة، وفي كل الأحوال من المرام أن نجمع امتصاصية عالية مع نسبة امتصاص/إصدار عالية. يبين الجدول (4-3) خواص بعض المواد ذات الطبقات الماصة.

الطبقة	الامتصاص الشمسي α	الامتصارية الحرارية ϵ	عامل الأداء (الكفاءة) α/ϵ
التنغستين العاتم	0,96	0,26	3,7
سيليكون المفضض	0,76	0,06(773 K)	12
النيكل الأسود	0,90	0,08(573 K)	11
الكروم الأسود	0,98	0,19(573 K)	5,1
الكروم الأسود مع النيكل البيني	0,93	0,19(573 K)	4,8
الفضة مع ZrNy	0,85	0,03(600 K)	24

يبين الشكل (4-3) مبدأ الجمع ذي السطح المستوي Flat Plate Collector الذي يستخدم مبدأ السطوح الماصة المستعمل في المستنبتات الزجاجية.



شكل (4-3)
المجمع الحراري البسيط

٤ ـ ١ ـ ٥ توجد اتجاهات مختلفة تماماً لتطبيقات الخاصات الناحية حيث يسقط الضوء على قطوع عاكسة تقوم بتركيزه على سطح ماص أسود وهنا تنخفض الضياعات الحرارية للأشعة تحت الحمراء بالمقارنة مع الجمع الأسود العادي لذلك منطقة الامتصاص محدودة بتركيبة التركيز، يوضح ذلك الشكل (6-3). ويبرر من الشيع اقتصادياً استعمال السطوح الناصية مع الألواح الزجاجية بدلاً من السطوح الماصة، ويمكن أن يتم ذلك مثلاً باستعمال صفيحة زجاجية يغطي سطحها السفلي طبقة رقيقة من أوكسيد الزنك (SnO_2) أو مادة مشابهة، والتي تحدد خواصها البصرية بتركيز الالكترونيات الحرة والمساة مرايا Drude، وتكون مادة (SnO_2) شفافة للضوء المرئي وعاكسة جيدة للأشعة تحت الحمراء، مثل هذا النظام يمكن أن يعطي درجة حرارة عظمى 250°C ودرجة حرارة تشغيل بين (50 ÷ 90)°C والفائدة الكبيرة هي أن صفائح الزجاج المغطاة بطبقة SnO_2 متوفرة بشكل صناعي.

أحياناً يضاف لوح زجاجي آخر إلى التركيبة السابقة، حيث يحقق المزايا التالية:

1- تخفيض الضياعات الناتجة عن النقل بالطواء وهذا هام جداً في المناطق كثيرة الرياح.

2- تخفيض ضياعات الإشعاع تحت الحمراء بمقدار 25%، لأن نصف سعة الـ 50% التي يصدرها اللوح الأول خارجاً يعاد إصدارها إلى الداخل بواسطة اللوح الثاني.

ليس من الجدي استعمال أكثر من لوحين زجاجيين بسبب حقيقة أن كل لوح يمتص 15% من أشعة الشمس الواردة.

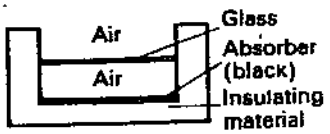
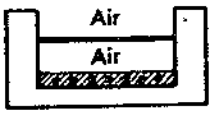
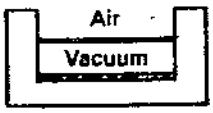
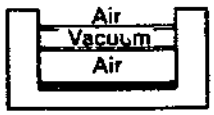
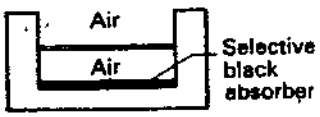
أما فيما يتعلق بتخليص الحرارة (استجرارها) من الجمع فلدينا طريقتان:

أ- أن يتم تركيب الجاري (ducts) في الماص، حيث يسري فيها السائل (الماء غالباً).

ب- أن يسري الطواء في الفراغ بين الماص واللوح الزجاجي.

يبين الجدول (2-3) توصيفاً لامتصاصات التصاميم المختلفة.

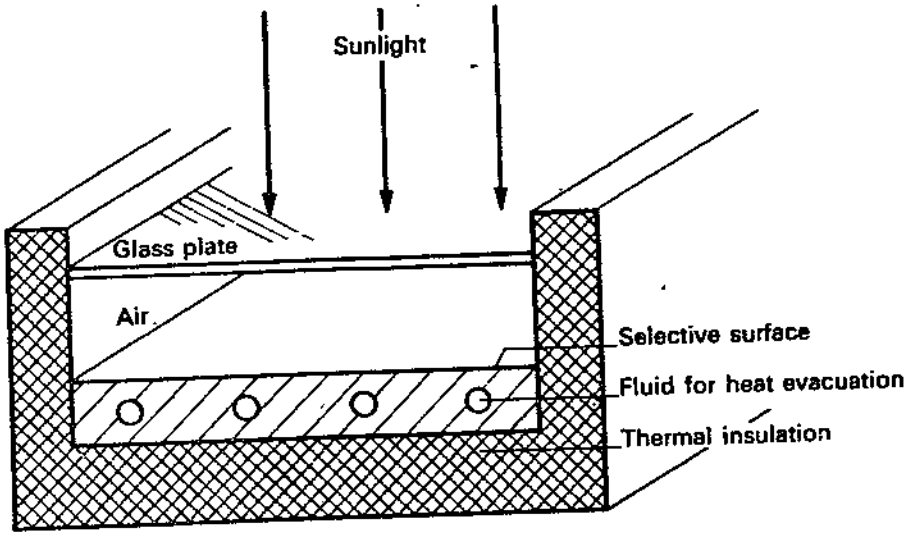
جدول (3-2)

Design	*Absorber type*	*Type of heat extraction*	*Practical performance at very high insolation intensities*
1. 	Black	Circulating air	~50 °C to 70 °C when 50% of heat extracted
2. 	Black	Circulating water	~50 °C to 70 °C when 50% of heat extracted
3.	Black	Circulating air (or circulating water)	~160 °C when no heat extracted ~50 °C to 70 °C when 50% of heat extracted
4. 	Black	Circulating water	>160 °C when no heat extracted
5. 	Black	Circulating air (or circulating water)	>160 °C when no heat extracted
6. 	Selective	Circulating air (or circulating water)	~250 °C when no heat extracted ~100 °C when part of heat extracted

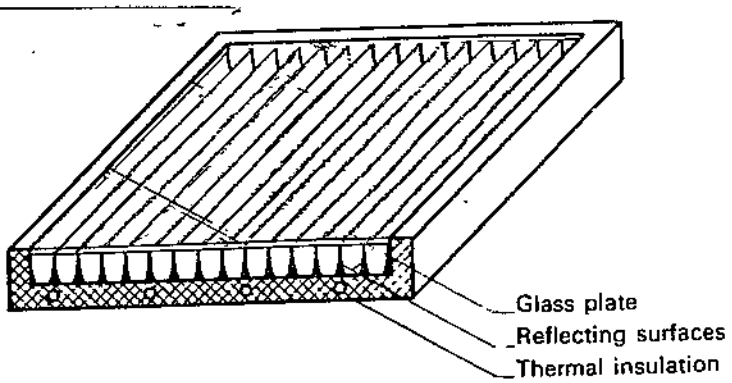
Selective black = high absorptivity for visible light, low emissivity in the infra red (semi-conductor layers, interference layers).

من الناحية العملية تعتبر الشكل (4-3) غير فعال بسبب الضياعات الحرارية إلى الهواء المحيط الملامس للصفيحة المسخنة لذلك دائماً نستخدم صفيحة زجاجية لكي تعيد إشعاع نصف كمية الإشعاع الحراري ، وتعزل الصفيحة المسخنة عن الهواء المحيط، هذا ما يمثله الشكل (5-3).

وإذا لم يحصل أي تخليص للحرارة من الجهاز ، فإنه يمكن أن يحصل ويحفظ درجة حرارة حوالي 50°C لذلك يبدو خطأ استعمال ألواح بلاستيكية على مقاومة للحرارة بدلاً عن الزجاج ، فإذا توقف دوران الحرارة فإن المجمع المذكور يمكن أن يتشوه أو أن يحصل فيه حريق.



الشكل (3-5) المجمع الحراري الشمسي الاساسي



الشكل (3-6) المجمع المستوي ذي السطح الناخب

لا توجد إجابة دقيقة عن المردود الذي يمكن أن نصل إليه ، لأنه هناك طرق كامل من قيم المردود تعتمد على مؤشرات التصميم إضافة إلى اعتمادها على شدة الضوء والظروف المناخية والدرجة الحرارية الأصفرية المطلوبة ومعدل استمرار الحرارة.

فمثلاً مردود المجمع لنظام تسخين مياه الشرب والتسخين البارد للنظام كامل مطلوب (درجة حرارة بداية) مشمس الصباح تسخين الماء والزجاج وطبقة العزل والهواء بعد ليلة باردة يؤدي إلى أن الحرارة تكون أعظمية بعد فترة الظهيرة.

في حالة التشغيل العادية يكون المردود الكلي η_c للمجمع ذي اللوح مساوياً لجداء المردود الضوئي η_o في مردود التجميع الحراري η_t ويكون المردود الضوئي مستقلاً عن درجة حرارة النظام وشدة الضوء ومعتمداً على زاوية سقوط الضوء ، أما المردود الحراري فهو تابع لدرجة حرارة النظام وشدة الضوء.

يتراوح المردود الضوئي لمعظم المجمعات المطورة المستوية بين (75-80%) وذلك بعد الأخذ بعين الاعتبار أن عامل النقل سيكون مقداره (86%) للزجاج التجاري العادي عند سقوط عمودي للضوء (يوجد أنواع من الزجاج صيانته لاتجاوز 2% ولكنه لا يستعمل لغلاء ثمنه وقابليته للانكسار بسرعة) والقطاسية مقدارها (5 ÷ 10%) للماص الأسود.

* تطبيقات الحرارة الشمسية :

رأينا في الآن أنه يمكن استعمال المجمعات الشمسية المسطحة المطلية بالأسود في درجات تشغيل أعظمية (t 100) ، والحصول على درجات حرارة شمسية أعلى لابد من استخدام سطوح ناظمية أو توجيه أشعة الشمس قبل التقاطها وتوجيه المجمعات وسنعطي درجات الحرارة الأعلى من (t 100) بمجال الحرارة العالية الدرجة ، ومن بعض التطبيقات النموذجية للحرارة عالية الدرجة هي :

1- الطباخ الشمسي.
2- الأفران الشمسية.
3- انتاج ماء عالي الحرارة.
4- انتاج بخار التصليع Process Steam
5- التحويل الثرموديناميكي لإواسع النطاق للحرارة إلى طاقة ميكانيكية وكهربائية.

لذ توجد إجابة حقيقة عن المردود الذي يمكن أن نصل إليه ، لأنه هناك طرق كامل من قيم المردود تعتمد على مؤشرات التصميم إضافة الى اعتماده على شدة الضوء والظروف المناخية والدرجة الحرارية الأسفرتية المطلوبة ومعدل استمرار الحرارة.

فمثلاً مردود المجمع ليس ثابتاً على مدار اليوم والسنين البارد للنظام كامل مطلوباً (درجة حرارة بداية) في شمس الصباح تتغير الماص والزجاج وطبقة العزل والهواء بعد ليلة باردة يؤدي إلى أن الخزان تكون أعظمية بعيدة الظهيرة.

في حالة التشغيل العادية تكون المردود الكلي η_c للمجمع ذي السطح مساوياً لجداء المردود الضوئي η_o في مردود التجميع الحراري η_t ويكون المردود الضوئي مستقلاً عن درجة حرارة النظام وشدة الضوء ومعتمداً على زاوية سقوط الضوء ، أما المردود الحراري فهو تابع لدرجة حرارة النظام وشدة الضوء.

يتراوح المردود الضوئي لمعظم المجمعات السطوح المستوية بين (75-80%) وذلك بعد الأخذ بعين الاعتبار أن عامل النقل سيكون مقداره (85%) للزجاج التجاري العادي عند سقوط عمودي للضوء (يوجد أنواع من الزجاج صناعاته لاتجاوز 5% ولكنه لايستعمل لغلاء ثمنه وقابليته للانكسار بسرعة) والغطاسية بمقدار (5 ÷ 10%) للماص الأسود.

* تطبيقات الحرارة الشمسية :

وأيضاً من الآن أنه يمكن استعمال المجمعات الشمسية المسطحة المطلية بالأسود من درجات تشغيل أعظمية (t 100) والحصول على درجات حرارة شمسية أعلى لابد من استخدام سطوح ناظمية أو توجيه أشعة الشمس قبل التقاطها وتوجيه المجمعات وسنجد درجات الحرارة الأعلى من (t 100) بمجال الحرارة العالية الدرجة ، ومن بعض التطبيقات النموذجية للحرارة عالية الدرجة هي :

1- الطباخ الشمسي.
2- الأفران الشمسية.
3- انتاج غاز عالي الحرارة.
4- انتاج بخار التصليع Process Steam
5- التحويل الثرموديناميكي الواسع النطاق للحرارة الى طاقة ميكانيكية وكهربائية.

جامعة حماه
الكلية التطبيقية
قسم التغذية
سنة ثالثة

المحاضرات (٨ - ٩ - ١٠ - ١١)
مقرر
الطاقات المتجددة

الكهرباء الشمسية
SOLAR ELECTRICITY

عمليات التبديل الممكنة لتوليد الكهرباء الشمسية

Overiew of potential conversion processes for solar electricity generation

توجد طريقتان أساسيتان لتبديل اشعاع الشمس الى طاقة كهربائية مفيدة : (١) التبديل المباشر بواسطة نقل الطاقة الاشعاعية radiative energy الى الكترونات جسم صلب ، (٢) تبديل الاشعاع الى حرارة ثم الى كهرباء بعملية ترموديناميكية وهي دورة كارنو Carnot process في الشروط المثالية .

ومن المهم أن نلحظ هنا أن أنظمة التحويل المباشر يمكن أن تتم بدرجة الحرارة المحيطية وهي مناسبة أيضاً للاستخدامات الشمسية في المناخ البارد ؛ أما الانظمة الاخرى البديلة فهي تعمل عند درجات حرارة أعلى من درجة الحرارة المحيطية ، ولذلك فهي محصورة الى حد كبير بالمناخات الدافئة والمشمسة ؛ وهي تتطلب بالاضافة الى منبع حار ، مصدر آخر بارد هو في الحياة العملية إما الماء أو تبريد الهواء ، ويلخص الجدول رقم (3-3) أشكال عمليات التبديل .

ولعل أفضل طرق التبديل المباشر للاشعاع الشمسي هي الخلايا الشمسية solar cell والتي تعتبر أجهزة ذات أداء جيد ، وقد طوّرت نتيجة لأهميتها كمنبع أساسي للطاقة في المركبات الفضائية .

تعمل الخلايا الغلفانية الضوئيـــة photogalvanic cells عـــلى نفس المبـــدأ الفيزيائي الذي تعمل بموجبه الخلايا الكهرضوئية photovoltaic cells وقد وجدت اهتماماً متزايداً في الآونـــة الاخيرة لأنها بالاضافة الى امكانيتها توليد الطـــاقة الكهربائية ، فهي يمكن أن تطبق أيضاً على التحليل الضوئي photolysis للمـــاء • إلا أن مردودها ووتيرة تطويرها هما أقل بكثير مما للخلايا الشمسية ، لذا فلا تزال أهميتها العملية هامشية في الوقت الحاضر وهي تمثل خطاً هاماً في البحث العلمي الاساسي •

اضافة الى ذلك فان الإنابيب الضـــوئية phototubes والتي تنبعث فيها الالكترونات من المهبط cathod بتأثير الاضاءة ، يمكن أن تستخدم في توليد الطاقة الكهربائية • إلا أن الابحاث حولها لا تزال ضئيلة بسبب عدم ملاءمتها تماماً لذلك •

أما التبديل غير المباشر للإشعاع الشمسي الى حرارة فيمكن الوصول اليه بجمع أي جهاز لالتقاط حرارة الشمس مع أي من عمليات التحويل التيرموديناميكية، وعلى ضوء التطور الحالي فمن الواضح أن الافضلية تعطى هنا لعملية التحويل الميكانيكي للحـــرارة بسبب ملاءمتها وارتفاع مردودها وانخفاض تكاليفها • وأما المولدات التيرموكهربائيـــة thermoelectric gen والاجهـــزة التيرموايونية thermoionic dev فهي أقل جاذبية بسبب مردودها المنخفض وتكاليفها المرتفعة • كما أن المولدات المغناهيدروديناميكية MHD Magnetohydrodynamic هي ذات درجات حرارة عالية جداً (1000 °C على الاقل) اضافة الى أنها لم تطوّر بشكل يثير الاهتمام في الوقت الحاضر •

ان خبرتنا الحالية في المولدات الكهروحرارية قد نتجت عن استعمال هـــذه المولدات منذ فترة طويلة لتوليد الطاقة الكربائية ، إما باستعمال طاقـــة الفيـــول محطـــات الاتصالات telecommunication station / أو باستعمال الطـــاقة النووية كما في المحطات الفضائية •

الجـدول (3-3) عمليات توليـد الكهرباء الشمسية

التبديـل المباشـر	تبديل الاشعاع الى حرارة	تبديل الحرارة الى كهرباء
١ـ التأثـير الضـوئي الداخلي في انصاف النواقل ، الخلايـا الشـمسية	١ـ المجمـع المسـتوي Flat plate collector greenhouse effect	١ـ التبديل الميكانيكي
		١ـ١ محـرك الاحتراق الداخلي
٢ـ الانبعـاث الضـوئي للالكترونـات مـن سـطوح المعـادن ، الانابيب الضوئية	٢ـ التركيـز الوسـطي حتى عامـل ١٠٠ ، جهاز التركيز الخطي linear focus device	١ـ٢ دورة رانكـن ، العنفة البخارية
	٣ـ التركيـز العـالي central receiver device	١ـ٣ دورة برايتـون ، العنفة الغازية
		٢ـ التبديل الستاتيكي
		٢ـ١ التأثير التيرمـو ـ كهربائي الداخلي في انصاف النواقل
		٢ـ٢ الانبعاث الحراري للالكترونات مـن سطوح المعادن
		٢ـ٣ المحولات المغنـاـ هيدروديناميكية MHD

أما المزدوجات الحرارية typical thermocouples مثل النموذج PbTe فهي تعمل عنـد مردود تيرموديناميكي مقداره 6% عند 500 °C بالمقـارنة مع مردود 40% للعنفة البخارية عند نفس درجة الحرارة • كما أن كلفة واحدة الطاقة الناتجة عن المزدوجة الحرارية هي أعلى بكثير منها للخلايا الشمسية ، كما أن الابحاث حول تخفيض هذه الكلفة لا تزال ضعيفة جداً •

وبالرغم من أن محاولات عديدة قد جرت في الماضي لاستخدام المولـدات الكهروحرارية في عمليات تحويل الحرارة الشمسية ، إلا أن جميع هذه المحاولات قد استبعدت .

كذلك فان الوضع هو نفسه بالنسبة للمحولات التيرموايونية thermoionic والتي كانت موضع جهود وافرة في الماضي ، لاستخدامها كمنبع طاقة في الفضاء الخارجي باستعمال الوقود النووي ، أو في تطبيقات الغواصات submarine . فهي تتطلب درجات حرارة حوالي 1700 °C للوصول الى مردود 15% حتـى 19% ، وهذه الدرجة غير الملائمة لخواص تشغيل محولات الطاقة الشمسية ، بالاضافة الى المشـاكل التكنولوجية الكثيرة التـي واجهت تطـور الثنائيات التيرموايونية ، بيّنت أن هـذه المحولات ليسـت مرشحة ناجحـة للتطبيقات المستقبلية .

على ضوء المناقشة السابقة ، يمكن القـول أن العمل في توليـد الكهرباء الشمسية حالياً وفي المستقبل يجب أن يعتمد على مجموعتين من العمليات هما الخلايا الشمسية ، والتحويل الميكانيكي بواسطة المحركات ، وسترد مناقشة هذه العمليات في فصول لاحقة .

٣ ـ ٢ ـ ١ اعتبارات عامـة : General considerations

٣ ـ ٢ ـ ١ ـ ١ عملية التبديل التيرموديناميكي :

The thermodynamic conversion process :

يمكن لحرارة الشمس ـ كالوقود الحجري والطاقة النووية ـ أن تحوّل انى كهرباء بعملية تيرموديناميكية ، هي ذات أهمية كبيرة في حياتنا العملية اليوم . وهناك طرق متعددة لاجراء ذلك كاستخدام المحرك ذي البستون ، دورة رانكين Rankine (بما فيها العنفة البخارية) ، أو العنفة الغازية . ولعل المزية الكبرى لهذه العملية هي أن محركات التبديل المطلوبة يتم انتاجها على نطاق صناعي واسع ، أما المشكلة التي يتوجب حلها فهي تبديل الاشعاع الشمسي الى حرارة عند درجة حرارة ملائمة ، ومن ثم نقل هذه الحرارة الى المحرك .