الفصل الأول

تعريف بالطاقات المتجددة

تعريف بالطاقات المتجددة

إنَّ التطور الصناعي الهائل الذي شهده القرن العشرون وخاصة العقود الأخيرة منه ترافق بشراهة كبيرة في استهلاك الطاقة التي كان عمودها الفقري طاقة الفحم الحجري والنفط ليصبح النفط والغاز لاحقاً هما المصدر الأساسي للطاقة ويطلق على مصادر الطاقة هذه (موارد الطاقة الأحفورية).

إنَّ التسارع في استهلاك موارد الطاقات الأحفورية أدى لظهور نتائج بالغة الخطورة على مستقبل التطور الاقتصادي والاجتماعي للبشرية ككل:

أ- التلوث البيئي الذي تحول تدريجياً إلى كارثة بيئية حقيقية تصيب كل أشكال الحياة على الأرض وتهدد بأفدح الأخطار (تلوث مادي للماء والتربة والهواء وتلوث حراري: ارتفاع درجة حرارة الأرض وثقب طبقة الأوزون).

ب- إمكانية نضوب هذه الموارد بسرعة بسبب استهلاكها الشره والجائر وما يجره ذلك من نتائج وخيمة على التطور الصناعي والاقتصادي والاجتماعي ويهدد بالعودة بالبشرية قرونا إلى الوراء.

أمام هذه المخاوف الجدية لقي البحث عن مصادر طاقة بديلة عن الطاقات الأحفورية اهتماماً كبيراً من قبل المجتمعات الأكثر استهلاكاً للطاقة أولاً. وسميت كل أشكال الطاقات الأخرى التي يمكن أن تحل محل موارد الطاقات الأحفورية بالطاقات البديلة (Alternative energy resources) ولم تدخل الطاقة النووية ضمن هذه التسمية لأنها أصلاً طاقة فلذات يمكن إضافتها لغوياً على الأقل إلى الطاقات الأحفورية وهي أيضاً قابلة للنضوب وأكثر خطورة وآثاراً سلبية على البيئة من الطاقات الأحفورية.

وتبين أنَّ أكثر أشكال الطاقات البديلة المتاحة هي أشكال متجددة أو أنَّ ما يستهلك منها يتم تعويضه بشكل مستمر، ولذلك سميت بالطاقات المتجددة

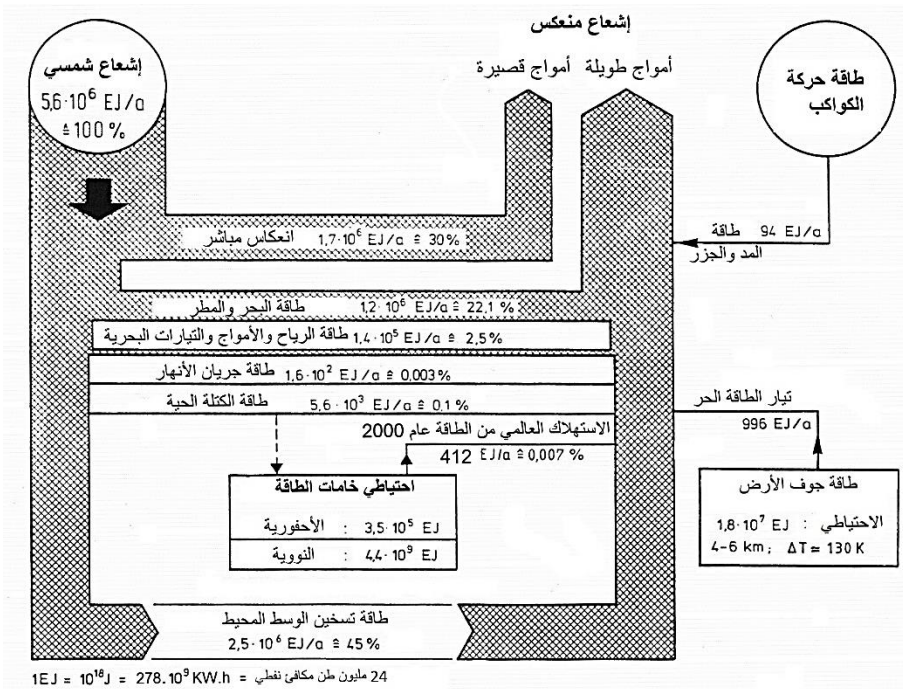
(Renewable Energy Resources or Regenerative Energy Resources).

تتميز هذه المصادر للطاقة بوفرتها ونظافتها، فهي صديقة للبيئة، ويتوفر منها احتياطي كبير يؤهلها لتصبح مصدراً موثوقا للطاقة إذا بذلت الجهود الكافية لاستثمارها وتطوير تقاناتها.

إنَّ مخطط التوازن الطاقي للأرض شكل (1-1) يقدم تصوراً واضحاً لمصادر الطاقات المتجددة ونسبته إلى أشكال الطاقة الأخرى المتاحة. يمكن إرجاع كل أشكال الطاقة على الأرض إلى المصادر التالية:

- طاقة الإشعاع الشمسي.
- طاقة تفكك النظائر لماغما جوف الأرض.
- طاقة جذب الكواكب.
- طاقة خامات الأرض (مصادر الطاقة الأحفورية والطاقة الذرية للخامات المشعة).

تصل إلى حدود الغلاف الجوي الخارجي للأرض طاقة شمسية تبلغ $5.6 \cdot 10^6[EJ/a]$ (علماً بأن $1[EJ] = 10^{18}[J] = 278 \cdot 10^9[kW \cdot h]$ هي الطاقة التي تستهلكها دولة صناعية متوسطة حالياً).



شكل (1–1) مخطط التوازن الطاقي للأرض ومصادر الطاقة الأولية

ينعكس من هذه الطاقة إلى الفضاء الخارجي على شكل أمواج قصيرة حوالي 30% أو بحدود $1.7 \cdot 10^6[EJ/a]$ ويصل إلى الأرض 70% أي $3.9 \cdot 10^6[EJ/a]$.

وهذه الطاقة الواصلة إلى الأرض تتحول بشكل طبيعي إلى أشكال مختلفة للطاقة حيث يصرف حوالي 22.1% أي ما يعادل $1.2 \cdot 10^6[EJ/a]$ لتبخير مياه من المسطحات المائية.

يتحول إلى طاقة رياح وأمواج وتيارات بحرية ما نسبته 2.5% أي ما يعادل $1.4 \cdot 10^5[EJ/a]$. أما طاقة المياه الجارية (الأنهار) فلا تزيد عن 0.003% أي حوالي $1.6 \cdot 10^2[EJ/a]$.

جزء صغير نسبياً تمتصه جزيئات اليخضور (الكلوروفيل) لإنتاج الكتلة الحية، ويبلغ هذا جزء بحدود $5.6 \cdot 10^3[EJ/a]$ ، وتبقى كمية كبيرة نسبياً تذهب لتسخين سطح الأرض اليابس والمائي وتبلغ حوالي $2.5 \cdot 10^6[EJ/a]$ أي حوالي 45% .

وكل ما تتلقاه الأرض من الطاقة الشمسية يتحول في النهاية إلى طاقة حرارية تبث إلى الفضاء الخارجي.

تؤدي قوة جذب الكواكب إلى حدوث ظاهرة المد والجزر واحتياطي الأرض من هذه الطاقة يقدر بـ $94[EJ/a]$.

أما طاقة جوف الأرض فيتسرب منها إلى السطح بسبب فرق درجات الحرارة تيار حراري صغير غير ملحوظ يبلغ$0.063[W/m^2]$ أو $63[kW/km^2]$ وهذا يعادل حوالي $1000[EJ/a]$ وجميع الطاقات المتحررة على سطح الأرض تتحول إلى طاقة حرارية تبث إلى الفضاء الخارجي.

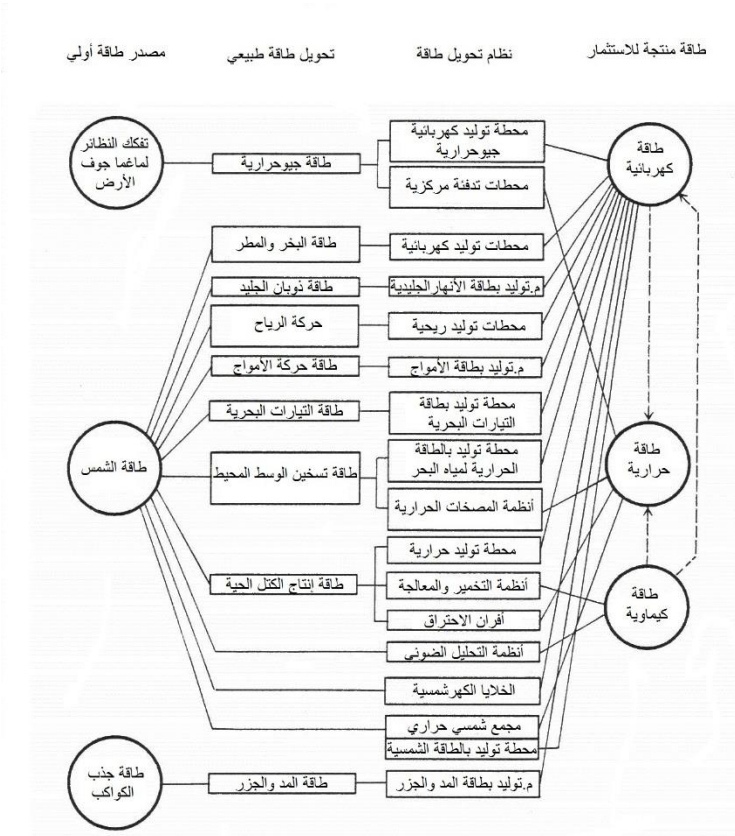
إنَّ الطاقة الشمسية التي تتلقاها الأرض تبلغ حوالي 10^4 ضعف الاستهلاك العالمي الحالي من الطاقة. أو بمعنى آخر يصلنا من الشمس من الطاقة أكثر مما نحتاج بآلاف المرات.

وليس من المستحيل تغطية احتياجاتنا للطاقة من الطاقة الشمسية الواصلة إلينا، وهذا يتعلق ببراعة سكان هذا الكوكب في تطوير التقانات والوسائل اللازمة لاستجرار ما يكفي حاجتهم من الطاقة من هذا المصدر الهائل.

إنَّ مقارنة بسيطة لما تتلقاه الأرض من طاقات متجددة مع احتياطي الطاقات الأحفورية مثلاً تكفي لإيضاح الصورة، حيث تتلقى الأرض من هذه الطاقات سنوياً أضعافاً (حوالي 15 ضعف) من الاحتياطي الكلي من الطاقات الأحفورية.

يعطي المخطط في الشكل (1-2) تصوراً شاملاً عن مصادر الطاقات المتجددة على الأرض وتحولاتها الطبيعية، وكذلك وسائل تحويلها المعروفة إلى طاقة مفيدة لتغطية حاجة الاستهلاك البشري.

بإلقاء نظرة على نظم تحويل الطاقة المستخدمة في استثمار الطاقات المتجددة يظهر مدى اعتماد استثمار الطاقات المتجددة على التطور العلمي بكافة نواحيه.



شكل (1-2) أشكال وطرق استثمار الطاقة المتجددة

فإذا كان استثمار بعض أشكال الطاقات المتجددة بالإمكانات العلمية والتقنية المتاحة حالياً لايزال مكلفاً، فإن هذه الكلفة تتناقص بسرعة مع تطور تقانات ووسائل الاستثمار والتطور العلمي بشكل عام. كما أنَّ ارتفاع كلفة وأسعار الطاقات الأحفورية بشكل كبير أدى إلى

حدوث توازن وربما أرجحيه في الكلفة للطاقات المتجددة على الطاقات الأحفورية حالياً. مما يؤكد أنه سيكون لها الدور الأبرز في المستقبل القريب.

المخطط في الشكل (1-3) يلقي الضوء على نسب الطاقات المختلفة في تغطية حاجة العالم إلى الطاقة عبر ثلاث قرون خلت والمتوقع خلال القرنين القادمين. ففي البداية كان حرق الأخشاب وبعض المخلفات الزراعية والحيوانية كافياً لتغطية الحاجة للطاقة الحرارية. وطاقة الحيوانات والإنسان كافية لإنجاز العمليات الإنتاجية والمواصلات، ولم يكن الإنسان يفكر في مشكلة التلوث البيئي أو يعاني منها.

لقد تم الاعتماد على طاقة الكتلة الحية بوفرة في حينه والتي لم تكن تحتاج إلى تقانات متطورة لاستثمارها بينما تأخر التفكير باستثمار بقية أشكال الطاقات المتجددة حتى ظهور الثورة الصناعية وتطور التقانات، علماً بأنَّ ذلك لا ينفي استثماراً محدوداً لبعض أشكال الطاقات المتجددة الأخرى كطاقة الرياح في تشغيل الطواحين الهوائية وتسيير السفن، وطاقة المياه في النواعير والمطاحن، والطاقة الشمسية في التجفيف والتسخين وكله بشكل بسيط وبدائي.

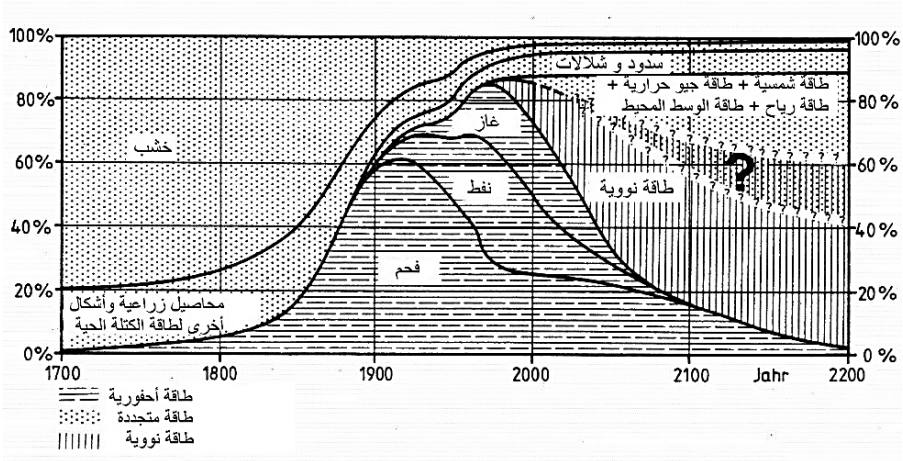
بدأ استثمار الطاقات الأحفورية بشكل واسع بالترافق مع الثورة الصناعية حيث كان الفحم الحجري في البداية ولاحقاً النفط ثم الغاز المصادر الأساسية للطاقة، وتراجع دور طاقة الكتلة الحية إلى حد كبير.

لكن الإفراط في استهلاك الطاقة الأحفورية خلق مشاكل كبيرة سبق أن نوهنا لها. وساعد التطور العلمي والتكنولوجي في البحث عن مصادر بديلة للطاقة، وبدأ استثمار الطاقات المتجددة والطاقة النووية بعد تحويلها بشكل أساسي إلى طاقة كهربائية يتطور بشكل ملحوظ.

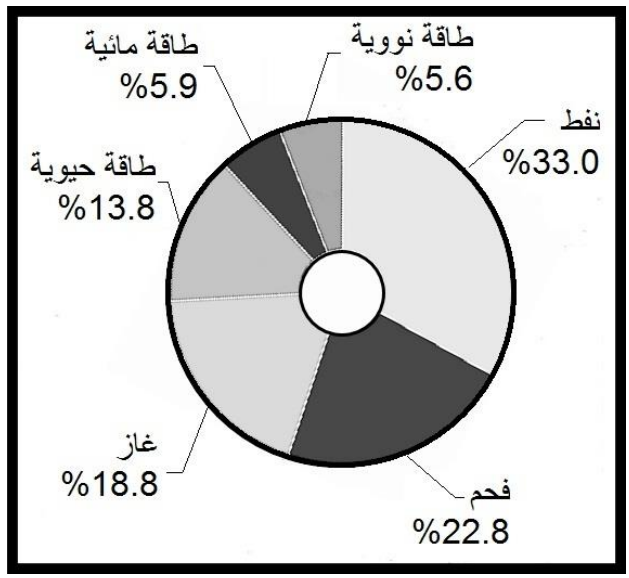
حسب المخطط يتوقع للطاقات المتجددة أن تغطي أكثر من نصف حاجة الاستهلاك العالمي من الطاقة خلال القرنين القادمين، على أن تغطي الطاقة النووية بقية الحاجة إلى الطاقة، وهذا سيترافق مع نضوب الطاقات الأحفورية.

إلا أنَّ ارتفاع أسعار مصادر الطاقة الأحفورية بشكل هائل خلال الفترة الأخيرة يدفعنا لنتوقع استثماراً أكبر للطاقات المتجددة لتكون المصدر الأساسي للطاقة، وربما تغطي معظم حاجة العالم إلى الطاقة مع نضوب موارد الطاقة الأحفورية.

يبين الشكل (1-4) النسب المئوية لاستهلاك الطاقة من المصادر المختلفة في عام 2000 حيث لا يزال حجم الطاقات المتجددة غير ملحوظ إذا استثنينا الطاقة الحيوية والمائية.



شكل (1–3) نسب الطاقات المختلفة في تغطية حاجة العالم إلى الطاقة عبر ثلاث قرون مضت والمتوقعة خلال القرنين القادمين



شكل (1–4) النسب المئوية لاستهلاك الطاقة من المصادر المختلفة عام 2000

الإشعاع الشمسي

الإشعاع الشمسي

2–1 الشمس كمصدر للطاقة:

يبلغ عمر الشمس 4.5 مليار سنة، ويقدر لها أن تستمر في إرسال أشعتها (وفق تقديرات علمية) فترة أخرى لا تقل عن عمرها الحالي. يبلغ قطر الشمس $1.39 \cdot 10^6[\text{km}]$ ، وكتلتها $2 \cdot 10^{30}[\text{kg}]$ ، وحجمها أكبر من حجم الأرض بمقدار $3.33 \cdot 10^5$ مرة.

يشكل الهدروجين 75% من كتلة الشمس والهليوم 23% ، أما بقية الكتلة أي 2% فتتألف من أكثر من 60 عنصر ثقيل على شكل أيونات أو ذرات مستقلة.

تجري في الشمس عملية الاندماج النووي حيث تندمج أربع ذرات هدروجين (أربع بروتونات) لتشكل ذرة هليوم. وبما أنَّ كتلة نواة ذرة الهليوم أقل من كتلة أربع بروتونات فإن الفرق في الكتلة Δm يتحول إلى طاقة حسب علاقة أينشتاين:

$$E = \Delta m \cdot C_0^2$$

C_0 : سرعة الضوء ($3 \cdot 10^8[\text{m/sec}]$)

في القسم المركزي من الشمس حيث يبلغ الضغط $200 \cdot 10^9[\text{bar}]$ ودرجة الحرارة $(8 \div 40)$ مليون درجة مئوية يتم توليد حوالي 90% من الطاقة الكلية.

يشكل الجزء المركزي من الشمس 15% من حجم الشمس الكلي و 40% من الكتلة الكلية وتبلغ كثافة المادة فيه $10^5[\text{kg/m}^3]$. يتم تحرير الطاقة في القسم المركزي من الشمس على شكل أشعة x و γ بموجات قصيرة جداً، يزداد طولها كلما انخفضت الحرارة مع الابتعاد عن مركز الشمس.

يسمى الجزء السطحي من الشمس الفوتوسفير، وتبلغ سماكته بضع مئات من الكيلومترات وكثافته 10^{-5} . من هذا الجزء تنطلق الأشعة الشمسية إلى الفضاء الكوني.

تلي طبقة الفوتوسفير طبقة الكروموسفير بسماكة $10^4[\text{km}]$ وهي طبقة ذات مادة كثافتها منخفضة جداً ودرجة حرارتها أعلى من سابقتها.

تنتشر أشعة الشمس في الفضاء الكوني حول الشمس بشكل كروي وتقل كثافة الأشعة مع الابتعاد عن الشمس.

يمكن حساب الطاقة الإشعاعية التي تحررها الشمس، وبالتالي ثابت الإشعاع الشمسي (أي شدة الإشعاع الشمسي عند حدود الغلاف الجوي للأرض) على الشكل التالي:

إشعاع الشمس يماثل إشعاع جسم أسود مطلق درجة حرارته $T_s = 5762[°K]$ انطلاقاً من هذه الفرضية وأن قطر الشمس يبلغ $1.39 \cdot 10^6[km]$ وباستخدام قانون ستيفان-بولتسمان ينتج:

$$J_s A_s = A_s \sigma T_s^4 = \pi D_s^2 \sigma T_s^4$$

A_s : مساحة سطح الشمس $[m^2]$

T_s : حرارة سطح الشمس $[°K]$

D_s : قطر الشمس $[m]$

σ : ثابت ستيفان-بولتسمان ($5.67 \cdot 10^{-8}[w/m^2K^4]$)

فتكون طاقة الإشعاع الشمسي:

$$J_s A_s = \pi \times (1.39 \cdot 10^9)^2 \times (5.67 \cdot 10^{-8}) \times (5762)^4$$

$$\Rightarrow \quad J_s A_s = 3.8 \cdot 10^{26}[w]$$

أما شدة الإشعاع الشمسي:

$$J_s = \frac{(3.8 \cdot 10^{26})}{\pi (1.39 \cdot 10^9)^2} = 62.5 \cdot 10^6[w/m^2]$$

وتمثل هذه الشدة شدة الإشعاع الشمسي عند سطح الشمس، وهذه الشدة تضعف بشكل كبير مع انتشارها عبر سطح كروي يكبر بالابتعاد عن الشمس.

ويمكن حساب هذه الشدة عند حدود الغلاف الجوي الخارجي للأرض إذا علمنا أنَّ الإشعاع الشمسي عند هذا البعد يكون قد انتشر على مساحة سطح كرة قطرها وحدتين كونيتين (الوحدة الكونية $\overline{AE}$ هي المسافة بين الشمس والأرض $\overline{AE} = 1.5 \cdot 10^8[km]$)

وعندها يكون:

$$J_s \pi D_s^2 = J_0 \pi D_0^2 \quad \text{أو} \quad J_s A_s = J_0 A_0$$

حيث:

J_0 : شدة الإشعاع الشمسي عند حدود الغلاف الجوي الخارجي للأرض (ويسمى ثابت الإشعاع الشمسي) مقاساً بالواط.

D_0 : قطر الدائرة الكونية التي نصف قطرها المسافة بين الأرض والشمس وقطر يبلغ:

$$D_0 = 2\overline{AE} = 3 \cdot 10^{11}[m]$$

ومنه يمكن حساب J_0 :

$$J_0 = J_s\left(\frac{D_s}{D_0}\right)^2 = (62.5 \cdot 10^6) \times \left(\frac{1.39 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^{11}}\right)^2 = 1341\left[\frac{w}{m^2}\right]$$

ووفق قياسات حديثة تم اعتماد $J_0 = 1360[w/m^2]$ وتسمى هذه القيمة بثابت الإشعاع الشمسي. وتعتمد في عمليات حساب الإشعاع الشمسي رغم أنها تتغير قليلاً بحسب تغير بعد الأرض عن الشمس. ويبلغ مقدار التغير في هذه القيمة حوالي $\pm 4.4\%$ وتتراوح شدة الإشعاع الشمسي عند حدود الغلاف الجوي الخارجي بين $1293[w/m^2]$ صيفاً و 1412 شتاءً.

إنَّ طيف الإشعاع الشمسي يتراوح بين الأشعة الكونية بأمواج قصيرة جداً $10^{-20}[m]$ وحتى أمواج بطول عدة كيلومترات. إنَّ نسبة 99% من الإشعاع الشمسي ذو موجات طولها يقع في المجال $(0.27 \div 4.96[\mu m])$.

تقع شدة الإشعاع العظمى عند طول موجة $0.5[\mu m]$ وسط مجال الأشعة المرئية، وبالتالي فإنَّ حوالي 90% من الإشعاع الشمسي يقع في مجال الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء. و 48% من هذا الإشعاع يقع في مجال الأشعة المرئية $(0.38 \div 0.78[\mu m])$.

يمكن حساب شدة الإشعاع الشمسي الفعلية عند حدود الغلاف الجوي الخارجي لأي يوم من أيام السنة أيضاً من العلاقة التقريبية التالية:

$$J_0 = 1367 \cdot [1 + 0.33\cos(360 \cdot n/365)]$$

n : رقم اليوم في السنة $(1 \div 365)$.

2–2 الإشعاع الشمسي على سطح الأرض:

يصل إلى حدود الغلاف الجوي الخارجي للأرض طاقة من الإشعاع الشمسي كما ذكرنا تبلغ $5.6 \cdot 10^6[EJ/a]$ يقوم الغلاف الجوي بامتصاص حوالي 30% من هذه الطاقة ويعيد إشعاعها إلى الفضاء الخارجي مرة أخرى. يذهب حوالي 45% من هذه الطاقة لتسخين سطح الكرة الأرضية و 23% لتبخير الماء وتشكيل السحب. إنَّ نسبة 0.2% من هذه الطاقة هي التي تؤدي إلى تشكيل الأمواج والتيارات البحرية في المحيطات. ونسبة 0.5% تتحول إلى طاقة رياح وتيارات هوائية في جو الأرض، ونسبة أقل تستخدم في عملية التمثيل الضوئي لإنتاج الكتلة الحية. إنَّ نصيب اليابسة من الطاقة الشمسية التي تتلقاها الكرة الأرضية هو أقل من الربع.

تتأثر شدة الإشعاع الشمسي الذي تتلقاه الأرض بخط العرض والزمن اليومي والسنوي وكذلك بالأحوال الجوية السائدة. ويبلغ الحد الأعظمي لشدة الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض $1100[w/m^2]$ منها $1000[w/m^2]$ على شكل إشعاع مباشر وحوالي $100[w]$ أشعة منتشرة أو إشعاع غير مباشر.

2–3 الإشعاع الشمسي في القطر العربي السوري:

يتلقى الحزام الصحراوي على جانبي خط الاستواء أكبر كمية من الإشعاع الشمسي. ويدخل في هذا الحزام المنطقة العربية ووسط آسيا واستراليا وأجزاء من الأمريكيتين. يتراوح متوسط الإشعاع الشمسي السنوي على سطح الأرض $2500[kwh/m^2] \div 850$.

وبما أنَّ القطر العربي السوري يقع ضمن المناطق الأكثر تعرضاً للإشعاع الشمسي فإنَّ معدل الإشعاع الشمسي السنوي يصل إلى $2300[kwh/m^2]$ ، وبهذا المعدل يتلقى القطر سنوياً ما يزيد عن $4 \cdot 10^{14}[kwh]$ أو ما يعادل $14.4 \cdot 10^2[EJ]$ أي أكثر من ثلاثة أضعاف الاستهلاك العالمي من الطاقة، أو آلاف المرات أكثر من حاجة القطر إلى الطاقة.

2–4 الإشعاع الشمسي على السطح الأفقي:

يصل إلى سطح الأرض من الإشعاع الشمسي وعلى سطح عمودي على الأشعة الشمسية إشعاع مباشر يمكن حسابه من العلاقة:

$$J_{EV} = 0.8\, J_0 \sin h$$

h : هي الزاوية بين الشعاع الشمسي الوارد والسطح الأفقي ونطلق عليه ارتفاع الشمس.

أما شدة الإشعاع الشمسي المباشر على السطح الأفقي فيمكن حسابه من العلاقة:

$$J_{Eh} = J_{EV} \sin h = 0.8\, J_0 \sin^2 h$$

يمكن حساب زاوية ارتفاع الشمس من العلاقة التالية:

$$\sin h = \sin\delta \sin\varphi + \cos\delta \cos\varphi \cos\gamma$$

φ : زاوية خط العرض للمنطقة المعنية.

δ : زاوية انحراف الشمس وتتعلق بالشهر واليوم من العام.

γ : الزاوية الساعية للشمس.

تحسب δ من العلاقة التالية:

$$\delta = 23.4 \sin\left[(D_y - 81)360/365\right]$$

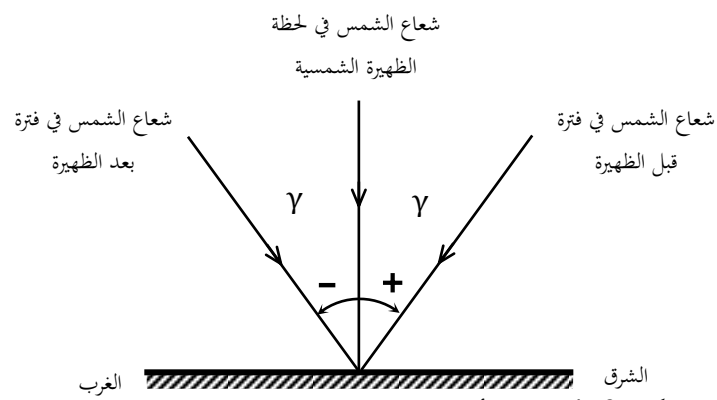
D_y : رقم اليوم في السنة من 1 وحتى 365 اعتبارا من بداية العام.

أما الزاوية الساعية للشمس γ فتحسب من العلاقة:

$$\gamma = 15(12 - Z)$$

Z : رقم الساعة في اليوم.

15 : هو عدد الدرجات التي تدورها الأرض حول محورها في الساعة الواحدة، وبالتالي فإن γ تمثل الزاوية بين شعاع الشمس في اللحظة المدروسة وشعاع الشمس في لحظة الظهيرة الشمسية كما هو موضح في الشكل (2–1).



شكل (2–1) مسار الأشعة الشمسية في مستوي المدار النسبي للشمس

2-5 طول النهار:

استناداً إلى علاقات الإشعاع الشمسي يمكن حساب طول النهار حيث يبدأ النهار بارتفاع للشمس يساوي الصفر ليبلغ قيمة أعظمية في الظهيرة ويعود ليبلغ الصفر عند الغروب.

تتراوح γ بين الصفر في لحظة الظهيرة وقيمة معينة في لحظة الغروب أو الشروق. إذا تم تحديد قيمة هذه الزاوية يمكن تحديد الفترة التي تشع فيها الشمس. أو بالأحرى طول النهار الذي يحسب بالعلاقة:

$$S_d = (2\gamma_{h=0})/15$$

$2\gamma_{h=0}$: هي الزاوية التي تدورها الأرض حول محورها من لحظة الشروق حتى لحظة الغروب. وتحسب $\gamma_{h=0}$ من علاقة زاوية ارتفاع الشمس h عندما يكون هذا الارتفاع مساوياً للصفر أي:

$$0 = \sin\delta\sin\varphi + \cos\delta\cos\varphi\cos\gamma_{h=0}$$
$$\Rightarrow \quad \cos\gamma_{h=0} = -(\sin\delta\sin\varphi)/(\cos\delta\cos\varphi)$$
$$\cos\gamma_{h=0} = -\tan\delta\tan\varphi$$
$$\Rightarrow \quad \gamma_{h=0} = \arccos(-\tan\delta\tan\varphi)$$

2-6 كمية الإشعاع الشمسي اليومي:

إنَّ معرفة طول النهار وشدة الإشعاع الشمسي في كل لحظة من لحظات النهار تسمح بحساب كمية الإشعاع الشمسي خلال يوم معين، وذلك بإجراء تكامل على شدة الإشعاع الشمسي طيلة نهار اليوم المعني:

⇐ كمية الإشعاع اليومي على السطح العمودي على أشعة الشمس:

$$G_{DV} = \int_{Z_1}^{Z_2} J_{EV}(Z)dZ$$

⇐ كمية الإشعاع اليومي على السطح الأفقي:

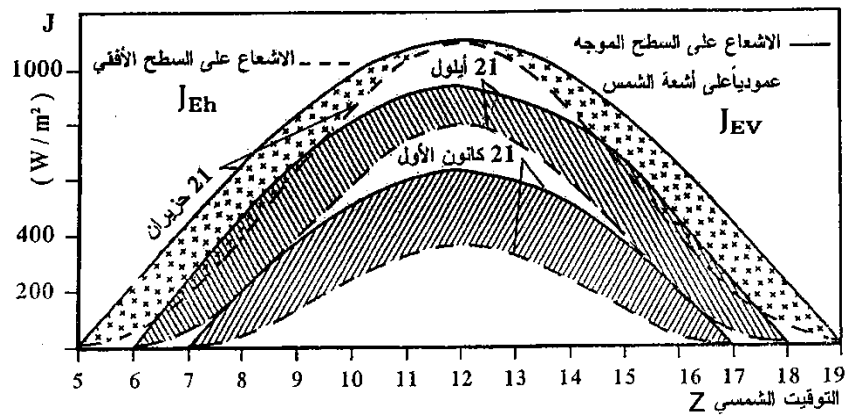
$$G_{DH} = \int_{Z_1}^{Z_2} J_{EH}(Z)dZ$$

Z_2 , Z_1 : ساعة الشروق والغروب على التوالي.

يبين الشكل (2-2) شدة الإشعاع الشمسي على السطح الأفقي، وكذلك على السطح الموجه عمودياً على أشعة الشمس لمنطقة دمشق في أيام مختارة من العام.

تمثل المساحة المحصورة بين المنحني ومحور التوقيت الشمسي كمية الطاقة اليومية التي يتلقاها السطح المعني في التاريخ المعني. وتمثل المساحات المهشرة الفرق اليومي في الطاقة بين السطوح الأفقية والسطوح الموجهة عمودياً على الأشعة الشمسية.

يلاحظ أنَّ تأثير التوجيه يكون كبيراً في فصل الشتاء وأقل حجماً في فصل الصيف، وذلك بسبب ميل الشمس الكبير نسبياً في فصل الشتاء.



شكل (2-2) تغير شدة الإشعاع الشمسي على سطح أفقي وسطح موجه عمودياً على أشعة الشمس لسماء صافية في دمشق في أيام مختارة من العام

يمكن معرفة قيمة كل من Z_1 ، Z_2 من طول النهار حيث $S_d = Z_2 - Z_1$ ، وبما أنَّ الإشعاع الشمسي خلال نهار كامل متناظر حول لحظة الظهيرة لمنطقة ما، وأنَّ لحظة الظهيرة الشمسية هي منتصف النهار إذاً :

$$Z_2 = 12 + S_d/2 \qquad Z_1 = 12 - S_d/2$$

أما كمية الإشعاع الشمسي حسب التكاملات السابقة فتصبح على الشكل التالي:

$$G_{DV} = \int_{Z_1=(12-S_d/2)}^{12} J_{EV}(Z)dZ + \int_{12}^{Z_2=(12-S_d/2)} J_{EV}(Z)dZ$$

لكن:

$$\int_{Z_1=(12-S_d/2)}^{12} J_{EV}(Z)dZ = \int_{12}^{Z_2=(12-S_d/2)} J_{EV}(Z)dZ$$

إذاً:

$$G_{DV} = 2\int_{Z_1}^{12} J_{EV}(Z)dZ$$

وكذلك:

$$G_{DH} = 2\int_{Z_1}^{12} J_{EH}(Z)dZ$$

تمثل كل من القيمتين G_{DV} و G_{DH} المساحة المحصورة بين كل من التابعين J_{EV} و J_{EH} والمحور Z على التوالي.

إذا تم رسم المنحنيين بمقياس معين يمكن تحديد المساحة، وبالتالي معرفة كمية الإشعاع الكلي دون الحاجة إلى إجراء التكامل حسابياً.

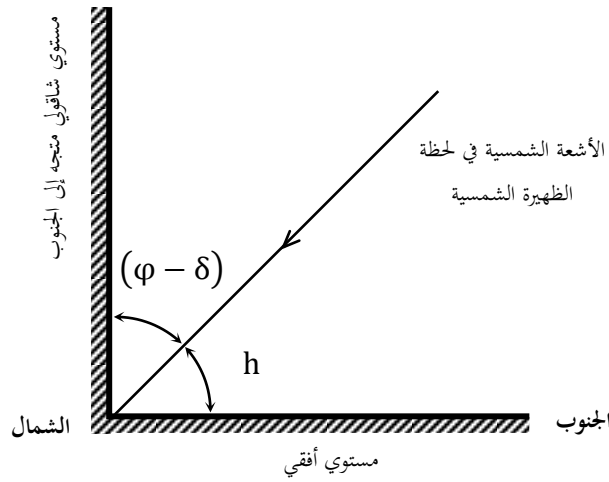
2-7 التوضع الأمثل لمجمعات شمسية مسطحة:

كي يقوم المجمع الشمسي بتجميع أكبر كمية ممكنة من الإشعاع الشمسي خلال النهار فمن الطبيعي أنَّ الوضع الأمثل هو أن يوجه المجمع باتجاه الشمس بشكل مستمر بحيث يبقى سطحه عمودياً على الأشعة الشمسية. وهذه الطريقة لا تستعمل إلا في حالات خاصة كما في حالة الدراسة المخبرية.

توضع المجمعات الشمسية المسطحة الخاصة بتسخين الماء لأغراض الاستعمال المنزلي بشكل ثابت بحيث تحقق تجميعاً لأكبر قدر ممكن من الطاقة في الفصل التصميمي لهذه التجهيزات (وهو في حالتنا فصل الشتاء)، حيث توجه المجمعات نحو الجنوب وتعطى ميلاً مناسباً.

الميل المناسب يتم تحديده من الميل الوسطي لشعاع الشمس لحظة الظهيرة عن الوضع الشاقولي خلال فصل الشتاء. والذي يمكن حسابه من العلاقة:

$$\alpha = \varphi - \delta$$



الشكل (2–3) ارتفاع الشمس وعلاقته بزاوية خط العرض وانحراف الشمس δ أي بتاريخ اليوم من أيام العام

حيث أنَّ φ ثابتة بالنسبة لمنطقة ما (دمشق حوالي $32.5°$). أما δ في فصل الشتاء فتتراوح بين $0°$ و $-23.4°$ والقيمة الوسطية هي $-12°$ إذاً فالميلان المناسب لمجمعات كهذه نحو الجنوب هو:

$$\alpha = 32.5 - (-12) = 44.5°$$

إذاً يتم وضع المجمعات باتجاه الجنوب بميلان قدره $\alpha = 44.5°$.

أما إذا كانت الغاية من المجمعات تسخين المياه صيفاً لأغراض التكييف فعندها تحسب α المناسبة على الشكل التالي:

$$\alpha = \varphi - \delta$$

$$\delta_m = (0 + 23.4)/2 \approx 12$$

$$\alpha = 32.5 - 12 = 20°$$

8-2 الإشعاع الشمسي على السطوح المائلة:

يمكن حساب شدة الإشعاع الشمسي على السطوح المائلة من معرفة الزاوية بين الشعاع الشمسي والسطح المائل وكذلك شدة الإشعاع الشمسي على السطح العمودي على أشعة الشمس الذي يحسب من العلاقة:

$$J_{EV} = 0.9\, J_0 \sin h$$

عندها تكون شدة الإشعاع الشمسي على السطح المائل:

$$J_{Em} = J_{EV} \sin \Psi$$

Ψ : الزاوية بين السطح المائل والأشعة الشمسية. وتحسب من العلاقة:

$$\begin{aligned}\sin \Psi = {} & (\cos \alpha \sin \varphi - \cos \varphi \cos \beta \sin \alpha) \sin \delta \\ & + (\sin \varphi \cos \beta \sin \alpha + \cos \alpha \cos \varphi) \cos \delta \cos \gamma \\ & + \sin \beta \sin \alpha \cos \delta \cos \gamma\end{aligned}$$

α : زاوية ميل السطح.

β : زاوية انحراف السطح المائل نحو الشرق (موجب) أو نحو الغرب (سالب).

φ : زاوية خط العرض.

δ : زاوية انحراف الشمس.

γ : الزاوية الساعية للشمس.

وتكون شدة الإشعاع الشمسي على السطح المائل:

$$J_{Em} = 0.9 J_0 \sin h \sin \Psi$$

ويمكن حساب زاوية ارتفاع الشمس في اللحظة من النهار من نفس علاقة $\sin \Psi$ بتعويض $\alpha = 0$ و $\beta = 0$:

$$\sin h = \sin \Psi_{\substack{\alpha=0 \\ \beta=0}} = \sin \varphi \cos \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \gamma$$