الفصل الأول

مصادر الطاقة

1 –1 مقدمـــة عـــن الطاقـــة
- الطاقة الحركية
- الحرارة و درجة الحرارة
- الطاقة الكامنة
- الطاقة الكهربائية
- الطاقة النووية

2-1 كفاءة تحويل الطاقة

3-1 الواقع الحالي لاستخدام الطاقة

4-1 مصادر الطاقة التقليدية
- النفط
- الغاز
- الفحم

5-1 المشاكل الناتجة عن استخدامات مصادر الطاقة التقليدية
- ارتفاع حرارة مناخ الكرة الأرضية
- الأمطار الحِمضيّة
- تلوث البحار
- الإشعاع والمخلفات النووية

6-1 استمرارية توفر مصادر الطاقة

1-1 مقدمة عن الطاقة

الطاقة هي أحد المقومات الرئيسية للمجتمعات المتحضرة ، وتحتاج إليها كافة قطاعات المجتمع بالإضافة إلى الحاجة الماسة إليها في تسيير الحياة اليومية ، إذ يتم استخدامها في تشغيل المصانع وتحريك وسائل النقل المختلفة وتشغيل الأدوات المنزلية وغير ذلك من الأغراض . وكل حركة يقوم بها الإنسان تحتاج إلى استهلاك نوع من أنواع الطاقة ويستمدَّ الإنسان طاقته لإنجاز أعماله اليدوية والذهنية من الغذاء المتنوع الذي يتناوله كل يوم ، إذ يتمّ حرق الغذاء في خلايا الجسم ويتحول إلى طاقة . ويمكن تعريف الطاقة بأنها قابلية إنجاز تأثير ملموس (شغل) . وهي توجد على عدة أنواع منها طاقة الريح ، وطاقة جريان الماء ومسا قطها . ويمكن أن تكون الطاقة مخزونة في مادة كالوقود التقليدي (النفط ، الفحم، الغاز) . ويمكن ، من الناحية التقنية ، تعريف الشغل بأنه تحريك جسم بقوه معينة مسافة معينة في اتجاه مواز لاتجاه القوة وعليه فإن :

$$\text{الشغل} = \text{القوه} \times \text{المسافة}$$

ووحدات القوه هنا هي النيوتن (N) ووحدات المسافة المتر (m) : وعليه ستكون وحدات الشغل هي (N.m) أو جول (Joule) حيث أن النيوتن يُعرف بأنه القوة التي تقوم بتسريع كيلوغرام واحد (kg) بمعدل 1 متر في الثانية لكل ثانية (ms^{-2}) .

والطاقة كمية محدودة مجموعها في الكون ثابت . والطاقة لا تفنى ولا تستحدث ، ولكنها تتحول من شكل إلى آخر مثل تحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية أو ميكانيكية ، أو تحويل الطاقة الكيميائية إلى حرارة . وإذا كانت كمية الطاقة الناتجة من عملية ما (الطاقة الكهربائية مثلاً) هي أقل من كمية الطاقة المستخدمة (كالوقود مثلاً) فهذا يعني أن بعض الطاقة قد تم فقده إذ تحول إلى شكل آخر (كالحرارة المهدورة) ، وهذا هو المبدأ الذي ينص على أن الطاقة دائماً محفوظة وهو ما يسمى بالقانون الأول لديناميكا الحرارة (First law of thermodynamic) . وإذا كانت كمية الطاقة ثابتة دائماً ، كما ذكرنا سابقاً، فكيف يمكن استهلاكها ؟ الجواب عن ذلك هو أننا لا نستهلك الطاقة وإنما نحولها من شكل إلى آخر . نحن نستهلك الوقود الموجود في الطبيعة ونقوم بحرقه في مكائن الاحتراق الداخلي، ويتم تحويل طاقته الكيميائية إلى حرارة ومن ثم إلى طاقة حركية لتحريك العربات. كما أن طاقة الرياح تقوم بتحويل طاقة الهواء الحركية إلى طاقة كهربائية تقوم بتشغيل المصابيح التي تشع طاقة ضوئية ، أو تنتج طاقة ميكانيكية كضخ المياه أو

طحن الحبوب . كما أن الغابات تنمو أيضاً بتحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى طاقة كيميائية تعمل على نمو خلايا النباتات .

وتتوفر الطاقة على أشكال مختلفة يمكن حصرها بأربعة مستويات رئيسية هي :

أولا : الطاقة الحركية (Kinetic Energy)

الطاقة الحركية الدافعة لأي جسم متحرك يمكن أن تمثل بالمعادلة التالية:

الطاقة الحركية = ½ × الكتلة × مربع السرعة ،

ووحدات الطاقة الحركية هي نفس الوحدة لكل أنواع الطاقة وهي "الجول" (Joule) ،

ووحدات الكتلة هي الكيلوغرام (Kg) ،

ووحدات السرعة هي المتر/الثانية (m/sec) .

$$\frac{1}{2} mV^2 = E_k$$

إن الطاقة هي التي تجعل الأشياء دافئة ، فالمواد تتكون من ذرات ، ومجموع الذرات تسمى الجزيئات . وفي غاز ، كالهواء المحيط بنا مثلاً ، فإن هذه الجزيئات تتحرك بحرية . ولكن في السوائل والمواد الصلبة فإن الحركة تكون مقيدة نسبياً . وكل جزء أو جسيم يتذبذب بشكل ثابت . والطاقة الحرارية (الحرارة) هي اسم أعطي للطاقة الحركية التي تنتج عن حركة الجزيئات العشوائية السريعة ، وكلما كانت الحرارة أكبر كانت السرعة أعلى .

الحرارة ودرجة الحرارة

يمكن توضيح معنى الحرارة بما يلي : عندما تتلامس جزيئات سريعة الحركة من مادة دافئة أو حارة مع جزيئات أقل منها سرعة من مادة أقل حرارة فإن التصادم بين هذه الجزيئات سيزيد من سرعة الجزيئات البطيئة ويقلل من سرعة الجزيئات السريعة ، وعليه يمكن توضيح الطاقة الحركية بأنها سريان حراري يتجه من الجزء الحار (ذي السرعة العالية) إلى الجزء البارد (ذي السرعة القليلة) . إن اتجاه سريان الحرارة يزودنا بإمكانية تعريف المقياس النسبي للحرارة أو ما يسمى بدرجة الحرارة (Temperature) . فدرجة الصفر في مقياس درجة الحرارة في سلم Celsus تتوافق مع السكون التام في حركة الجزيئات (جزيئات ساكنة) وهي موافقة لحالة

التجمد في الماء ، ودرجة 100 مئوية موافقة لحالة غليان الماء . إن الوحدات الشائعة الاستخدام في هذا المجال هي الدرجة المئوية (C^o) ودرجة كلفن (K^o) والعلاقة التي تربطهما هي :

درجة الحرارة (K^o) = درجة الحرارة المئوية (C^o) + 273

ثانيا : الطاقة الكامنة (Gravitational Energy Or Potential Energy)

وهي الطاقة المبذولة اللازمة لرفع جسم ، وذلك لكون الجاذبية الأرضية تعاكس هذا الفعل . فعند رفع أي جسم ، سواءً كان تفاحة ، لارتفاع معين ، أو عند رفع عدة آلاف الأطنان من الماء إلى مستوى أعلى ، فإنه سيتم خزن طاقة في ذلك ، وفي هذه الحالة يمكن تسميتها بطاقة الجاذبية الكامنة (وتسمى دائماً الطاقة الكامنة). إن قوة الجاذبية لسحب أي جسم إلى الأرض تسمى وزن الجسم ، ويساوي حاصل ضرب كتلته (m) في تعجيل الجاذبية الأرضية ($g = 9.81ms^{-2}$) . وعليه فإن الطاقة الكامنة اللازمة لرفع أي جسم إلى ارتفاع معين يمكن حسابها من المعادلة التالية :

الطاقة الكامنة = القوة × المسافة ،

= الوزن × الارتفاع ،

= mgh ،

ووحدات الطاقة هي الجول (J) ،

ووحدات القوه هي النيوتن (N) ،

ووحدات الكتلة هي الكيلوغرام (Kg) ،

ووحدات الارتفاع هي المتر(m) .

ثالثا : الطاقة الكهربائية (Electrical Energy)

إن قوى الجاذبية هي أكثر القوى وضوحاً عندنا ، فهي تؤثر في الأجسام بشكل ملموس ، لكنها ليست هي الوحيدة التي تنفرد بهذا الوضوح فالطاقة الكهربائية (Electrical Energy) هي قوة واضحة جداً ، وهي أكبر من الجاذبية تأثيراً بحوالي مئات المرات. فالقوى الكهربائية هي التي تربط الذرات والجزيئات للمواد ولكنها لا يمكن إدراكها بالعين المجردة . فكل ذرة تتكون من أجزاء مشحونة كهربائياً ،

فالإلكترونات تدور حول مركز النواة ، وعندما تجتمع الذرات لتكوين جزيئات أو مواد صلبة فان توزيع الإلكترونات يتغير . وفي معظم الأحيان يكون التغير كبيراً جداً ولهذا فإن الطاقة الكيميائية المنظورة على مستوى الذرات هي شكل من أشكال الطاقة الكهربائية . فعندما يتم حرق الوقود فإن الطاقة الكيميائية التي تحتويها ستتحول إلى طاقة حرارية. ومن البديهي أن الطاقة الكهربائية التي تتحرر نتيجة تبدل مواضع إلكترونات الذرة تتحول إلى طاقة حركية في جزيئات المنتج المحترق . والشكل المألوف من أشكال الطاقة الكهربائية هو القوه الكهربائية التي نستخدمها في حياتنا اليومية . فالتيار الكهربائي هو عبارة عن تيار منتظم من الإلكترونات في المادة ، وفي معظم الأحيان تكون هذه المادة معدناً (metal) ، والمعادن هي مواد يتم فيها تحرر إلكترون واحد أو اثنين من ذراتها . وبوجود هذه الإلكترونات المتحررة يمكن لهذه المعادن حمل التيار الكهربائي . ولضمان مرور تيار كهربائي بصورة دائمة فإنه ينبغي توفر طاقة مستمرة لأن الإلكترونات ستفقد طاقة عند اصطدامها . ولهذا فان ازدياد الطاقة الحركية في المعدن هو الذي يرفع درجة حرارة الأسلاك التي تحمل التيار الكهربائي . والبطارية تستخدم الطاقة الكيميائية المخزونة لتوفير الطاقة إلى الدوائر الكهربائية في الأجهزة .

وتحتاج محطات توليد الطاقة الكهربائية إلى عمليات متتالية في تحويل الطاقة . فإذا كان الوقود هو الطاقة المستخدمة فإن الخطوة الأولى ستكون حرقه واستخدام الحرارة الناتجة عنه لإنتاج بخار أو غاز ساخن ، وهذا البخار أو الغاز سيقوم بتدوير التوربينات (العنفات) التي بدورها تقوم بتدوير المولدات الكهربائية .

وهناك شكل آخر من أشكال الطاقة الكهربائية يكون على شكل إشعاع الكترومغناطيسي (كهرمغناطيسي) أو ما يسمى بالطاقة الكهرمغناطيسية ، وهي على شكل إشعاع شمسي يصل إلى سطح الأرض . وتشع الطاقة الكهرمغناطيسية من كل جسم متوهج كالشمس بكمية كبيرة أو قليلة ، وتنتقل على شكل موجات تحمل طاقة خلال الفراغ . وطول الموجة يوضح مقدار طاقتها ونوعها . وهذه الموجات الحاملة للطاقة تتضمن التالي : الأشعة السينية (X-rays) ، والأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet) ، والأشعة تحت الحمراء (Infrared radiation) ، والأمواج المايكروية أو الدقيقة (Microwaves) ، والأمواج الراديوية (Radio waves) ،

بالإضافة إلى حزم قليلة من الأمواج التي تستطيع العين المجردة إبصارها (رؤيتها)، والتي تسمى بالأشعة المرئية (Visible Waves) .

رابعا : الطاقة النووية (Nuclear Energy)

هذا النوع من الطاقة هو ما يتعلق بمركز النواة والذي يسمى بالطاقة الذرية أو النووية . لقد تم تطوير هذه التكنولوجيا خلال الحرب العالمية الثانية لأغراض عسكرية . وتستخدم الآن أيضاً لأغراض سلمية مثل توليد الطاقة الكهربائية . وتعمل محطات الطاقة الكهربائية التي تستخدم الوقود النووي بنفس الطريقة التي تعمل بها محطات الوقود التقليدي مع فرق يتمثل في أنّ أفران حرق الوقود يتم استبدالها بمفاعل نووي لتوليد الحرارة .

2-1 كفاءة تحويل الطاقة :

عندما يتم تحويل الطاقة من شكل إلى آخر لسبب معين فإن الطاقة الناتجة والمفيدة سوف لا تكون مساوية للطاقة المتوفرة أو المجهزة ، والنسبة بين الطاقة الناتجة والطاقة المتوفرة تدعى الكفاءة . ويمكن أن تكون الكفاءة عالية حتى تصل إلى أكثر من 90% ، كما هو الحال في العنفة المائية أو في محرك كهربائي جيد الصنع ، أو تكون أقل من ذلك بكثير فتتراوح من 10% إلى 20% في مكائن الاحتراق الداخلي وأجهزة الطاقة الشمسية وتحديداً الخلايا الفولطاضوئية ، أو تتراوح بين 35% و 40% في محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تستخدم الفحم كمصدر للطاقة أو محطات تحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية أو ميكانيكية . ويمكن التفريق بين أنظمة التحويل عالية الكفاءة وأنظمة التحويل منخفضة الكفاءة بأن الأخيرة تتضمن التحويل من حرارة إلى طاقة ميكانيكية أو كهربائية . فالحرارة ، كما عرفناها سابقا ، هي الطاقة الحركية للجزيئات التي تتحرك بصورة عشوائية ، وهي نوع من الحركة غير المنتظمة ، ولا توجد ماكنة أو آلة تستطيع تحويل الطاقة غير المنتظمة إلى طاقة منتظمة كالطاقة الميكانيكية أو الكهربائية بدون خسائر كما ينص على ذلك القانون الثاني لديناميكا الحرارة (Second law of thermodynamic) وهو "أن هناك كفاءة محدودة للماكنة

الحرارية ، وأن قسماً من الطاقة يجب أن يطرح خارجاً كحرارة (الفاقد) ذات درجة حرارة منخفضة" .

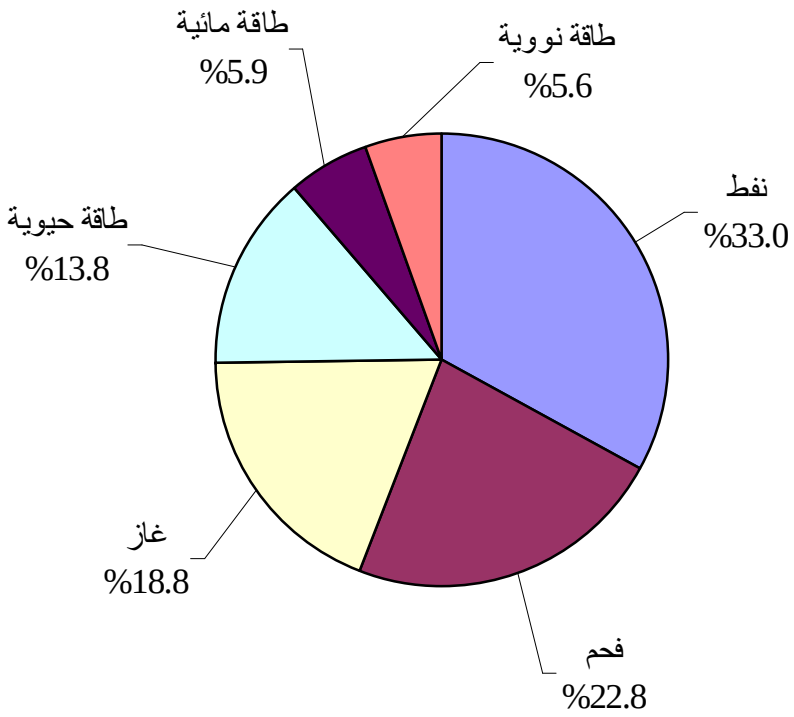
لقد تمكن الإنسان منذ القدم من استغلال طاقة الرياح في تحريك السفن في الأنهار والبحار ، واستخدامها في إدارة بعض طواحين الهواء لرفع المياه أو طحن الحبوب وغير ذلك من الاستخدامات . كما تمكن من استغلال الفرق في منسوب المياه من أجزاء بعض الأنهار في إدارة بعض السواقي ، وتشغيل الآلات . وقد عرف الإنسان الفحم منذ أن اكتشف النار ولاحظ أن بعض الأحجار السوداء الموجودة في الطبيعة تقبل الاشتعال . وقد استخدم الإنسان الفحم بعد ذلك كمصدر من مصادر الطاقة إلى أن تم اكتشاف النفط ، وما يصاحبه من غاز طبيعي. وقد ازداد استخدام النفط والغاز في هذه الأيام وأصبح النفط أهم مصادر الطاقة في الوقت الحاضر، ويعدّ توفره أساسياً في تلبية متطلبات التنمية الاقتصادية والتقدم الصناعي . إن أكثر من 40% من الطاقة المستهلكة في العالم يتم توفيرها من منطقة الخليج العربي الذي يحتوي على أكثر من ثلثي مخزون العالم ، وهذا يوضح الأهمية الكبرى التي توليها الدول الكبرى لهذه المنطقة والتعاون معها وأحياناً السيطرة عليها .

ولفهم الطاقة بصورة واضحة يجب معرفة أنواعها ، ومصادرها ، ومحدداتها، والتأثيرات البيئية الناجمة عن استخدامها ، والاعتبارات الاجتماعية والتكنولوجية المتعلقة بها . وللحفاظ على النمو الاقتصادي وتحسين نوعية حياة الإنسان في القرن المقبل يجب أن يوجد تخطيط محكم لاستخدام الكمية المحدودة من مصادر الطاقة التقليدية وتطوير مصادر بديلة.

3-1 الواقع الحالي لاستخدام الطاقة :

تعتمد المجتمعات المتقدمة على مصادر الطاقة المختلفة في كافة مرافق الحياة. وغالبية المصادر المستخدمة حالياً هي مصادر الوقود الأحفوري . وقد كانت النسب المئوية لاستهلاك مصادر الطاقة المختلفة في عام 1992 (الشكل 1-1) كما يلي : النفط 33% ، والفحم 22.8% ، والغاز 18.8% ،

ومصادر الكتلة الحيوية 13.8% ، والمحطات المائية 5.9% ، والمحطات التي تعمل بالطاقة النووية 5.6% .



نفط : 3128 مليون طن نفط مكافئ (131 اكسا جول)
فحم : 2164 مليون طن نفط مكافئ (91 اكسا جول)
غاز : 1781 مليون طن نفط مكافئ (75 اكسا جول)
طاقة حيوية : 1310 مليون طن نفط مكافئ (55 اكسا جول)
طاقة مائية : 561 مليون طن نفط مكافئ (24 اكسا جول)
طاقة نووية : 532 مليون طن نفط مكافئ (22 اكسا جول)
المجموع : 9476 مليون طن نفط مكافئ (398 اكسا جول)

شكل (1-1): النسب المئوية لاستهلاك الطاقة من المصادر المختلفة في عام 1992

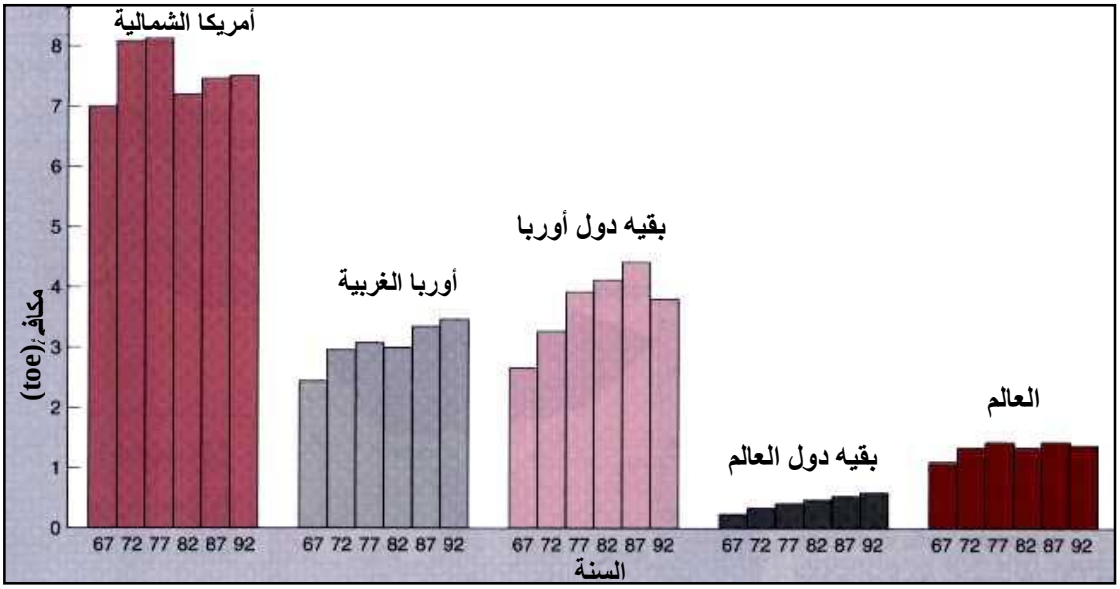
الجدول (1-1) يبين كمية الطاقة المستهلكة خلال الأعوام من 1990 وإلى غاية 1998 لكل من الدول العربية وبقية الدول النامية والدول المتقدمة والمجموع العالمي للاستهلاك . ويلاحظ من الجدول أن استهلاك الدول العربية عام 1998 كان حوالي 3.6% من مجموع الاستهلاك العالمي وذلك لكونها دولاً نامية وغير صناعية ، بينما وصل الاستهلاك في أمريكا الشمالية (الولايات المتحدة ، وكندا ، والمكسيك) إلى حوالي 30% . وقد كان الاستهلاك في الولايات المتحدة ، وهي تمثل 5% من مجموع سكان العالم ، حوالي 25% من

الاستهلاك العالمي . ويوضح الشكل (1-2) معدل الاستهلاك السنوي للشخص الواحد في مختلف مناطق العالم ، والمعدل العالمي السنوي لاستهلاك الفرد .

جدول (1-1) استهلاك الطاقة في الدول العربية ودول العالم الأخرى
(مليون برميل مكافئ نفط يومياً)

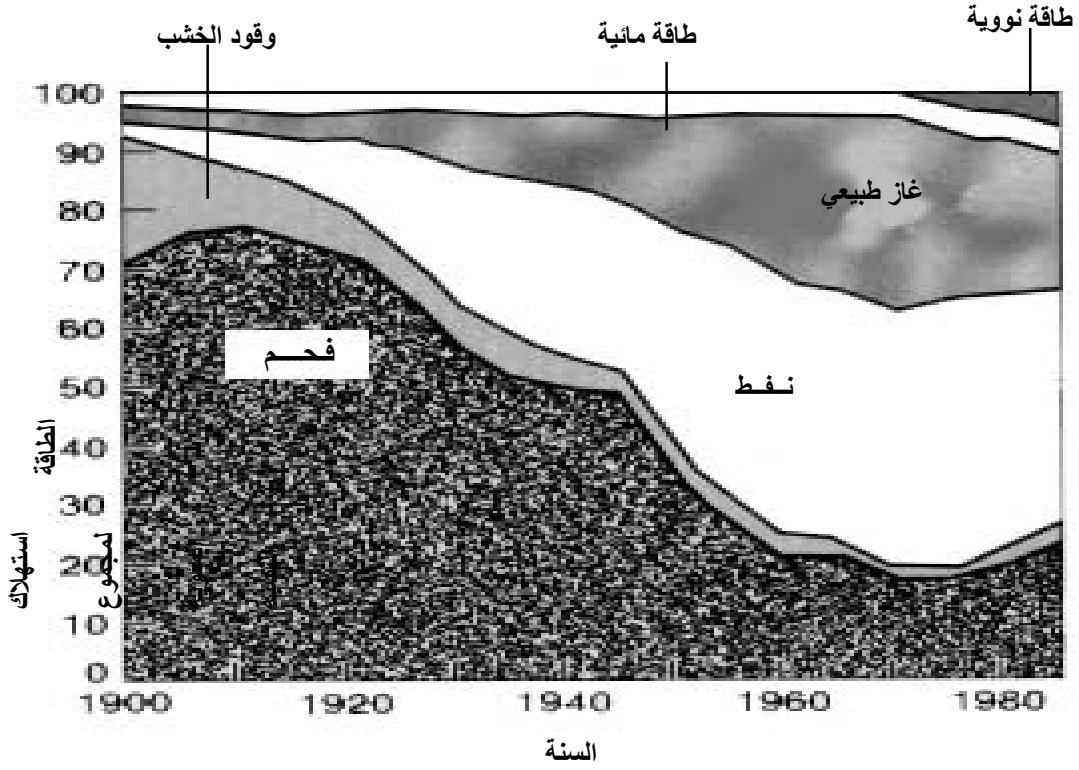
السنة	1990	1995	1996	1997	1998
الأوابك	3.9	4.9	5.2	5.4	5.5
الدول العربية الأخرى	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6
مجموع الدول العربية	4.3	5.4	5.7	5.9	6.1
امريكا الشمالية*	44.8	48.1	49.6	50.0	50.0
أمريكا اللاتينية	5.4	6.5	6.8	7.1	7.2
أوروبا الشرقية	33.9	24.4	23.8	22.9	22.6
أوروبا الغربية	29.2	29.9	30.9	30.9	31.3
الشرق الأوسط	5.1	6.4	6.9	7.1	7.4
إفريقيا	4.3	4.8	5.0	5.1	5.3
آسيا والشرق الأقصى	33.1	41.8	44.2	44.8	44.1
أوقيانوسيا	2.0	2.2	2.3	2.3	2.3
إجمالي العالم	**157.8**	**164.1**	**169.5**	**170.3**	**170.3**

* لا تشمل المكسيك



شكل (1-2): الاستهلاك الفردي للطاقة في مناطق العالم المختلفة ومعدل الاستهلاك العالمي للفرد

إن أولى بئر نفطية حديثة هي التي حفرت في ولاية بنسلفانيا الأمريكية عام 1859 . وباكتشاف مكائن الاحتراق الداخلي بعد عام 1870 ازداد عدد المكائن وزاد استخدام النفط لكونه مصدراً نظيفاً ومرغوباً بيئياً أكثر من الفحم ، وبدأ بذلك استبدال الفحم في الصناعة وتوليد الطاقة بمصادر الطاقة الأخرى كالنفط والغاز . ويبين الشـــكل (1-3) النسب المئوية للطاقة المستخدمة في الولايات المتحدة ، وهي أكبر دولة مستهلكة في العالم ، خلال 100عام . ويلاحظ فيه الانخفاض الكبير في استهلاك الفحم والخشب والارتفاع المتزايد في استهلاك النفط والغاز وخاصة بعد الحرب العالمية الثانية .



شكل (1-3): النسب المئوية للطاقة المستخدمة في الولايات المتحدة خلال القرن الماضي

ويتم حالياً استخدام مصادر الطاقة في أربعة مجالات رئيسية هي : النقل ، والصناعة ، والسكن (دور منفردة وعمارات سكنية) ، والقطاع التجاري (مكاتب، مدارس ، مخازن .... الخ) . وإنّ جزءاً كبيراً من الطاقة المستهلكة يُستخدم كحرارة وليس لإنتاج شغل ، ويُمثل نسبة مقدارها حوالي 50% من الطاقة المستهلكة كخسائر حرارية ، وأكثر ما يحدث ذلك عند محطات توليد الطاقة الكهربائية حيث تساوي نسبة الضياع على شكل حرارة 64% من الطاقة المستهلكة (الداخلة) مقابل 36% من الطاقة الكهربائية المنتجة أو المفيدة أي أن الكفاءة تساوي 36% فقط .

4-1 مصادر الطاقة التقليدية

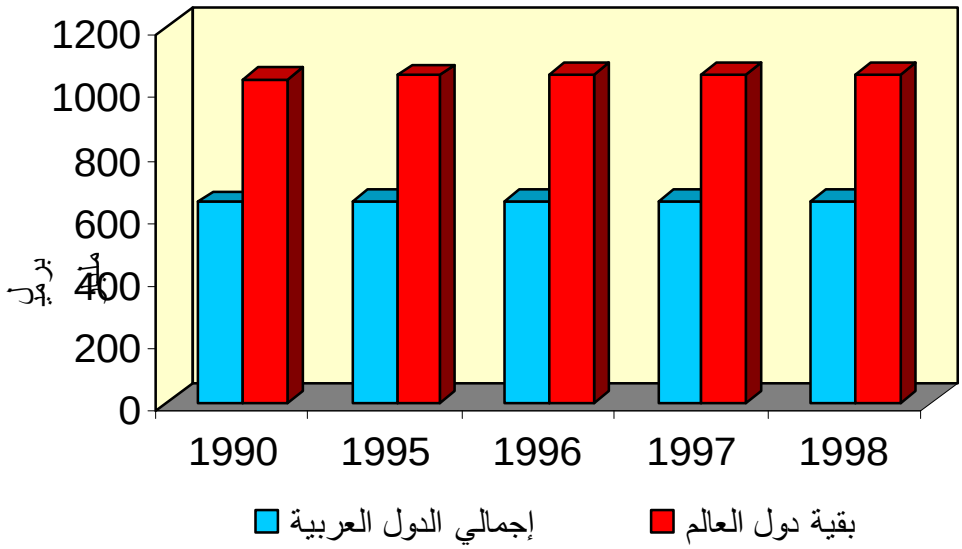
لفهم الطاقة يجب معرفة مصادرها ، وحدودها ، واستخداماتها . ولتكوين سياسة جيدة وفاعلة تجاه الطاقة يجب أن نعرف كمية مصادر الطاقة ومدى ديمومتها واستمراريتها . والإجابة عن مثل هذه الأسئلة ليست سهلة لأنها تعتمد على التقنيات المستقبلية لاستخراج هذه المصادر ، وأسعار الطاقة ، ونمو الاستهلاك .

إن تقدير كميات الفحم أسهل من تقدير كميات النفط والغاز وذلك لكون حقول النفط والغاز موجودة في مناطق متباعدة وعلى أعماق تتراوح من مئات الكيلومترات إلى عدة كيلومترات ، ولا يمكن معرفة مكانها إلا بطرق استكشاف مكلفة جداً . والجدول (1-2) والشكل (1-4) يبينان الاحتياطي النفطي العالمي واحتياطي دول المنطقة العربية على الترتيب ، إذ يتبين واضحاً أن احتياطي الدول العربية من النفط كان 643.6 مليار برميل في عام 1998 ، وهذا يمثل أكثر من 63% من الاحتياطي العالمي ، ومنه يمكن القول أن الدول العربية وخاصة دول الخليج العربي ستبقى المصدر الرئيسي لتمويل الطاقة في العالم .

جدول (1-2) احتياطيات النفط الخام في الدول العربية ودول العالم الأخرى (مليار برميل)

السنة	1990	1995	1996	1997	1998
الأوابك	631.7	633.8	633.6	634.2	634.0
الدول العربية الأخرى	8.6	9.4	9.5	9.4	9.6
مجموع الدول العربية	640.3	643.2	643.1	643.6	643.6
أمريكا الشمالية*	32.0	27.4	27.2	26.9	27.5
أمريكا اللاتينية	122.1	130.6	135.7	137.3	137.3
أوروبا الشرقية	58.9	59.2	59.1	59.1	59.1
أوروبا الغربية	14.4	15.6	18.4	18.1	18.7
الشرق الأوسط	673.5	678.2	677.2	677.7	674.9
إفريقيا	82.0	89.6	89.4	89.6	91.1
آسيا والشرق الأقصى	48.2	42.5	40.4	40.3	40.0
أوقيانوسيا	1.8	1.7	1.9	1.9	3.0
اجمالي العالم	**1032.9**	**1044.6**	**1049.3**	**1050.8**	**1051.6**

* لا تشمل المكسيك



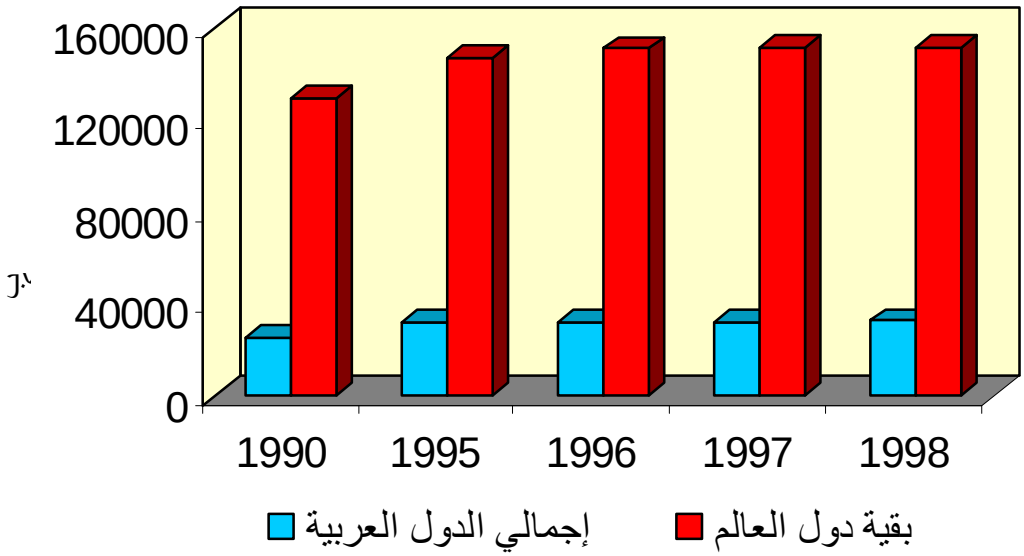
شكل (1-4): احتياطيات النفط الخام في الدول العربية وبقية مناطق العالم الأخرى

أما بالنسبة إلى الغاز الطبيعي فالوضع مختلف . ففي الوقت الحاضر بلغ احتياطي الدول العربية في عام 1998 ، وكما هو موضح بالجدول (1-3) والشكل (1-5) ، ما مقداره 32708 مليار متر مكعب ، وهو ما يعادل 22% من الاحتياطي العالمي .

جدول (1-3) احتياطيات الغاز الطبيعي في الدول العربية ودول العالم الأخرى (مليار متر مكعب)

السنة	1990	1995	1996	1997	1998
الأوابك	25399	30585	31121	31143	31329
الدول العربية الأخرى	481	1302	1381	1351	1379
مجموع الدول العربية	25880	31887	32502	32494	32708
أمريكا الشمالية*	7464	6605	6555	6589	6544
أمريكا اللاتينية	7159	7980	7909	8056	8002
أوروبا الشرقية	52466	58144	56933	56412	56697
أوروبا الغربية	5598	6317	6265	6935	6971
الشرق الأوسط	37862	45414	49497	49507	49515
إفريقيا	8580	10007	10218	10206	10335
آسيا والشرق الأقصى	8605	10190	10634	11149	10812
اوقيانوسيا	2524	3078	3323	3339	3339
إجمالي العالم	**130258**	**147735**	**151334**	**152193**	**152215**

* لا تشمل المكسيك



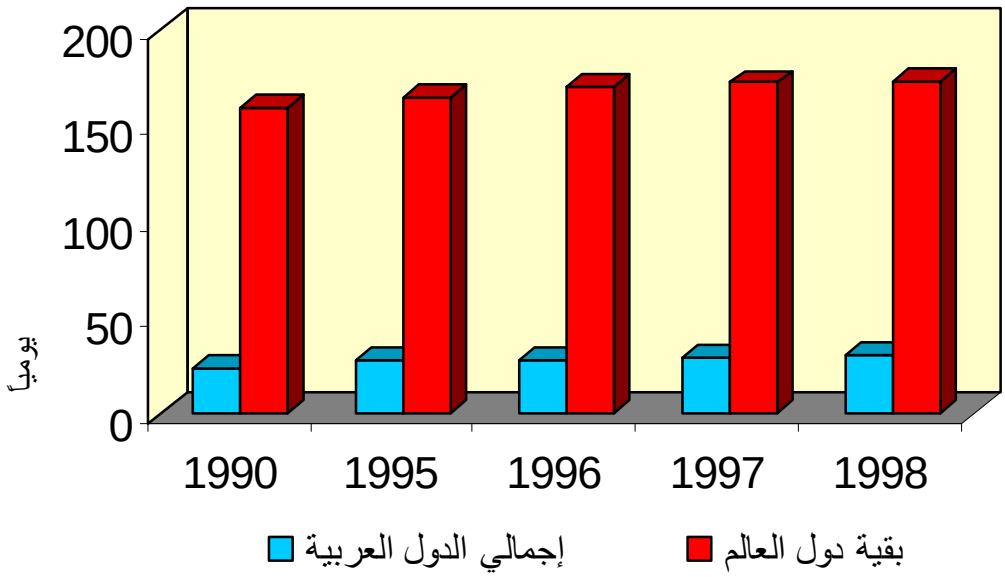
شكل (1-5): احتياطيات الغاز الطبيعي في الدول العربية وبقية مناطق العالم الأخرى

إن إنتاج الدول العربية من إنتاج الطاقة الكلي في عام 1998 ، وكما هو مبين بالجدول (1-4) والشكل (1-6) ، كان 30.6 مليون برميل مكافئ نفط يومياً ، وهو يمثل نسبة 17.6% من مجموع الإنتاج العالمي . وهذه النسبة ستزداد مع مرور الوقت ، وسيزداد الاعتماد العالمي على مصادر الطاقة العربية ، حسب ما هو متوقع ، عند النظر إلى كمية الاحتياطات الضخمة الموجودة في المنطقة العربية من هذه المصادر .

جدول (1-4) إنتاج الطاقة في الدول العربية والمناطق الأخرى
(مليون برميل مكافئ نفط يومياً)

السنة	1990	1995	1996	1997	1998
الأوابك	22.4	25.8	26.3	27.8	28.8
الدول العربية الأخرى	1.1	1.6	1.7	1.8	1.8
مجموع الدول العربية	23.6	27.5	28.0	29.6	30.6
أمريكا الشمالية*	41.5	43.2	44.1	44.5	44.8
أمريكا اللاتينية	6.8	8.6	9.2	9.8	10.0
أوروبا الشرقية	37.4	28.1	28.0	27.2	27.1
أوروبا الغربية	17.3	18.8	19.7	19.7	19.4
الشرق الأوسط	19.1	22.1	22.9	24.0	25.3
إفريقيا	9.8	10.8	11.3	11.8	11.7
آسيا والشرق الأقصى	24.6	29.8	31.6	31.5	31.1
أوقيانوسيا	3.2	3.7	3.8	4.1	4.2
إجمالي العالم	**159.7**	**165.1**	**170.6**	**172.6**	**173.7**

* لا تشمل المكسيك



شكل (1-6): إنتاج الطاقة في الدول العربية وبقية مناطق العالم

5-1 المشاكل الناتجة عن استخدامات مصادر الطاقة :

أ - ارتفاع حرارة مناخ الكرة الأرضية

معظم المشاكل الناتجة عن الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة التقليدية هي مشاكل بيئية وأهمها ارتفاع درجة حرارة المحيط الذي نعيش فيه . ويعتقد معظم العلماء أن درجة الحرارة ترتفع بمعدل 0.3 درجة مئوية في كل عقد وذلك نتيجة لزيادة تركيز بعض الغازات في الجو . ويزعم بعض الباحثين أن أكثر الغازات سبباً في رفع درجة الحرارة هو غاز ثاني أو كسيد الكربون (Co_2) الذي يتحرر نتيجة حرق الوقود التقليدي . إلاّ أن هناك نظريات حديثة تشير إلى أن الأشعة الكونية المرتبطة بدورة النشاط الشمسي هي أحد الأسباب الرئيسية لارتفاع مناخ الأرض ، وأن حرارته ستشهد انخفاضاً يليه ارتفاع ودواليك .

إن درجة حرارة المحيط تتحدد بواسطة عملية الموازنة بين الإشعاع القادم من الشمس والإشعاع المنبعث من الأرض . وبما أن الشمس هي أكثر حرارة من الأرض (درجة حرارة سطح الشمس تقدر بحوالي 6000 درجة مئوية) فإن الإشعاع المنبعث منها يكون بذبذبات عالية (موجات قصيرة) من الضوء المرئي . أما درجة حرارة سطح الأرض فتقدر بـ15 درجة مئوية في المتوسط ، وأن الإشعاع المنبعث يكون ذا ذبذبات قليلة (موجات طويلة) من

الأشعة تحت الحمراء . فالتعادل بين الإشعاع الداخل والخارج يتأثر بالامتصاص والانعكاس اللذين يحدثان في المحيط الخارجي . فمثلاً تعكس السحب التي تغطي المحيط جزءاً كبيراً من أشعة الشمس قبل أن تصل إلى سطح الأرض ، وبهذا تنخفض درجة حرارة سطح الأرض . كما أن هناك غازات لها القدرة على امتصاص الأشعة تحت الحمراء ومنها دون ذلك فعلى سبيل المثال جزيئات الأوكسجين (O_2) والنيتروجين (N_2) ، التي يتكون منها معظم الغلاف الجوي (إذ تتكون كل منها من ذرتين فقط) لا تمتص الموجات الطويلة ، ولكن معظم الجزيئات المعقدة كثاني أو كسيد الكربون (CO_2) والماء (H_2O) وغاز الميثان (CH_4) وكربونات الفلورين (CFCS)، ومواد كيميائية أخرى تحتوي على عدة ذرات كلها تمتص الأشعة تحت الحمراء . وبصورة عامة فإن الجزيئات الأكثر تعقيداً لها قابلية أكثر على الامتصاص من الجزيئات الأخرى غير المعقدة . وزيادة تركيز الغازات المعقدة في الجو تساعد على ارتفاع حرارة المحيط إذ تسمّى هذه الظاهرة بظاهرة البيت الزجاجي (Greenhouse Effect) أو الاحتباس الحراري لأنها تقوم بنفس عمل البيوت الزجاجية في حبس الحرارة داخل الحيز . والغازات المتسببة في رفع هذه الحرارة تسمى بغازات البيت الزجاجي أو غازات الصوبه أو الغازات المحتبسة .

وتوجد أنواع مختلفة من الوقود تنتج كميات متباينة من غاز ثاني أكسيد الكربون بالنسبة إلى وحدة الطاقة المتحررة . فالفحم عبارة عن كربون وحرقه ينتج ثاني أكسيد الكربون . أما عند حرق الغاز الطبيعي (الميثان) فإن الناتج هو بخار ماء وثاني أكسيد الكربون ، وهو يبث كمية أقل من ثاني أكسيد الكربون بالنسبة إلى وحدة الطاقة . أما النفط فإنه يقع في الوسط بين الفحم والغاز بالنسبة إلى انبعاث ثاني أكسيد الكربون لأنه يتكون من خليط من الهيدروكربونات ، ولهذا السبب يتم حالياً التحول إلى استخدام الغاز الطبيعي بدلاً من الفحم والنفط في محطات توليد الطاقة الكهربائية بالرغم من وفرة الفحم بكميات كبيرة . وكانت نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في المحيط الخارجي تساوي حوالي 280 جزءاً بالمليون قبل النهضة الصناعية وذلك عام 1800 ميلادية لكن وصلت الآن إلى 350 جزءاً بالمليون . ونصف

هذه الزيادة حدثت بعد عام 1960 ميلادية . وإذا استمر انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون بنفس الوتيرة فإن التركيز سيتضاعف في عام 2100 ميلادية. وتقدر زيادة معدل الانبعاث السنوي الحالي بمقدار 1.5 جزء بالمليون سنوياً. والغاز الآخر الرئيسي من غازات البيت الزجاجي (أو ظاهرة الصوبة الحرارية) ، هو غاز الميثان (CH_4) الذي ينتج من احتراق الكتلة الحيوية والفحم أو من تسرب الغاز الطبيعي المصاحب للنفط إلى الجو، ويتحرر أيضاً من فضلات الحيوانات ، ومن تحلل المواد العضوية في المستنقعات وحقول الرز . فالتركيز الحالي لغاز الميثان هو 1.7 جزء بالمليون ، وقد كان هذا التركيز حوالي 0.8 جزء بالمليون قبل النهضة الصناعية علماً بأن غاز الميثان له القدرة على احتباس الحرارة بعشرات المرات مقارنة بثاني أكسيد الكربون .

مما ورد أعلاه يتبين أن النشاطات البشرية لها تأثير كبير في زيادة تركيز غازات البيت الزجاجي في المحيط . وقد تمت دراسة التوقعات المستقبلية حول تأثير هذه الغازات على الظروف الجوية في المستقبل . وتوصل بعض العلماء بأنه في عام 2050 ميلادية يمكن أن يصل تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون أو الغازات الأخرى الموجودة إلى ضعف الكمية الحالية وذلك سيسبب زيادة درجة الحرارة ما بين 1.5 إلى 4.5 درجة مئوية . ومن المحتمل أيضاً أن تزداد الأمطار ، ويقل الثلج في البحار ، ويقل سقوط الثلوج الموسمية أيضاً . وسيكون لهذا تأثير على المناطق الزراعية في العالم لأن ذلك سيزيد من مخاطر الجفاف الذي يعتبر أكبر المشاكل التي تواجه الزراعة حالياً . وسيكون هنالك أيضاً ارتفاع في مستوى ماء البحر الذي سيؤدي إلى غمر مئات الآلاف من الكليومترات المربعة في المناطق الساحلية المنخفضة .

ب - الأمطار الحِمضيّة

من المخاطر الجانبية لحرق الوقود هو تساقط الأمطار الحمضية . فبعض الغازات التي تتحرر عند احتراق الوقود ، وبالأخص ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين ، تتحد مع الماء في الجو مكونة حامض الكبريتيك

وحامض النتريك . ونتيجة لهذا فإن أي مطر يتساقط على منطقة ما ستكون حامضاً ويسبب ذلك تلفاً للنباتات وتعطيلاً لنمو الغابات ، وتفتيت بعض أجزاء الأبنية وصدأ للمعادن .

ومعظم غاز ثاني أكسيد الكبريت ينبعث من المحطات الكهربائية التي تستخدم الفحم وقوداً . وتوجد عدة تقنيات يمكن استخدامها في هذه المحطات لتقليل انبعاث ثاني أكسيد الكبريت . والطريقة الشائعة الاستخدام هي امرار الغازات الخارجة خلال خليط من كاربونات الكالسيوم والماء التي تمتص الكبريت لإنتاج كبريتات الكالسيوم أو ما يسمى بالجبس . وهذه الطريقة لها مساوئ جانبية منها تقليل كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية ، وزيادة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون ، وزيادة كلفة الإنتاج. وهنالك طريقة أخرى هي بدفع الهواء خلال غرفة حرق الفحم وبوجود بعض الأحجار الكلسية .

أما الغاز الآخر الذي يسبب الأمطار الحمضية فهو أكسيد النيتروجين (NO_x). وينتج هذا الغاز من عمليات الاحتراق ذات الدرجات الحرارية العالية وذلك نتيجة لوجود بعض المواد النيتروجينية في الوقود مثل الفحم والخشب أو تتكون جزئياً بواسطة أكسدة النيتروجين في الهواء . ويتحرر أكسيد النيتروجين بكميات كبيرة من مكائن شاحنات النقل والسيارات ومن محطات الطاقة الكهربائية .

جـ - تلوث البحار بواسطة النفط

إن محطات توليد الطاقة الكهربائية ، ومصافي النفط ، والمصانع الكبيرة يمكنها أن تكون أكثر الملوثات المنظورة ، وذلك بسبب روائحها المميزة. وليست كل الملوثات الضارة بالبيئة سببها حرق الوقود ، ولكن هنالك مسببات أخرى مثل نقل الوقود عبر البحار . إن معظم الطاقة المصدرة من الدول المنتجة تنقل بواسطة البحار والمحيطات إلى البلدان المستهلكة . وقد تطور أسلوب النقل وأصبحت الناقلات ذات سعة كبيرة جداً . وبقطع النظر عن الحوادث فإن هذه الناقلات تساهم بدرجة كبيرة في تلوث البحار إذ أنه عند عودتها إلى مكان التصدير، بعد تفريغ شحنتها ، تملأ بالماء لغرض

الموازنة ، وعند تفريغ الماء تخرج معه كمية من النفط المتبقي . وبالرغم من أن أساليب النقل في الوقت الحاضر أصبحت أكثر أماناً وضماناً فإنه عند حصول حادثة ما سيكون التأثير كبيراً . ففي الفترة ما بين 1970 و 1985 وقعت 186 حادثة تسرب في كل منها أكثر من 1300 طن من النفط . وفي عام 1989 تسرب من إحدى الناقلات 39000 طن من النفط وغطى مساحة 1600 ميل مربع في ولاية الآسكا الأمريكية .

د - الإشعاع والمخلفات النووية

كان من المتوقع أن تكون الطاقة النووية أحد المصادر الرئيسية في إنتاج الطاقة الكهربائية ولكن هذا لم يتم بسبب المعارضة الواسعة التي تواجه نصب هذه المحطات في مختلف أنحاء العالم . هذه المحطات تنتج حالياً 6% من الطاقة الكهربائية في العالم . وبعد حادثة تشرنوبل في الاتحاد السوفيتي السابق عام 1986 أصبح نصب مثل هذه المحطات محدوداً . ومن المشاكل المتعلقة بمحطات الطاقة النووية أن المواد المستخدمة في الانشطار النووي ذات إشعاع عالٍ جداً ، وقسم منها يبقى مشعاً إشعاعاً نووياً لعشرات الآلاف من السنين . كما أن طرق التخلص من النفايات النووية غير مضمونة ، وبالإضافة إلى ذلك فإن تفكيك المحطات التي انتهت أعمارها يسبب تسرب إشعاع نووي أيضاً . وأن أخذ أقصى درجات الحيطة والحذر في عدم تسرب الإشعاع أدى إلى استخدام أجهزة معقدة وعالية الكلفة ، ولهذا السبب فإن كلفة إنشاء هذه المحطات أعلى من كلفة محطات توليد الطاقة بواسطة الوقود ، وإن كلفة إنتاج الطاقة الكهربائية في هذه المحطات أعلى من المحطات الاعتيادية .

6-1 استمرارية توفر مصادر الطاقة :

إن وضع الطاقة في الوقت الحاضر يختلف عما كان عليه في العقدين الماضيين . فانخفاض الأسعار ، وتوفر كميات كبيرة من الوقود في الأسواق أدّيا إلى الإسراف في استهلاك الطاقة ، وعدم الالتزام بترشيده ، وعدم البحث عن مصادر جديدة .

إن كمية الطاقة الموجودة في باطن الأرض محدودة ، ومن غير الممكن بقاؤها لفترة طويلة جداً . ولكن تقدير فترة بقائها ليس سهل أيضاً . فاحتياطي العالم من النفط ارتفع من 540 بليون برميل عام 1969 ميلادية إلى أكثر من 1000 بليون برميل في الوقت الحاضر . وهذا الارتفاع في الاحتياطي لا يعني أنه غير محدود . فلقد تم مسح مكامن الأرض بصورة مفصلة من قِبل شركات النفط واكتشفت الحقول السهلة والحقول ذات تكلفة الإنتاج القليلة . وهنالك حقول صعبة تحتاج إلى حفر عميق أو ذات طبيعة استخراج صعبة جداً وتحتاج إلى مواد وجهود كبيرة ، وقسم منها يحتاج إلى طاقة وأحياناً تكون الطاقة اللازمة للاستخراج مساوية أو أكثر من الطاقة المستخرجة. وفي هذه الحالات سيكون استخراج الطاقة بدون فائـدة .

من الأرقام المفيدة والمهمة جداً في هذا المجال نسبة الاحتياطي إلى المنتج . فإذا تم تقسيم الاحتياطي المضمون في نهاية كل سنة على الإنتاج في تلك السنة فإن الناتج سيمثل طول عمر الاحتياطي . وهذا الرقم سيدلّ على توفر الطاقة في منطقة معينة من العالم . فمثلاً لقد كان هذا الرقم في عام 1992 هو 10 أعوام لنفط غربي أوربا ، و 25 عاماً لأمريكا الشمالية بينما كان أكثر من 100 عام لمنطقة الشرق الأوسط . ويمتلك الشرق الأوسط أكثر من 60% من احتياطي العالم من النفط ، وتمتلك المملكة العربية السعودية وحدها أكثر من 25% من الاحتياطي .

ويختلف الأمر بالنسبة إلى الغاز الطبيعي . فإن الاحتياطي الأكبر يقع في دول الاتحاد السوفيتي السابق إذ تحتوي هذه المنطقة على أكثر من 40% من احتياطي العالم ، وتحتوي دول الأوبك على حوالي 40% أيضاً من الغاز. أما الباقي فإنه يتوزع على أنحاء مختلفة من العالم . وإن نسبة الاحتياطي إلى المنتج في الوقت الراهن بالنسبة إلى الغاز الطبيعي هي حوالي 65 عاماً .

أما بالنسبة إلى الفحم الحجري فإن الاحتياطي العالمي كبير وموزع على مناطق واسعة ومختلفة . ويبلغ مقدار الاحتياطي إلى المنتج بالنسبة إلى الفحم أكثر من 200 عام ، ولكن كما نعلم فإن للفحم مساوئ كثيرة ، حتى وإن قورنت بالنفط والغاز . وأهم هذه المساوئ هو انبعاث ثاني أكسيد

الكربون وأكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين . وبالرغم من إمكانية تحويل الفحم إلى سائل لغرض تقليل مشاكله البيئية فإن سعر كلفة التحويل سيمثل عقبة لكونه عالياً .

مما تقدم أعلاه يتبين أنه إذا كان هدفنا هو تقليل كمية الوقود التقليدي الذي يتم حرقه لغرض إطالة عمره ولتقليل المخاطر البيئية التي يسببها فإنه يتوجب علينا البحث عن مصادر جديدة غير ناضبة وصديقة للبيئة ، وتطوير كفاءتها ، وتقليل أسعار منظوماتها . وهذه المصادر هي مصادر الطاقة المتجددة التي سنتحدث عنها بالتفصيل في الفصول اللاحقة .

أسئلة تقويمية

1. ما هي الطاقة ؟ وما هي وحداتها ؟
2. نص القانون الأول لديناميك الحرارة على أن الطاقة محفوظة . ما هو المقصود بذلك ؟ أذكر أمثلة ؟
3. ما هي العلاقة بين المادة والطاقة ؟
4. ما هي أشكال الطاقة ؟ وكيف يتم تحويلها من شكل إلى آخر ؟
5. ما المقصود بكفاءة تحويل الطاقة ؟ وما هي حدود كفاءة الطاقة ؟
6. ما هي أنواع الطاقة المستخدمة حالياً ؟ وما هي نسب تواجدها وإنتاجها واستهلاكها ؟
7. ما هي أسباب الاستهلاك المنخفض لمصادر الطاقة في الوطن العربي مع كونه يمتلك على أكثر من 60% من احتياطي الطاقة في العالم ؟
8. ما هي الملوثات الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري ؟ وكيف يمكن تقليل انبعاثها ؟
9. ما هي المشاكل الناجمة عن استخدام الطاقة من النواحي المناخية والصحية ؟
10. ما هي الأساليب التي يمكن اتباعها لضمان توفر استمرارية مصادر الطاقة ؟