

# الطاقة وتغير المناخ

أ.د. جمال سعيد

كلية العلوم - جامعة الفيوم

د. محمد عبد المنعم

معهد المستقبل العالي للهندسة بالفيوم



مكتبة بحيرة الوارد

# بطاقة فهرسة

حقوق الطبع محفوظة

مكتبة جزيرة الورد

اسم الكتاب : الطاقة وتغير المناخ

المؤلف : أ.د. جمال سعيد ، د. محمد عبد المنعم

رقم الإيداع : 2019 / 7626 م

الترقيم الدولي : 3-139-834-977-978

الطبعة الأولى 2019



مكتبة جزيرة الورد

القاهرة : ٤ ميدان جليم خلف بنك فيصل

ش ٢٦ يوليو من ميدان الأوبرا ت : ٠١٠٠٠٠٤٠٤٦ - ٢٧٨٧٧٥٧٤

Tokoboko\_5@yahoo.com

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## فهرس الكتاب

12	المقدمة
15	الفصل الأول - الطاقة
17	1-1 مقدمة
17	2-1 أشكال الطاقة
21	3-1 مصادر الطاقة
26	4-1 تحولات الطاقة
28	5-1 استخدامات الطاقة
31	6-1 كفاءة الطاقة
32	7-1 أهمية المصادر المتجددة للطاقة
36	8-1 الطاقة والبيئة والمناخ
40	9-1 إعادة التدوير والطاقة
40	10-1 تخزين الطاقة
41	11-1 المصادر البديلة للطاقة
42	12-1 الكهرباء
43	1-12-1 تاريخ الكهرباء
45	2-12-1 توليد الكهرباء
46	3-12-1 استخدامات الكهرباء

48	1-12-4 السيارات الكهربائية
51	الفصل الثاني - المصادر غير المتجددة للطاقة
53	1-2 مقدمة
53	2-2 النفط الخام (البترو)
54	1-2-2 استخلاص النفط الخام
59	2-2-2 مكونات البترول الناتجة من التكرير
64	2-2-3 تاريخ انتاج البترول
66	2-2-4 شركات النفط
69	2-2-5 النفط والبيئة
72	2-3 البنزين (الجازولين) والمنتجات البترولية
74	2-3-1 استخدام البنزين
75	2-3-2 البنزين والبيئة
77	2-4 وقود الديزل
78	2-4-1 استخدامات وقود الديزل
81	2-4-2 الديزل والبيئة
82	2-5 زيوت التسخين
83	2-6 الغاز النفطي المسال
84	2-6-1 الغاز المسال والبيئة
86	2-7 متكثف الغاز الطبيعي
87	2-7-1 مكونات متكثف الغاز الطبيعي

- 87 ..... 8-2 الغاز الطبيعي
- 92 ..... 1-8-2 استخدامات الغاز الطبيعي
- 92 ..... 2-8-2 الغاز الطبيعي في مصر
- 96 ..... 3-8-2 الغاز الطبيعي والبيئة
- 98 ..... 9-2 الفحم
- 98 ..... 1-9-2 الفحم الحجري
- 101 ..... 2-9-2 تاريخ الفحم الحجري وتطور إنتاجه
- 104 ..... 3-9-2 كيف تكوّن الفحم الحجري؟
- 106 ..... 4-9-2 أنواع الفحم الحجري
- 107 ..... 5-9-2 استخدامات الفحم الحجري
- 111 ..... 6-9-2 فحم الكوك
- 112 ..... 7-9-2 التغويز
- 112 ..... 8-9-2 التسييل
- 113 ..... 9-9-2 الفحم النباتي
- 114 ..... 10-9-2 استعمالات الفحم النباتي
- 115 ..... 11-9-2 تعدين الفحم
- 116 ..... 12-9-2 الفحم والبيئة
- 118 ..... 10-2 الطاقة النووية
- 119 ..... 1-10-2 محطات الطاقة النووية
- 123 ..... 2-10-2 تخصيب اليورانيوم

- 125 ..... أنواع المفاعلات 3-10-2
- 128 ..... إعادة معالجة الوقود النووي 4-10-2
- 129 ..... محطات الطاقة النووية المستقبلية والاندماج النووي 5-10-2
- 132 ..... الطاقة النووية والبيئة 6-10-2
- 135 ..... الحوادث النووية 7-10-2
- 138 ..... السلاح النووي 8-10-2
- 141 ..... الفصل الثالث - المصادر المتجددة للطاقة**
- 143 ..... 1-3 الطاقة المتجددة
- 147 ..... 2-3 الطاقة الشمسية
- 151 ..... 1-2-3 أهمية الإشعاع الشمسي
- 152 ..... 2-2-3 الطاقة الشمسية والتخطيط المدني والمعماري
- 153 ..... 3-2-3 الطاقة الشمسية والزراعة
- 156 ..... 4-2-3 الإضاءة بالطاقة الشمسية
- 158 ..... 5-2-3 تسخين الماء بالطاقة الشمسية
- 158 ..... 6-2-3 التدفئة والتبريد والتهوية
- 160 ..... 7-2-3 معالجة الماء بالطاقة الشمسية
- 161 ..... 8-2-3 الطهو بالطاقة الشمسية
- 162 ..... 9-2-3 المتطلبات الحرارية من الطاقة الشمسية
- 163 ..... 10-2-3 توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية
- 164 ..... 11-2-3 البرك الشمسية

- 165 ..... 12-2-3 التفاعلات الكيميائية الشمسية
- 167 ..... 13-2-3 الطاقة الشمسية في المركبات والأقمار الصناعية
- 169 ..... 14-2-3 أساليب تخزين الطاقة الشمسية
- 170 ..... 15-2-3 التطوير والتوزيع والاقتصاد
- 171 ..... 16-2-3 الطاقة الشمسية الحرارية
- 173 ..... 17-2-3 أنواع المجمعات الشمسية المستخدمة لتجميع الحرارة
- 173 ..... 18-2-3 مجمع التخزين المتكامل
- 174 ..... 19-2-3 مجمعات الألواح المسطحة
- 176 ..... 20-2-3 مجمعات الأنابيب المفرغة
- 177 ..... 21-2-3 مجمعات تسخين الماء
- 179 ..... 22-2-3 المجمع الطبقي
- 180 ..... 23-2-3 المجمعات الشمسية لتوليد الكهرباء
- 180 ..... 24-2-3 حوض القطع المكافئ
- 181 ..... 25-2-3 طبق القطع المكافئ
- 182 ..... 26-2-3 برج الطاقة الشمسية
- 183 ..... 27-2-3 مزايا إنتاج الكهرباء بمركزات الطاقة الشمسية
- 184 ..... 28-2-3 عيوب إنتاج الكهرباء بمركزات الطاقة الشمسية
- 184 ..... 29-2-3 أنظمة الطاقة الكهروضوئية
- 186 ..... 30-2-3 أنواع الخلايا الشمسية
- 187 ..... 31-2-3 الطاقة الشمسية في مصر

- 189 ..... 3-3 الطاقة المائية
- 190 ..... 1-3-3 الطاقة الكهرومائية
- 191 ..... 2-3-3 محطات توليد الطاقة الكهرومائية
- 192 ..... 3-3-3 الطاقة الكهرومائية في مصر
- 193 ..... 4-3-3 طاقة المد والجزر
- 195 ..... 4-3 طاقة الرياح
- 195 ..... 1-4-3 توربين الرياح
- 197 ..... 5-3 طاقة الحرارة الأرضية
- 199 ..... 1-5-3 محطات الطاقة الحرارية الأرضية
- 200 ..... 2-5-3 مصادر الطاقة الجوفية
- 201 ..... 6-3 الطاقة الحيوية
- 203 ..... 7-3 الهيدروجين كمصدر للطاقة
- 205** ..... **الفصل الرابع - الطاقة و المناخ**
- 207 ..... 1-4 الغلاف الجوي
- 208 ..... 1-1-4 طبقات الغلاف الجوي
- 208 ..... 1-1-1-4 طبقة التروبوسفير
- 209 ..... 2-1-1-4 طبقة الستراتوسفير
- 210 ..... 3-1-1-4 طبقة الأوزون
- 210 ..... 4-1-1-4 طبقة الميزوسفير
- 211 ..... 5-1-1-4 طبقة الثرموسفير

- 211 ..... 6-1-1-4 طبقة الأيونوسفير
- 212 ..... 7-1-1-4 طبقة الإكسوسفير
- 212 ..... 2-1-4 أهمية الغلاف الجوي
- 213 ..... 2-4 المناخ
- 213 ..... 1-2-4 تصنيف المناخ
- 215 ..... 2-2-4 الاختلاف في خط العرض
- 216 ..... 3-2-4 الاختلاف في الرطوبة الجوية
- 217 ..... 4-2-4 الاختلاف بين درجة حرارة اليابسة والماء
- 217 ..... 5-2-4 الاختلاف في شكل سطح الأرض
- 218 ..... 3-4 تغير المناخ
- 226 ..... 1-3-4 عزل ثاني أكسيد الكربون
- 227 ..... 2-3-4 تأثير تغير المناخ على مصر
- 229 ..... 4-4 الاتفاقيات الدولية الخاصة بالمناخ
- 241 ..... المصادر الإنجليزية
- 249 ..... المراجع والتراجم العربية
- 250 ..... المواقع الإلكترونية
- 252 ..... نبذة عن المؤلفين



## المقدمة

يهدف الكتاب إلى توضيح مفهوم الطاقة وعرض مصادرها وارتباط تغير المناخ باستخدام هذه المصادر وشرح أهمية استخدام مصادر الطاقة الآمنة للبيئة والتي لا تعطي نواتج تؤثر بالسلب على البيئة والمناخ ومن ثم على حياة البشر. وقد اعتمدنا في موضوعات الكتاب على المصادر العلمية والثقافية والمواقع الإلكترونية في مجالات الطاقة والمناخ.

والحفاظ على البيئة وتقليل تغير المناخ بما يناسب استمرار الحياة على الأرض هو سبب للأهمية القصوى لاستخدام المصادر المتجددة للطاقة كالشمس والرياح والمياه والمصادر الحيوية والحرارة الأرضية الجوفية بدلا من المصادر غير المتجددة أو غير الآمنة للبيئة مثل الفحم والبتروول والغاز الطبيعي أو الطاقة النووية وهي مصادر قد ينضب معظمها في المستقبل القريب. واستخدام زيت البتروول للحصول على المركبات الكيميائية والدوائية الهامة للبشرية أفضل من تضييع قيمته الثمينة في حرقه لإنتاج الطاقة أو في تشغيل وسائل النقل والمواصلات.

ومنذ بداية الثورة الصناعية واستخدام الفحم ثم البتروول في تشغيل المحركات في المصانع أو محطات الطاقة الكهربائية ووسائل النقل والمواصلات حتى الآن زادت من نسبة تلوث الهواء والماء والتربة. وأصبحت الغازات الملوثة للهواء موجودة بكميات كبيرة مثل الغازات الدفيئة والتي تؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة كغاز ثاني أكسيد الكربون وأدى ذلك إلى ظهور الاحتباس الحراري للأرض مما أدى إلى زيادة درجة الحرارة الكلية للأرض ومن ثم تغير المناخ. وكانت سنة 2018 هي الأعلى في

درجة الحرارة الكلية على الإطلاق من السنين السابقة.

وكان لتغير المناخ أثارا خطيرة على الإنسان والكائنات الحية مثل ازدياد الفيضانات نظرا لزيادة درجة الحرارة وانصهار الجليد في القطبين مما أدى لارتفاع مستوى سطح البحر وكذلك حدوث تغيرات حادة في الطقس وتغير أماكن نزول الأمطار فغرقت بعض المناطق وجفت مناطق أخرى وزاد عدد وشدة العواصف والأعاصير كل عام .

ومع هذه الحوادث وتحذيرات العلماء بدأت الدول والحكومات الانتباه للعواقب التي تأتي بتغير المناخ وخطورتها على البشرية والحياة على الأرض إن استمر الحال كما هو عليه بدون اتخاذ حلول لتقليل أسباب هذا التغير. وتم عقد مؤتمر دولي للبيئة في سبعينيات القرن الماضي ذكر فيه تغير المناخ وكان المؤتمر الأول الخاص بتغير المناخ هو قمة الأرض بريو دي جانيرو بالبرازيل سنة 1992 ثم توالى بعد ذلك المؤتمرات الدولية الخاصة بالمناخ والبيئة ومنها مؤتمر باريس للمناخ عام 2015 الذي أثمر عن اتفاق باريس للمناخ ومن مبادئ الاتفاق أن للأجيال القادمة الحق في العيش في بيئة سليمة صالحة، ولذلك فحماية أطراف الاتفاقية للبيئة هو أمر منصف لتلك الأجيال ويتعين على البلدان المتقدمة أن تأخذ دور الصدارة في مكافحة التغير المناخي والآثار الضارة المترتبة عليه. وأن تتخذ جميع الأطراف التدابير اللازمة للوقاية من أسباب تغير المناخ أو تقليلها أو تخفيف من حدة آثارها الضارة، ومهما كانت التهديدات والتحديات يجب اتخاذ كل التدابير اللازمة لمعالجة الأمر .

وبدأت دول كثيرة للتحويل التدريجي نحو مصادر الطاقة المتجددة مثل الولايات الأمريكية ودول الاتحاد الأوروبي والصين واليابان، حيث أن دول الاتحاد الأوروبي اتخذت الأمر على محمل الجد نظرا لخطورته البالغة على الحياة البشرية. وقد وصلت نسبة استخدام الطاقة المتجددة إلى 32% من إجمالي الطاقة في دول الاتحاد الأوروبي، وكمثال ألمانيا تنتج 40% من طاقتها من المصادر المتجددة. وبعض البلدان في العالم تحصل الآن على معظم حاجتها من الطاقة عن طريق المصادر المتجددة وتشمل أيسلندا ونسبة استخدام المصادر المتجددة بها 100%.

والترويج 98% والبرازيل 86% والنمسا 62% ونيوزيلاندا 65% والسويد 54%.

وهنا وجب علينا أن نناشد الدول والحكومات العربية وخاصة مصر بالسير على خطى الدول المتقدمة والتحول للمصادر المتجددة للطاقة خاصة الشمس والرياح لتوفرهما الكبير في المنطقة العربية وخاصة مصر التي تسطع فوقها الشمس تقريبا كل أيام السنة وهي من أعلى المناطق التي تستقبل الإشعاع الشمسي. والتحول إلى الطاقات المتجددة يزيد من نمو الاستثمارات والاقتصاد المصري ويفتح أبواب العمل للأعداد الكبيرة من المصريين والذين هم في أشد الحاجة لتطوير حياتهم المعيشية. وكما أن استخدام الطاقة الشمسية بالقرب من الساحل الشمالي وساحل البحر الأحمر يمكن تحلية مياه البحر وإيجاد مصدر آخر للمياه حيث أن مصر من الدول التي تقع تحت خط الفقر المائي بدرجة حرجة. واستغلال الطاقة المتجددة في مناطق صحراوية جديدة سيعمل على تكوين مدن جديدة يتجه إليها المصريون وتكون حلا رئيسيا لمشكلة التكدس السكاني في مصر وحتى تتبوأ مصر المكانة اللائقة في مستقبل مشرق ومستحق.

الفصل الأول

الطاقة





## 1-1 مقدمة

التعريف الشائع الذي قدمه العلماء أن الطاقة هي المقدرة على بذل شغل، وسبب نهوض الحضارة الحديثة والتقدم هو أن الناس قد تعلموا كيفية تغيير الطاقة من شكل إلى آخر ومن ثم استخدامها في الصناعة وإنجاز الأعمال. فنحن نستخدم الطاقة لتحريك السيارات على طول الطرق والقوارب على المياه ولطهي الطعام باستخدام المواقد وكذلك تستعمل الطاقة في إضاءة منازلنا أو لتشغيل الأجهزة الكهربائية أو حتى لشحن أجهزة الهواتف المحمولة. لذا أصبح الإنسان المعاصر يستخدم الطاقة في كل شيء من الحصول على النار بإشعال عود ثقاب إلى استخدام الطاقة لاستكشاف الفضاء.

## 1-2 أشكال الطاقة

الطاقة توجد في عدة أشكال كالطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية والطاقة الإشعاعية والطاقة الذرية. وكل أشكال هذه الطاقات قابلة للتحويل الداخلي إلى بعضها البعض بواسطة طرق تحويل مناسبة. وتستغل مصادر هذه الطاقات لتوليد الكهرباء التي نحتاجها سواء للإنارة أم لتشغيل الماكينات والأجهزة الكهربائية كالتلفزيونات والكمبيوترات في بيوتنا ومدارسنا ومكاتبنا ومصانعنا. والبترول هو مصدر من مصادر الطاقة نستخدم مشتقاته لتشغيل سياراتنا أو لإدارة الآلات والمعدات وغيرها كي نمارس الأنشطة المعيشية المختلفة التي نتمتع بها في حياتنا. فالطاقة ضرورة حياتية للعيش فوق كوكبنا وبواسطتها صعدت المركبات للفضاء وجاب الإنسان العالم ليتعرف عليه ويستخدم ثرواته.

فالحياة الإنسانية كلها تعتمد على الطاقة التي نستقبلها من الشمس على هيئة إشعاعات. فالإشعاعات الشمسية تحت الحمراء تدفئ الأرض وأشعتها الضوئية تعطي النبات الطاقة اللازمة لنموه. والنباتات تخزن الطاقة الشمسية في صورة طاقة كيميائية في عملية البناء الضوئي. والمواد الغذائية التي يكونها النبات هي الغذاء الذي تعتمد عليه جميع الكائنات الحية. وتستخدم الحيوانات والكائنات الحية الأخرى الطاقة الناتجة من الغذاء لدفع العمليات الحيوية داخل أجسامها وتحريك

العضلات. وتخزن طاقة الشمس أيضاً في صورة طاقة كيميائية متمثلة في زيت البترول والغازات والفحم الحجري. وقد نتجت هذه الأنواع من الوقود الأحفوري من رواسب وبقايا النباتات والكائنات الحية التي عاشت منذ ملايين السنين. ونحن نحرق هذا الوقود لاستخلاص الطاقة منه. ويحوّل الاحتراق الطاقة الكيميائية في الوقود إلى حرارة، وهذه الحرارة بالتالي يمكن أن تُحوّل إلى طاقة ميكانيكية. فاحتراق الفحم الحجري كمثال يستعمل في إدارة التوربينات البخارية التي تنتج الكهرباء في محطات توليد الطاقة الكهربائية. وفي هذه المحطات تتحول الطاقة الكيميائية في الفحم الحجري إلى طاقة حرارية التي تتحوّل بدورها إلى طاقة ميكانيكية. وتتحوّل الطاقة الميكانيكية في التوربينات بواسطة المولدات إلى طاقة كهربائية.

والطاقة النووية شكل آخر من أشكال الطاقة التي تُخزن بين الجسيمات المكونة لأنوية الذرات في المادة وهي طاقة تجمع الجسيمات النووية معا وتخرج على صورة طاقة حرارية هائلة عند انشطار جسيم نووي إلى جزأين أو عند اندماج جسيمين نوويين معا لتكوين جسيم آخر. والتفاعلات النووية الانشطارية أو الاندماجية تعطي هذه الطاقة الهائلة في صورة حرارة وإشعاع. وتم استغلال التفاعلات الانشطارية لتوليد الحرارة في المفاعلات النووية. والتفاعلات الاندماجية تولد حرارة شديدة في باطن الشمس والتي تسبب استمرار الشمس ملتهبة على الدوام. وفي الطبقات الخارجية للشمس تنتقل الحرارة بالإشعاع الذي ينبعث من الشمس في كافة الاتجاهات، ونحن على الأرض نستقبل جزءاً ضئيلاً من هذا الإشعاع. وفي السنوات الحالية يتم إنشاء مفاعلات نووية اندماجية تحت الاختبار. وفي التفاعلات الانشطارية والاندماجية تكون كتلة المواد الناتجة من التفاعل أقلّ بقليل من كتلتها قبل التفاعل، ولذا فإن جزءاً صغيراً من المادة يكون قد تحول إلى طاقة. وقد استنتج العلماء أنّ المادة والطاقة متكافئتان وجميع العمليات في الطبيعة محكومة بالتغيرات التي تحدث في الطاقة وتحولها من شكل إلى آخر.

ويوجد العديد من أشكال الطاقة ولكنها جميعاً يمكن إدراجها في فئتين أساسيتين هما الطاقة الحركية والطاقة الكامنة.

والطاقة الحركية هي الطاقة الناتجة عن الحركة أي بسبب تأثير القوة على الأجسام، والطاقة الحركية هي الطاقة التي يتمتع بها الجسم عندما يتحرك. وتناسب طاقة حركة الجسم طردياً مع كتلته ومربع سرعته. ولهذا فإن للقطار الذي يتحرك بسرعة 80 كيلو متر في الساعة طاقة تعادل أربعة أمثال طاقة قطار آخر يتحرك بسرعة 40 كم في الساعة. والقطار الساكن ليس له طاقة حركة لأن طاقة الحركة التي اكتسبها أثناء حركته قد تحولت إلى حرارة تولدت عن الاحتكاك في المكابح التي أوقفت القطار.

الطاقة الكامنة هي الطاقة الموجودة في الجسم بسبب وضعه أو حالته. وهي تمثل الشغل الذي يُبدل فعلاً، وتسمى أحياناً الطاقة المخزنة. فإذا رفعنا صندوقاً من الأرض إلى منضدة، فإن طاقة وضع الجسم سوف تزداد بمقدار كمية الشغل اللازمة لرفعه إلى المنضدة. ويمكن تحويل الطاقة الكامنة إلى أشكال أخرى من الطاقة فإذا ما دفعنا الصندوق من فوق المنضدة فسوف يبدأ في السقوط وتتحول طاقته الكامنة إلى طاقة حركية. وعندما يصطدم الصندوق بالأرض يحدث اهتزازات على الأرض والهواء المحيط بها. وتسخن هذه الاهتزازات الأرض والهواء، وبهذا تكون الطاقة الحركية للجسم قد تحولت إلى طاقة حرارية.

والطاقة الكيميائية أحد أشكال الطاقة الكامنة وهي الطاقة المخزنة في الروابط بين جزيئات وذرات المادة. فالجزيئات يمكن أن تخزن الطاقة نتيجة لطاقة وضع الذرات التي تنشأ عن تأثير القوى بين الذرات في الجزيئات. وأثناء التفاعلات الكيميائية تأخذ الذرات في الجزيئات مواقع مختلفة وتحدث تغيرات في الطاقات الكامنة لهذه الذرات. وإذا قلت الطاقة الكامنة فإن التفاعل ينتج طاقة تظهر على هيئة حرارة. وتعتبر مواد الكتلة الحيوية والنفط والغاز الطبيعي والفحم أمثلة لمصادر الطاقة الكيميائية والتي يتم تحويلها إلى طاقة حرارية عن طريق الحرق مثل حرق الخشب أو الفحم في الموقد أو حرق البنزين في محركات السيارات. وكذلك الطعام الذي يأكله الشخص يحتوي على الطاقة الكيميائية فيخزن الجسم هذه الطاقة الكيميائية إلى أن تتحول إلى طاقة حرارية أو حركية أثناء العمل أو اللعب.

والطاقة الميكانيكية هي الطاقة المخزنة في الأجسام نتيجة التوتر أو الإجهاد كما هو حادث في الحلزونات المضغوطة أو الأوتار المطاطية المشدودة.

وطاقة الجاذبية هي نوع من أنواع الطاقة الكامنة المخزنة في الجسم نتيجة ارتفاعه فوق سطح الأرض، فكلما كان الجسم أكبر في الكتلة وأعلى ارتفاعاً كلما كانت طاقة الجاذبية أكبر. فعندما يقود شخص دراجة ويتحرك إلى أسفل على طريق منحدر فإن طاقة الجاذبية تتحول إلى طاقة حركة. والطاقة المائية هي مثال آخر لطاقة الجاذبية، حيث أن الجاذبية تدفع المياه إلى أسفل فتمر خلال توربينات (محركات) كهربائية فتدور التوربينات التي تولد الكهرباء.

أما الطاقة الحركية هي المسببة لحركة أي من الأمواج والإلكترونات والذرات والجزيئات والمواد والأجسام. وهي الطاقة المبذولة عند حركة الأجسام فكلما زادت حركتها كلما زاد مقدار الطاقة الحركية. ولا بد من بذل طاقة لتحريك جسم وتنطلق الطاقة عندما يتباطأ الجسم المتحرك. والرياح هي مثال لطاقة الحركة وكذلك السيارة التي تتوقف فجأة تنطلق طاقتها الحركية بتمامها في لحظة التوقف.

والطاقة الإشعاعية هي الطاقة الكهرومغناطيسية التي تنتقل في موجات مستعرضة بنفس سرعة الضوء وتشمل الطاقة الإشعاعية كل من الضوء المرئي والأشعة السينية وأشعة جاما وموجات الراديو. وتعتبر أشعة الشمس طاقة إشعاعية والتي تمتد الأرض بالضوء والحرارة والغذاء مما يجعل الحياة على الأرض ممكنة ومستمرة.

والطاقة الحرارية أو الحرارة، هي الطاقة التي تأتي من حركة الذرات والجزيئات في المواد. فكلما زادت الحرارة تزداد سرعة حركة الجزيئات. والطاقة الحرارية الأرضية هي الطاقة الحرارية في باطن الأرض.

والصوت ينتج من الحركة وانتقال الطاقة خلال المواد في شكل موجات طولية. ويصدر الصوت عندما تجعل القوة الجسم أو المادة في حالة اهتزاز وتنتقل هذه الطاقة خلال المواد بسرعة الصوت وفي المعتاد طاقة الصوت هي أضعف أشكال الطاقات.

ويتم نقل الطاقة الكهربائية عن طريق جسيمات مشحونة صغيرة وهي

الإلكترونات وتنتقل في المواد الموصلة في المعتاد خلال الأسلاك . ويعتبر البرق مثالا للطاقة الكهربائية في الطبيعة.

### 1-3 مصادر الطاقة

يمكن تصنيف مصادر الطاقة إلى مصادر متجددة ومصادر غير متجددة. فعندما يستخدم الأفراد الكهرباء في منازلهم التي يمكن أن تولد عن طريق حرق الفحم أو من خلال التفاعل النووي أو عن طريق محطة توليد الطاقة الكهرومائية من خلال إقامة السدود على النهر. لذلك الفحم والتفاعلات النووية والمصادر الكهرومائية مثل السد العالي هي عدد من الأنواع المتعددة لمصادر الطاقة. وعندما يحصل الفرد على (أنبوبة البوتاجاز)، فإن المصدر قد يكون النفط المكرر من الزيت الخام أو الإيثانول المستخرج من خلال زراعة وتجهيز نبات الذرة.

فمصادر الطاقة المتجددة وغير المتجددة يمكن استخدامها كمصادر أولية لإنتاج الطاقة مثل إنتاج الطاقة الحرارية أو استخدامها لإنتاج الطاقة الثانوية مثل الكهرباء.

فعندما يستخدم الإنسان وقودا للسيارات فقد يكون ناتجا من تكرير النفط الخام (طاقة غير المتجددة) او من الوقود الحيوي (طاقة متجددة) مثل الإيثانول.

الطاقة غير المتجددة	الطاقة المتجددة
المنتجات النفطية	الطاقة الشمسية
سوائل الغاز الهيدروكربونية	طاقة الرياح
الغاز الطبيعي	طاقة الكتلة الحيوية
الفحم	الطاقة المائية
الطاقة النووية	الطاقة الحرارية الأرضية

وتعتبر الطاقة المبذولة بالحيوانات من أوائل الطاقات التي استغلها الإنسان في فجر الحضارة عندما استخدم الحيوانات الأليفة في أعماله. ثم شرع واستغل قوة الرياح في تسيير قواربه لآفاق بعيدة وكذلك مع نمو حضارته استخدمها في إدارة طواحين الهواء. واستغل طاقة حركة المياه في إدارة السواقي وعجلات ماكينات الطحن ومناشير الخشب ومضخات رفع الماء من الآبار وغيرها وهذا ما عرف بالطاقة الميكانيكية.

وقوة الحيوانات نجدها مستمدة من الطاقة الكيميائية الموجودة في الطعام بعد هضمه. والطاقة الكيميائية نجدها في الخشب الذي كان يستعمل منذ القدم في الطبخ والدفع. وفي بداية الثورة الصناعية استخدمت القوة المائية كطاقة تشغيلية من خلال حركية نظم سيور وبكر وتروس لإدارة العديد من الماكينات.

ونجد الطاقة الحرارية في الآلات البخارية التي تحول الطاقة الكيميائية لوقود تحوله لطاقة ميكانيكية. فالآلة البخارية يطلق عليها آلة احتراق خارجي لأن الوقود يحرق بالخارج لتوليد البخار الذي يدير الآلات من الداخل. لكن في القرن التاسع عشر اخترعت آلة الاحتراق الداخلي مستخدمة وقودا يحترق داخل الآلة حسب نظام غرف الاحتراق الداخلي المباشر بها لتصبح مصدرا للطاقة الميكانيكية التي استغلت في عدة أغراض كتسيير السفن والعربات والقطارات.

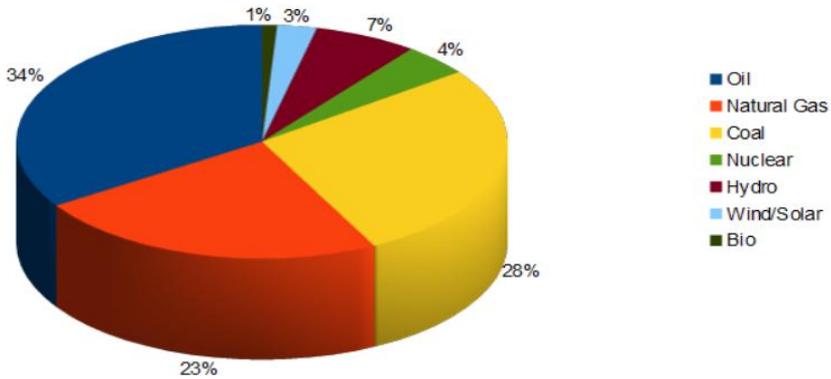
وكذلك ظهر مصدر آخر للطاقة وهي الطاقة الكهربائية المتولدة من الدينامو (المولد). وأصبحت هذه المولدات تحول الطاقة الميكانيكية لطاقة كهربائية التي أمكن نقلها إلى أماكن بعيدة عبر الأسلاك. مما جعلها تنتشر، حتى أصبحت طاقة العصر الحديث ولاسيما وأنها متعددة الأغراض بعدما أمكن تحويلها لضوء وحرارة وطاقة ميكانيكية بتشغيلها محركات الآلات والأجهزة الكهربائية.

ثم ظهرت الطاقة النووية التي استخدمت في المفاعلات الذرية حيث يجري الانشطار النووي الذي يولد حرارة هائلة تولد البخار الذي يدير المولدات الكهربائية التي تمدنا بالكهرباء أو يدير المحركات التي تسيير السفن والغواصات. لكن مشكلة هذه المفاعلات النووية في نفاياتها المشعة واحتمال حدوث تسرب إشعاعي كما

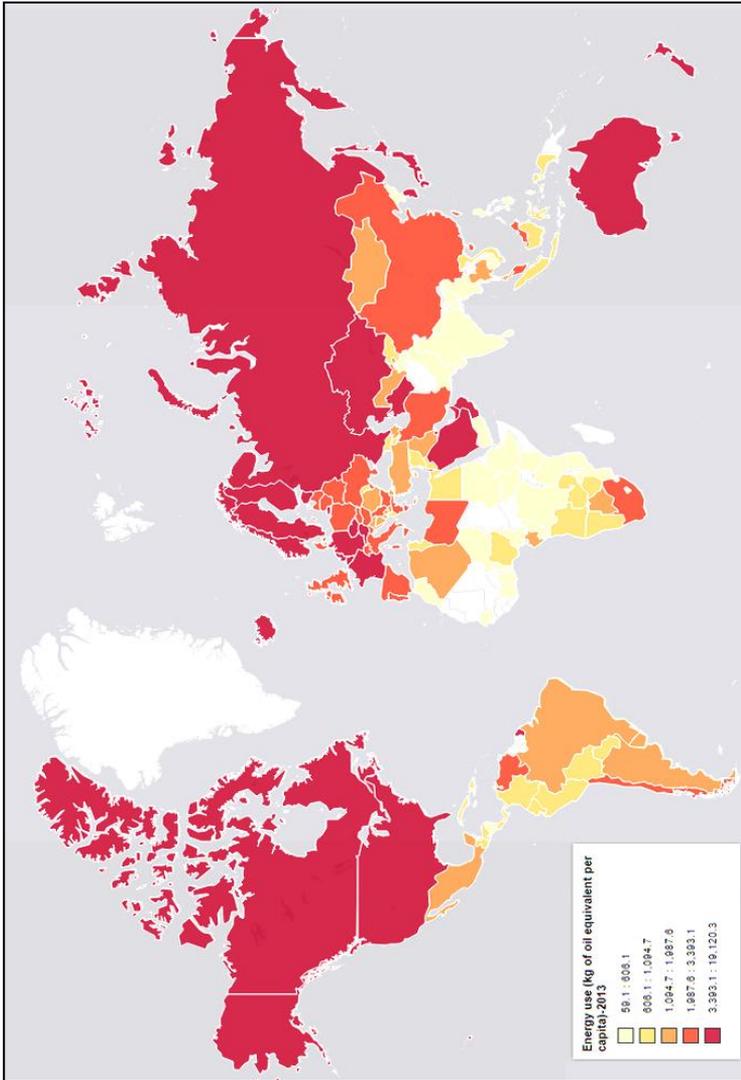
حدث في مفاعل تشيرنوبيل بأوكرانيا أو انفجار المفاعل كما حدث في مفاعل فوكوشيما باليابان.

والطاقة الغير متجددة نحصل عليها من باطن الأرض كسائل كما في النفط أو غاز كما في الغاز الطبيعي أو مادة صلبة كما في الفحم الحجري. وهي غير متجددة لأنه لا يمكن صنعها ثانية أو استعواضها مجددا في زمن قصير وذلك عكس الطاقة المتجددة فيمكن استعواضها في زمن قصير، ومصادر الطاقة المتجددة نجدها في طاقة الكتلة الحيوية التي تستمد من مادة عضوية كإحراق النباتات وعظام الحيوانات وروث البهائم والمخلفات الزراعية. فعندما نستخدم الخشب أو أغصان الأشجار أو روث البهائم في اشعال الدفايات أو الأفران، فهذا معناه أننا نستعمل وقود الكتلة الحيوية التي تستغل كمادة عضوية من النباتات ونفايات الزراعة أو الخشب أو مخلفات الحيوانات. وتستغل الطاقة الحرارية الأرضية لتوليد الكهرباء أو الحصول على طاقة حرارية. وحاليا نصف الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية تأتي من قوة دفع المياه التي تدير التوربينات، والتي تسيّر المحركات لتوليد الكهرباء. وكذلك استخدمت هذه الطاقة المائية في توليد الكهرباء في مصر من السد العالي بأسوان. واستعملت طاقة الرياح لتدير ألواح كبيرة تدور بالهواء فوق الأبراج بحركة مروحية ومثبت بها مولدات كهرباء وهي المولدات الكهربائية باستخدام الرياح. وكانت قوة الرياح تستغل في إدارة طواحين الهواء ومضخات رفع المياه مثلما تم اتباعه في هولندا عندما نزع الهولنديون مساحات مائية من البحر لتوسيع الرقعة الزراعية عندهم. ويذكر أن سبب عدم انتشارها في العالم هو أصواتها المزعجة وقتلها للطيور التي ترتطم بشفراتها السريعة وأيضا السبب الرئيسي هو عدم توفر الرياح في معظم المناطق بشكل مناسب. وفي خلايا الطاقة التي هي خلايا وقود الهيدروجين تنتج الكهرباء من خلال تفاعل كهربائي كيميائي باستخدام الهيدروجين والأكسجين.

والشكل (1-1) يوضح نسب استهلاك الطاقة وشكل (1-2) يمثل خريطة استهلاك الطاقة في العالم بالنسبة للفرد.



شكل (1-1): نسب استهلاك أنواع مصادر الطاقة في العالم - 2017



شكل (1-2): خريطة استهلاك الطاقة في العالم للفرد الواحد

والنفط الخام والغاز الطبيعي والفحم يطلق عليهم الوقود الأحفوري لأن كل منهم تكون عبر ملايين السنين بفعل الحرارة الناتجة من باطن الأرض والضغط الناتج من الصخور والتربة على بقايا الحيوانات أو من النباتات الميتة والكائنات الدقيقة المجهرية. كما أن معظم المنتجات البترولية المستهلكة من النفط الخام مثل السوائل البترولية يمكن أيضا أن تكون مستخلصة من الغاز الطبيعي أو الفحم.

والجزء الأكبر من الطاقات المستهلكة بواسطة الإنسان يأتي من مصادر الطاقة غير المتجددة. وإمدادات المصادر غير المتجددة محدودة كالبتروول وسينضب بعد عدة قرون. أما مصادر الطاقة المتجددة فهي تتجدد طبيعيا بانتظام يوما بعد يوم. فتشرق الشمس، وتهب الرياح، وتتدفق الأنهار ومنها يتم استخدام مصادر الطاقة المتجددة لإنتاج الكهرباء أو لتوليد الحرارة، أو كوقود لوسائل النقل. وتعتبر كل من الكهرباء والهيدروجين من المصادر الثانوية للطاقة التي يتم تخزينها ونقلها.

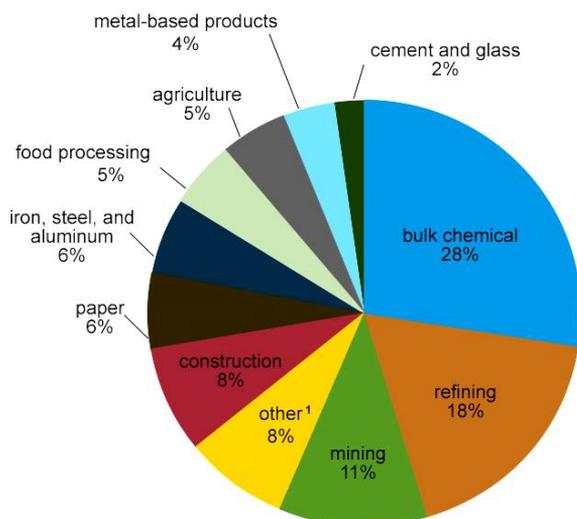
#### 1-4 تحولات الطاقة

طبقا لما ذكره العلماء أن الحفاظ على الطاقة لا يعني توفير الطاقة ولكن بدلا من ذلك نقول قانون حفظ الطاقة أي أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم. وعندما يستخدم الإنسان الطاقة، فإنها لا تختفي بل تتحول الطاقة من شكل معين إلى شكل آخر. مثلما يحدث في محرك السيارة فعند احتراق البنزين تتحول الطاقة الكيميائية المتمثلة في الوقود (البنزين) إلى طاقة ميكانيكية. مثال آخر في الخلايا الضوئية الشمسية تتحول الطاقة الإشعاعية إلى طاقة كهربائية. وفي العموم فإن الطاقات تتغير من صورة إلى أخرى لكن المجموع الإجمالي للطاقة في الكون يظل على حاله.

فعند سقوط جسم من أعلى تقل طاقته الكامنة، بينما تزيد طاقته الحركية. ولكن يظل مجموع الطاقتين ثابتاً أثناء السقوط وهو الطاقة الميكانيكية. ويعبر العلماء عن ذلك بقانون ينص على أن الطاقة تظل محفوظة. ولا ينطبق قانون بقاء الطاقة على حالة الصندوق الساقط فقط، ولكنه ينطبق على حالة الكون كله. وينص هذا القانون على أن الطاقة الكلية للكون ذات قيمة ثابتة دائماً. ويمكن أن يُعدّ البندول مثلاً كيفية تحوّل

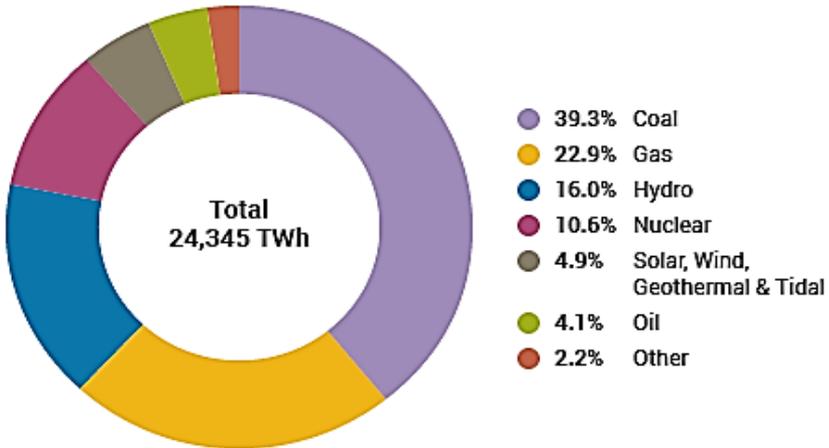
## الطاقة وتغير المناخ...

الطاقة من صورة إلى أخرى بينما تظل الطاقة الكلية ثابتة. فعندما يصل البندول إلى نهاية اهتزازاته تكون له طاقة حركية فقط. وتتحول هذه الطاقة إلى طاقة كامنة عندما يصل البندول مرة أخرى إلى أعلى نقطة في اهتزازاته. وسوف يستمر البندول في الاهتزاز طالما لا يوجد هناك احتكاك أو مقاومة من الهواء أو جاذبية أرضية. ولكن الطاقة التي تستخدم في التغلب على مثل هذا الاحتكاك لا تُفقد، وإنما تتحول إلى حرارة، ونحن نعلم الآن أن المادة والطاقة ترتبطان ارتباطاً وثيقاً. ولذا فإن قانون بقاء الطاقة يشمل المادة أيضاً. فالطاقة لا تفنى ولا تأتي من العدم، ولكنها تنشأ من المادة وتتحول إليها. فهي مثلاً قد تتحول إلى مادة في معجلات الجسيمات عند ظهور جسيمات جديدة أثناء تصادم الجسيمات المعجلة عند سرعات فائقة. وتستخدم الطاقة الكهربائية في حياتنا اليومية في المنازل والمنشآت وكذلك المصانع، وشكل (1-3) يوضح نسب استهلاك الصناعات المختلفة للطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية.



شكل (1-3): نسب استهلاك الصناعات من الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية

والطاقة الحرارية التي نشعر بها قادمة من النار تصلنا في صورة إشعاع. والأجسام القريبة من النار تسخنُ بواسطة الأشعة تحت الحمراء، وهي إحدى أشكال الأشعة الكهرومغناطيسية. وهذه الأجسام تكتسب الطاقة في صورة حرارة. والضوء أيضاً موجات كهرومغناطيسية، ولهذا فهو أحد أشكال الطاقة. ففي البطارية تستخدم الطاقة الكيميائية للحصول على الطاقة الكهربائية وباستخدام التوربين نحول الطاقة الحركية لكهربية نظراً لشيوع استخدام الطاقة الكهربائية. ويوضح شكل (1-4) نسب الإنتاج العالمي من الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المختلفة.



شكل (1-4): إنتاج العالم من الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المختلفة

### 5-1 استخدامات الطاقة

هناك مجموعة متنوعة من مصادر الطاقة المختلفة والمستخدمة في القطاع الصناعي. فمصادر الطاقة يمكن استخدامها كوقود للغلايات المستخدمة في توليد البخار أو الماء الساخن. ويمكن أيضاً استخدام مصادر الطاقة في عمليات التسخين لرفع درجة حرارة المنتجات في عمليات التصنيع كما تستخدم كمواد أولية في صناعة المنتجات.

ويستخدم الإنسان الطاقة كل يوم في النقل والمواصلات والطبخ والتدفئة أو التبريد والتصنيع، والإضاءة، والترفيه، والعديد من الاستخدامات الأخرى. وتعتبر خيارات الناس هي حول كيفية تشغيل آلات وتحويل الطاقة في أوقات عدم الاستخدام أو خيارات شراء السيارات ذوات الكفاءة في استهلاك الوقود وكذلك الأجهزة الموفرة للطاقة والتي ليس لها تأثيرات سلبية على البيئة أو على حياة الإنسان. وفي قطاع الصناعة المصدر الرئيسي للطاقة هو الغاز الطبيعي والكهرباء. والعديد من الشركات المصنعة تستخدم مصادر أخرى للطاقة الحرارية أو مولدات الطاقة الكهربائية مثل استخدام البخار والتخمر في صناعة الورق والنفايات الزراعية وخشب الأشجار.

وكل نوع من الصناعة يتطلب نوع معين من الطاقة. ولكن هناك عدد من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة والتي تستهلك معظم الطاقة التي يحتاجها القطاع الصناعي. فصناعة تكرير البترول هي أكبر مستهلك صناعي للطاقة، تليها الصناعات الكيماوية والصناعات الورقية والصناعات المعدنية. والعديد من مصادر الطاقة مثل الفحم والنفط تستخدم في التصنيع. وعندما يتم استخدام المواد الخام في عملية التصنيع فإنه يطلق عليها المواد الأولية.

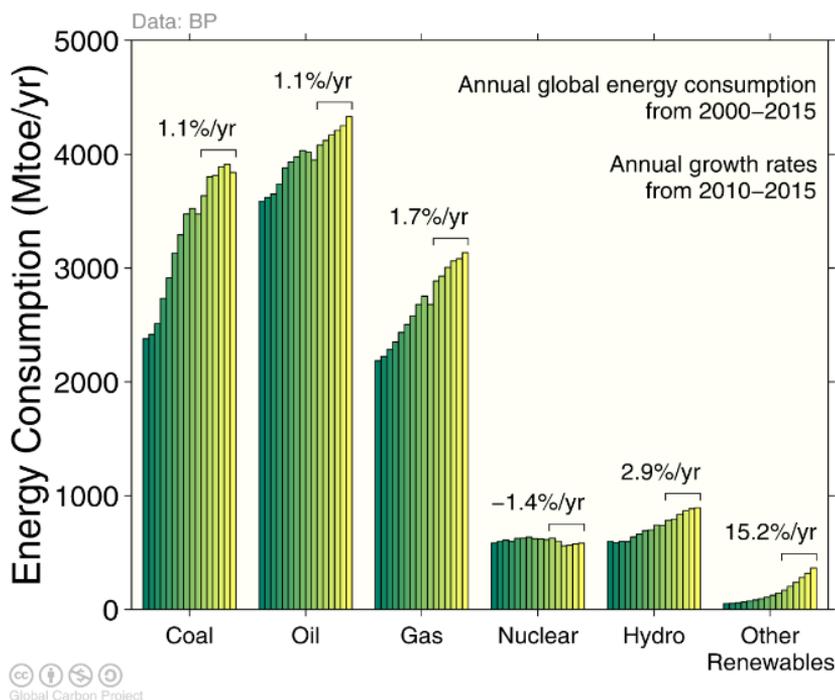
وتستخدم أنواع مختلفة من مصادر الطاقة (الوقود) في النقل والمواصلات مثل المنتجات النفطية وهي مشتقات النفط الخام والسوائل النفطية التي تنتج عند معالجة الغاز الطبيعي بما في ذلك البنزين ووقود الديزل ووقود الطائرات والبروبان. وكذلك يستخدم الوقود الحيوي الإيثانول والديزل الحيوي أو الغاز الطبيعي وأخيرا يستخدم في المواصلات ووقود الهيدروجين أو الكهرباء.

### ويمكن تقسيم مصادر الطاقة المستخدمة في النقل كالتالي:

- يستخدم الجازولين في السيارات والدراجات النارية والشاحنات الخفيفة والقوارب.
- كما يستخدم الجازولين في العديد من أنواع الطائرات.

- يستخدم وقود الديزل (الوقود التقطيري) أساسا في تشغيل الشاحنات والحافلات والقطارات وفي القوارب والسفن.
  - يستخدم الكيروسين في الطائرات النفاثة وبعض أنواع من المروحيات.
  - يستخدم زيت الوقود المترسب من عمليات التقطير في السفن.
  - الوقود الحيوي يضاف إلى الجازولين أو إلى وقود الديزل.
  - يستخدم الغاز الطبيعي كغاز مسال مضغوط. كما هو الحال في السيارات والحافلات والشاحنات ومعظم المركبات التي تستخدم الغاز الطبيعي هي في أساطيل الحكومة وسيارات الأجرة وسيارات النقل العام والسيارات الملاكي.
  - يستخدم البروبان (سائل الغاز الهيدروكربوني) في السيارات والحافلات والشاحنات.
  - تستخدم الكهرباء لتشغيل أنظمة النقل الجماعي العامة (مترو الأنفاق والقطارات الحديثة) وكذلك لتشغيل السيارات الكهربائية.
- وكمية الطاقة التي نستخدمها في منازلنا تعتمد أساسا على المناخ الذي نعيش فيه وكذلك الأجهزة المستهلكة للطاقة مثل التلفزيونات وأجهزة الكمبيوتر والثلاجات والميكروويف والغسالات ومصابيح الإضاءة وغيرها من الأجهزة الكهربائية المنزلية. بالإضافة إلى ذلك فإن السوق الإلكترونية المنزلية تتطور باستمرار. والأجهزة الإلكترونية القابلة لإعادة الشحن أصبحت أكثر فأكثر جزءا لا يتجزأ من أسلوب حياتنا العصرية. ونتيجة لهذه التغييرات فإن الأجهزة الكهربائية والإلكترونية تشكل ما يقرب من ثلث إجمالي الطاقة المستخدمة في المنازل. ويعتبر الغاز الطبيعي والكهرباء هما مصدري الطاقة الأكثر استهلاكاً في المنازل يليها الزيت الحراري والبروبان. ويستخدم الغاز الطبيعي والزيت الحراري أو زيت الوقود (المازوت) بشكل رئيسي في التسخين المنزلي أو الصناعي في بعض الدول. أو استخدام الفحم أو الأخشاب في بعض المناطق. ومن أكبر حصص الطاقة الكهربائية المستخدمة في المنازل هي للتدفئة أو التبريد والإضاءة وتشغيل جميع الأجهزة الكهربائية المنزلية.

وشكل (1-5) يوضح نمو الاستهلاك العالمي من المصادر المختلفة للطاقة بالسنة.



شكل (1-5): استهلاك العالم من مصادر الطاقة بالسنة من 2000 - 2015

## 1-6 كفاءة الطاقة

كفاءة الطاقة هي كمية الطاقة المستفاد منها التي يتم الحصول عليها من نظام ما. فالآلة ذات الكفاءة 100% من شأنها تحويل كل الطاقة التي يتم وضعها فيها إلى عمل أو طاقة مفيدة. ولكن لا توجد هذه الآلة عملياً. فكل تحويلات الطاقة إلى أشكال أخرى يتبعها دائماً تحول جزء من الطاقة إلى شكل غير مفيد أو بما يسمى الطاقة المفقودة أو المهدرة.

ولذلك فمعظم التحولات في الطاقة ليست كفوًا تمامًا. على سبيل المثال بالنظر إلى جسم الإنسان كنظام جيد أو آلة يتم تحويل الطاقة فيها. فالوقود المستخدم هو الطعام والذي يعطي للشخص الطاقة للتحرك، والتنفس، والتفكير. ومع ذلك، فإن جسم الإنسان ليس ذو كفاءة كبيرة في تحويل الغذاء إلى عمل مفيد. حيث أن كفاءة جسم الإنسان أقل من 5% وفي معظم الأحيان يتم تحويل ما تبقى من الطاقة إلى طاقة حرارية، والتي قد تكون مفيدة أحيانًا أو غير مفيدة في أحيان أخرى طبقًا لحالة الجسم.

### شروط الكفاءة في استخدام الطاقة والحفاظ على الطاقة لها معان مختلفة:

كفاءة الطاقة تستخدم التكنولوجيا التي تتطلب طاقة أقل لأداء نفس الوظيفة مثل استخدام المصابيح الإلكترونية الأعلى توفيرًا للطاقة لإنتاج نفس كمية الضوء بدلًا من مصابيح الفلورسنت أو مصابيح التنجستن المتوهجة.

الحفاظ على الطاقة هو أي سلوك ينتج عنه استخدام كميات أقل من الطاقة مثل إطفاء أنوار الغرف المضيئة عند مغادرتها أو إعادة تدوير علب الألومنيوم على حد سواء هي أحد سبل الحفاظ على الطاقة.

### 1-7 أهمية المصادر المتجددة للطاقة

ترجع أهمية استخدام المصادر المتجددة للطاقة (الشمس - الرياح - حركة المياه - المصادر الحيوية - الحرارة الأرضية الجوفية) بدلًا من المصادر غير المتجددة (الفحم - البترول - الغاز الطبيعي - السوائل الهيدروكربونية - الطاقة النووية) لثلاثة أسباب رئيسية:

1- الحفاظ على البيئة (الهواء - الماء - التربة) من التلوث وكذلك تقليل التغيرات المناخية الحادة والحد من زيادة درجة حرارة الأرض والاحتباس الحراري.

2- استخدام زيت البترول في الصناعات الكيميائية والحصول على المركبات الكيميائية والدوائية الهامة للبشرية بدلًا من حرقه لإنتاج الطاقة الكهربائية أو في

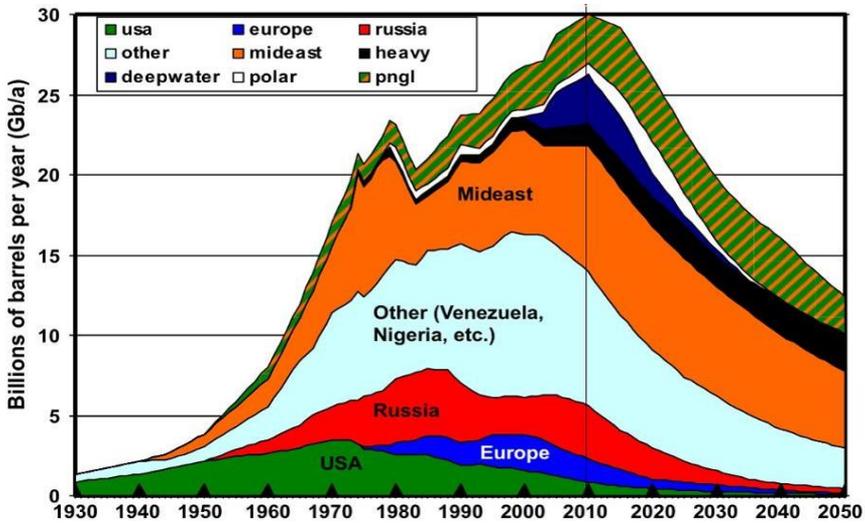
تشغيل وسائل النقل والمواصلات.

3- توقع نزوب مصادر الطاقة غير المتجددة في العقود القادمة نظرا لتسارع استهلاك هذه المصادر.

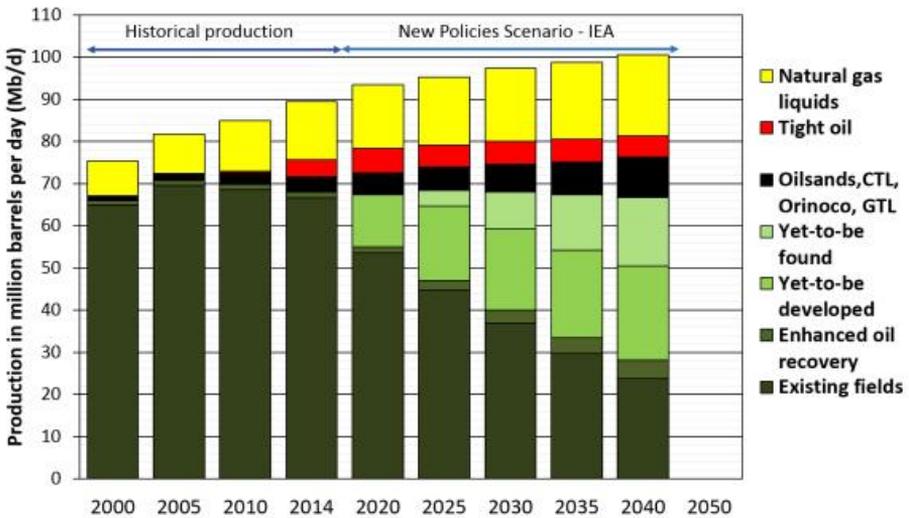
ويوضح شكل (1-6) توقع بداية نقص البترول ونضوبه خلال العقود القادمة وشكل (1-7) يوضح المتوقع من الإنتاج اليومي من النفط والغاز حتى 2050.

وعند حرق الوقود الأحفوري ( الفحم والبترول والغاز الطبيعي ) يؤدي ذلك إلى تلوث الهواء والتسبب في الاحتباس الحراري الناتج بدوره عن غازات تغطّف المجال الجوي وتمنع الانعكاس الحراري الصادر من الأرض من انتقاله إلى خارج الكوكب، مما يسبب ارتفاعا في درجات حرارة الأرض، ويزيد التصحر والجفاف أو زيادة الفيضانات والأعاصير في أماكن أخرى وحدة التغيرات المناخية التي لاحظناها في الآونة الأخيرة .

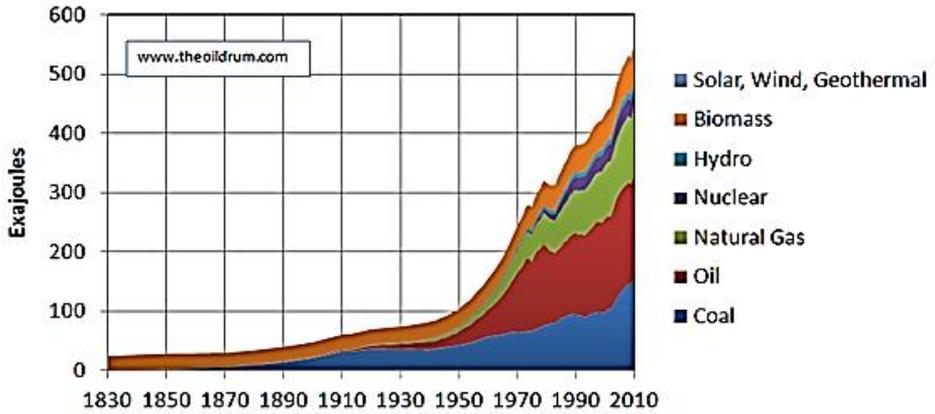
وشكل (1-8) يبين الاستهلاك العالمي للطاقة من المصادر المختلفة من 1830 حتى 2010 ويوضح شكل (1-9) تغير أسعار في الفترة من 1997 حتى 2014 . وحتى نحافظ على بيئة مناسبة لحياة الكائنات الحية والإنسان كما خلقها الله سبحانه وتعالى لابد أن يتجه العالم بأسره للتحويل من استخدام مصادر الطاقة الغير متجددة إلى استخدام المصادر المتجددة كالشمس أو طاقة المياه وكذلك استخدام وسائل المواصلات التي تعمل بالطاقة الكهربائية.



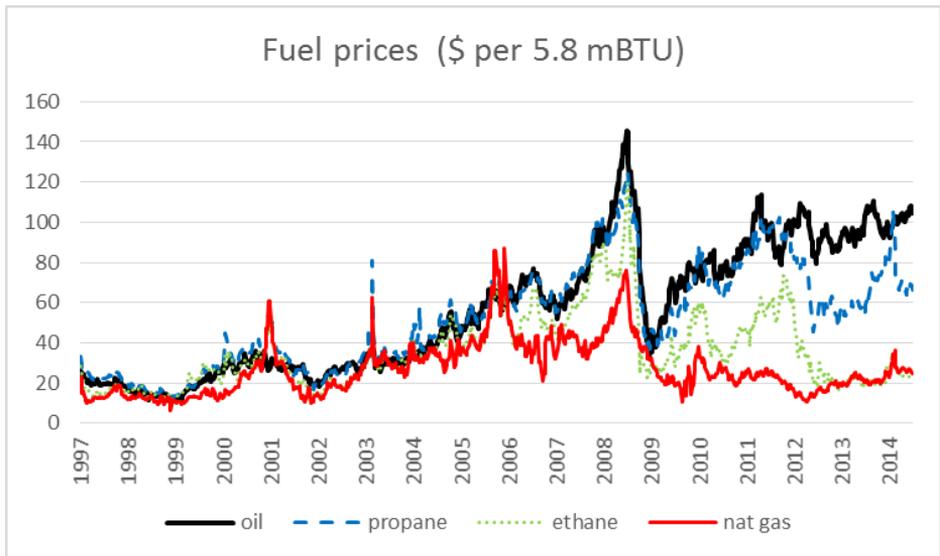
شكل (1-6): المنتج والمتوقع من انتاج النفط من 1950 – 2050



شكل (1-7): الإنتاج اليومي من النفط والغاز 2000 – 2050



شكل (1-8): استهلاك العالم من مصادر الطاقة من 1830-2010

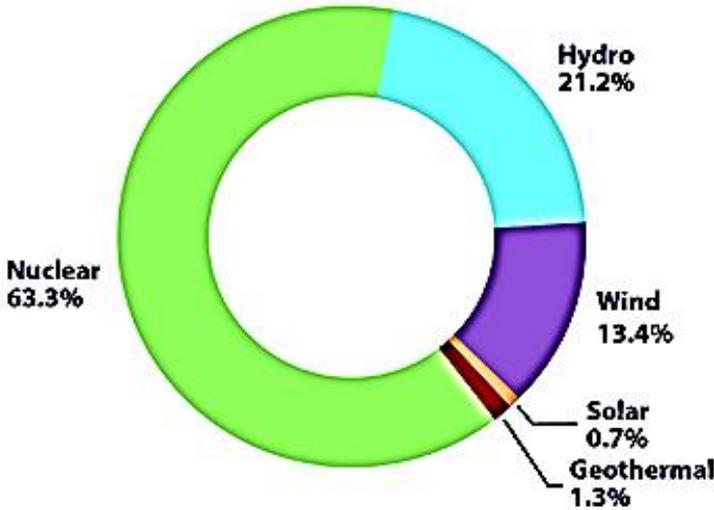


شكل (1-9): متوسط اسعار الوقود 1997 - 2014

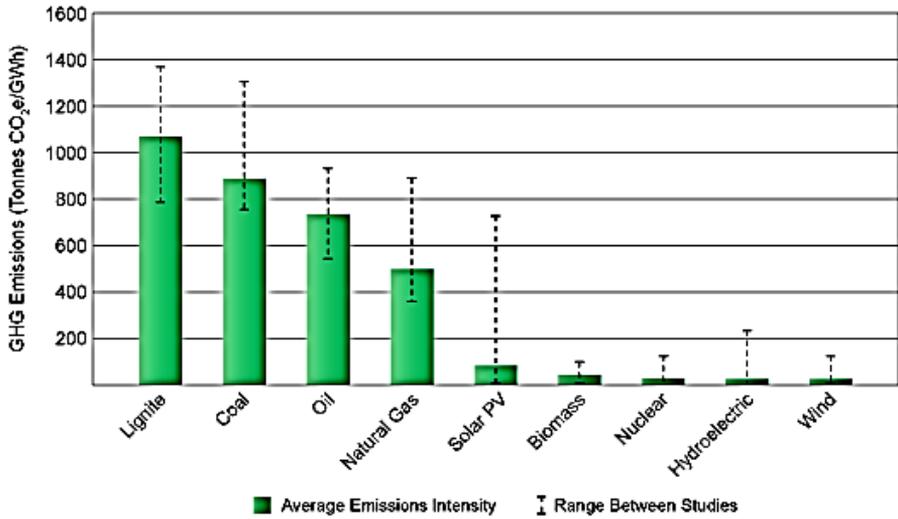
## 8-1 الطاقة والبيئة والمناخ

العديد من المركبات الكيميائية الناتجة عند حرق المصادر الأحفورية والمنطلقة إلى الغلاف الجوي للأرض تمثل الغازات المسببة للاحتباس الحراري. فعندما تضرب أشعة الشمس سطح الأرض، معظمها يرتد مرة أخرى إلى الغلاف الجوي في صورة أشعة تحت الحمراء (حرارة). وغازات الاحتباس الحراري تمتص هذه الأشعة تحت الحمراء وبالتالي تمنع الحرارة من الذهاب خارج الغلاف الجوي، فتكون ظاهرة الاحتباس الحراري التي تؤدي إلى زيادة درجة حرارة الأرض وظاهرة الاحترار العالمي وتغير المناخ.

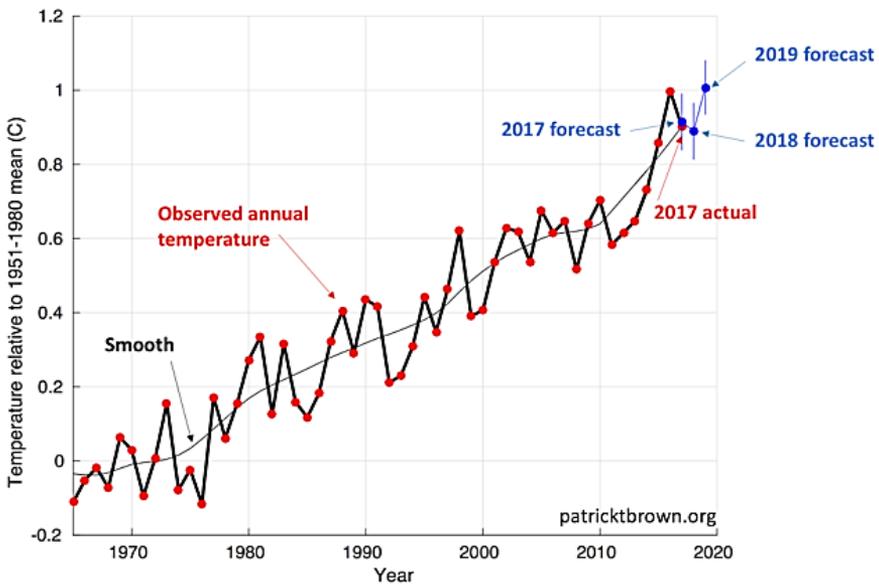
وشكل (10-1) يعرض نسب إنتاج الكهرباء من المصادر التي لا تعطي غاز ثاني أكسيد الكربون كذلك شكل (11-1) يوضح انبعاث الغازات الدفيئة من مصادر الطاقة أما شكل (12-1) يوضح ارتفاع متوسط درجة حرارة الأرض في السنوات الأخيرة.



شكل (10-1): نسب إنتاج الكهرباء من المصادر التي لا تعطي غاز CO<sub>2</sub>



شكل (1-12): انبعاث الغازات الدفينة من مصادر الطاقة



شكل (1-12): ارتفاع متوسط درجة حرارة الأرض في السنوات الأخيرة

وبخار الماء وهو من الغازات الدفيئة الأكثر وفرة ولكن يعتقد معظم العلماء أن بخار الماء الناتج مباشرة عن النشاط البشري يساهم في قليل جدا من نسبة بخار الماء في الغلاف الجوي. ولذلك، فإن هيئة إدارة معلومات الطاقة الأمريكية لا تعطيها أية تأثير. لكن أبحاث وكالة ناسا تشير إلى وجود تأثير طبيعي أقوى من الآثار البشرية غير المباشرة على تركيزات بخار الماء.

أما الأوزون هو أحد الغازات الدفيئة من الناحية الفنية لتأثيره على درجات الحرارة الكلية للأرض في طبقة مرتفعة في الغلاف الجوي وهي طبقة الستراتوسفير حيث يتكون الأوزون بشكل طبيعي. وكتل غاز الأوزون تمنع الأشعة فوق البنفسجية القادمة في ضوء الشمس من الوصول إلى سطح الأرض، والتي تضر الحياة النباتية والحيوانية. وقد وافقت اتفاقية باريس للمناخ في ديسمبر 2015 أنه من الضروري أن نمتنع أو نتحكم في إنتاج واستخدام العديد من الغازات الصناعية التي تدمر طبقة الأوزون في الغلاف الجوي وخلق ثقب في طبقة الأوزون في الارتفاعات المنخفضة من الغلاف الجوي وهي طبقة التروبوسفير، وغاز الأوزون في حد ذاته هو غاز ضار بصحة الإنسان إذا وجد بمناطق قريبة من سطح الأرض. وبعض البلدان كالولايات المتحدة لديها لوائح للحد من تكون غاز الأوزون بالقرب من مستوى سطح الأرض.

وطبقا لدراسات المناخ زادت انبعاثات غازات الاحتباس الحراري إلى حد كبير بعد بدء ثورة التصنيع على نطاق واسع في منتصف القرن السابع عشر. ففي خلال السنوات العشرين الماضية نحو ثلاثة أرباع الانبعاثات الناجمة كانت عن طريق الأنشطة البشرية من حرق الوقود الأحفوري. وتركيزات ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  في الغلاف الجوي التي تنتظم بشكل طبيعي من قبل العديد من العمليات الكيميائية التي هي جزء من دورة الكربون العالمية.

ويهيمن على تدفق أو حركة الكربون بين الغلاف الجوي وتربة الأرض والمحيطات العمليات الطبيعية مثل التمثيل الضوئي للنبات. وعلى الرغم من أن هذه العمليات الطبيعية يمكن امتصاص بعض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تنتج كل عام من النشاط البشري. لكن قد تجاوزت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الحد الأقصى لقدرة هذه العمليات على امتصاصها.

وقد أدى هذا الخلل بين انبعاثات الغازات الدفيئة وقدرة العمليات الطبيعية على امتصاص تلك الانبعاثات في زيادة مستمرة في تركيزات الغازات المسببة للاحتباس الحراري. وقد زاد تركيز CO<sub>2</sub> في الغلاف الجوي بنحو 40٪ منذ منتصف القرن السابع عشر.

والعلماء يعرفون على وجه اليقين أن زيادة تركيزات الغازات الدفيئة تميل إلى تسخين كوكب الأرض. وطبقا للنماذج القائمة على الكمبيوتر فإن زيادة تركيز الغازات المسببة للاحتباس الحراري تنتج زيادة في متوسط درجة حرارة سطح الأرض على مر الزمن. وارتفاع درجات الحرارة قد يؤدي إلى تغييرات في أنماط هطول الأمطار، وشدة العواصف، وحدوث الأعاصير، وارتفاع مستويات مياه البحار بشكل جماعي، ويشار إلى هذه التغييرات عادة باسم تغير المناخ. والتقييم من قبل الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC) تشير إلى أن مناخ الأرض قد زادت درجة حرارته بمقدار واحد درجة سليزيوس من 1880 إلى 2016. وأن النشاط البشري يعتبر عاملا هاما في ظهور هذه الظاهرة. ويشير تقرير التقييم الخامس لفريق IPCC أنه تم الكشف عن التأثير البشري في ارتفاع حرارة الغلاف الجوي والمحيطات، وتغيرات في دورة المياه العالمية، وانخفاضات في الثلج والجليد، وارتفاع مستوى سطح البحر، وتغيرات متطرفة في بعض الظواهر المناخية المؤثرة. ومن المحتمل جدا أن التأثير البشري يكون هو السبب الرئيسي لظاهرة الاحتباس الحراري الملاحظ منذ منتصف القرن العشرين. ويشير التقرير في وقت لاحق أنه من المرجح للغاية أن أكثر من نصف الزيادة الملحوظة في متوسط درجة الحرارة السطحية العالمية 1951-2010 كان سببها زيادة الغازات الدفيئة البشرية المنشأ. ويذكر التقرير أيضا أن تركيزات غاز ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكاسيد النيتروجين تتجاوز بكثير أعلى التركيزات المسجلة في العينات الجليدية خلال العصور الماضية.

وفي عام 2014 ظهر أن 42٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> ذات الصلة بالطاقة في الولايات المتحدة جاءت من استخدام الوقود النفطي، كما جاء 32٪ من الفحم، وحوالي 27٪ من الغاز الطبيعي. وعلى الرغم من أن القطاع الصناعي هو أكبر مستهلك للطاقة (بما في ذلك الاستخدام المباشر للوقود والكهرباء)، فقطاع النقل

تنبعث منه المزيد من CO<sub>2</sub> بسبب الاعتماد شبه الكامل على الوقود النفطي. أما القطاع السكني والقطاع التجاري لديهم مستويات انبعاث أقل من قطاع النقل والقطاع الصناعي. فمعظم انبعاثات CO<sub>2</sub> للقطاع السكني والقطاع التجاري هي من احتراق الوقود الأحفوري لإنتاج الكهرباء.

### 9-1 إعادة التدوير والطاقة

إعادة التدوير هي عملية جمع وتجهيز المواد التي من القمامة وتحويلها إلى منتجات جديدة. وفي كثير من الأحيان يكون في إعادة التدوير توفيراً للطاقة والموارد الطبيعية البرية والنباتات والمعادن والماء، وعندما نستخدم المواد أكثر من مرة فنحن نحافظ على الموارد الطبيعية. ومن المعروف أن صنع منتج من مواد معاد تدويرها يتطلب طاقة أقل في المنتج من المواد الجديدة. وعلى سبيل المثال فإن استخدام علب الألمنيوم المعاد تدويرها يستخدم 95% أقل من الطاقة من استخدام خام البوكسيت. كما أن إعادة تدوير الورق يوفر الأشجار والمياه. فلكل طن واحد من الورق المصنوع المعاد تدويره، يوفر ما يصل إلى 17 شجرة ويستخدم 50% أقل من المياه.

### 10-1 تخزين الطاقة

توجد مواد لتخزين نوع معين من الطاقة بحيث يمكن استغلال الطاقة المخزونة في وقت لاحق عند الاحتياج لها لأداء شغل. من أمثلة تخزين الطاقة كما في الساعة ذات الزنبرك التي تخزن طاقة عملها في الزنبرك الذي يُشد ويعمل آلياً، وتخزن البطارية الطاقة في صورة طاقة كيميائية وتتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية تشغل الحاسوب وتشغل ساعة الحاسوب حتي في وقت عدم تشغيل الحاسوب. وتخزن المحطات الكهرومائية الماء في الخزانات في صورة طاقة وضع ناجمة عن الجاذبية الأرضية. ويعتبر الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط مخزناً للطاقة الشمسية، وحتى المأكولات التي نتناولها وما تحويه من كربوهيدرات وسكر وبروتين ودهنيات هي مخزونات طاقة في صورة كيميائية اختزنت من أصل تكوينها وهي أشعة الشمس أي الطاقة الشمسية.

ويعتبر تخزين الطاقة عملية طبيعية وقديمة منذ أن خلق الله سبحانه وتعالى الكون. وقد اختزنت الطاقة في النجوم حيث أن الشمس هي إحدى هذه النجوم. وتستخدم تلك الطاقة مباشرة في التسخين بأشعة الشمس أو بطريقة غير مباشرة عن طريق زرع الأشجار والمحاصيل في الصوب الشمسية أو تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية. ويسمح تخزين الطاقة باستغلالها وقت الحاجة إليها.

وفي العصور الوسطى استغلت الطاقة المخزونة في المياه في تشغيل السواقي المائية لتحريك طواحين الغلال أو لتدوير آلات بسيطة أخرى. وأنشأت أنظمة من مخازن المياه والسدود لتخزين الماء والاستفادة من طاقة الوضع المخزونة فيها بتسريبها من مكان عال عند الاحتياج إليها. ونجد أنه لا يمكن تخزين الطاقة الكهربائية مباشرة حيث أن التيار الكهربائي عبارة عن حركة الإلكترونات. ولذلك فلا بد دائما من تحويل الطاقة الكهربائية إلى نوع آخر من الطاقة ثم استعادتها في صورة طاقة كهربائية عند الحاجة إليها. وتتم أي عملية لتحويل الطاقة من صورة لأخرى دائما بحدوث فقد جزء منها قد يكون فقدا كبيرا أو صغيرا.

### 1-11 المصادر البديلة للطاقة

المصدر البديل للطاقة هو أي مصدر للطاقة بديل للوقود الأحفوري سواء كانت مصادر متجددة أو غير متجددة. وهذه البدائل تهدف لمعالجة المشاكل المتعلقة بالوقود الأحفوري. بمرور الوقت تغيرت طبيعة مصادر الطاقة البديلة وأثارت الجدل حول استخدام الطاقة. واليوم بسبب تنوع اختيارات الطاقة والأهداف المختلفة للمدافعين عنها فإن تعريف بعض أنواع الطاقة بالبديلة يثير الكثير من الجدل. بالمعنى العام الطاقة البديلة كما هي متصورة حاليا هي تلك التي تنتج أو تستعاد دون عواقب غير مرغوب فيها والملازمة لاستخدام الوقود الأحفوري خاصة الانبعاثات المرتفعة لثاني أكسيد الكربون الذي هو عامل هام في ظاهرة الاحترار العالمي.

### والأنواع الشائعة للمصادر البديلة للطاقة هي:

- الطاقة الشمسية وهي التي تستخدم ضوء الشمس ويمكن أن يتحول الضوء

إلى طاقة حرارية وطاقة كهربائية.

- طاقة الرياح هي توليد الكهرباء من الرياح.
- الطاقة الحرارية الأرضية تستخدم الطاقة الجوفية للأرض لتسخين المياه لتدفئة المباني أو توليد الكهرباء.
- الوقود الحيوي أو الإيثانول هو جازولين مشتق من النباتات يستخدم في تشغيل المركبات.
- الطاقة النووية تستخدم التفاعلات النووية لإطلاق الطاقة.
- الهيدروجين يحرق ويستخدم كوقود نظيف لسفن الفضاء وبعض السيارات.

## 12-1 الكهرباء

الكهرباء مصطلح عام يشمل مجموعة متنوعة من الظواهر الناتجة عن وجود شحنة كهربية وتدفقها. وتضم هذه الظواهر البرق والكهرباء الساكنة. ولكنها تحتوي على مفاهيم أقل شيوعاً مثل المجال الكهرومغناطيسي والحث الكهرومغناطيسي ويعود أصل المرادف الأجنبي لكلمة كهرباء إلى الكلمة اللاتينية الجديدة التي تعني شبيه الكهرمان وهذه بدورها مأخوذة من الكلمة اليونانية إلكترون وتعني الكهرمان.

أما في الاستخدام العام، فمن المناسب استخدام كلمة «كهرباء» للإشارة إلى عدد من التأثيرات الفيزيائية. ولكن في الاستخدام العلمي، يعد المصطلح غامضاً. كما أن هذه المفاهيم المتعلقة به من المفضل أن يتم تعريفها وفقاً لمصطلحات أكثر دقة كما في تعريف الشحنة الكهربائية أنها عبارة عن خاصية لبعض الجسيمات دون الذرية تحدد التفاعلات الكهرومغناطيسية الخاصة بها. فالمادة المشحونة كهربياً تتأثر بالمجالات الكهرومغناطيسية وتنتجها. والتيار الكهربى عبارة عن تحرك أو تدفق الجسيمات المشحونة كهربياً، ويُقاس عادةً بالأمبير. والمجال الكهربى عبارة عن تأثير تنتجه شحنة كهربية في غيرها من الشحنات الموجودة بالقرب منها. والجهد

الكهربي هو قدرة المجال الكهربي على الشغل، ويُقاس عادةً بوحدة الفولت. والكهرومغناطيسية عبارة عن التفاعل الأساسي الذي يحدث بين المجال المغناطيسي ووجود الشحنة الكهربية وحركتها.

ولقد خضعت الظواهر الكهربية للدراسة منذ القدم، إلا أن علم الكهرباء لم يشهد أي تقدم حتى القرنين السابع عشر والثامن عشر. وعلى الرغم من ذلك، فقد ظلت التطبيقات العملية المتعلقة بالكهرباء قليلة العدد، ولم يتمكن المهندسون من تطبيق علم الكهرباء في الحقل الصناعي والاستخدامات السكنية إلا في أواخر القرن التاسع عشر. وقد أدى التقدم السريع في تكنولوجيا الكهرباء في ذلك الوقت إلى إحداث تغييرات في المجال الصناعي وفي المجتمع أيضاً. كما أن الاستعمالات المتعددة والمذهلة للكهرباء كمصدر من مصادر الطاقة أظهر إمكانية استخدامها في عدد لا نهائي من التطبيقات مثل المواصلات والتدفئة والإضاءة والاتصالات وتشغيل الأجهزة الكهربية والإلكترونية كأساس المجتمع الصناعي الحديث يعتمد على استخدام الطاقة الكهربية، ويمكننا التكهّن بأن الاعتماد على الطاقة سيستمر في المستقبل.

### 1-12-1 تاريخ الكهرباء

قبل معرفة الكهرباء بفترة طويلة، كان الناس على دراية بالصددمات التي يحدثها سمك الرعاش، وقد أشارت النصوص التي تركها قدماء المصريين والتي يرجع تاريخها إلى 2750 قبل الميلاد إلى هذه الأسماك باسم «صاعقة النيل»، كما وصفوها بأنها حامية جميع الأسماك الأخرى. وبعد حوالي ألف عام، أشار إليها أيضاً الإغريق والرومان و علماء الطبيعة والأطباء المسلمون . ولقد أكد الكتاب القدامى، مثل بليني الأكبر وسكريونيس لارجوس على الإحساس بالتنميل الناتج عن الصدمات الكهربية التي يحدثها سمك السلور وسمك الرعاد الكهربي. كما اكتشف هؤلاء الكتاب أن هذه الصدمات يمكن أن تنتقل عبر الأجسام الموصلة. وعلى أي حال، ينسب أقدم وأقرب أسلوب لاكتشاف ماهية البرق والكهرباء الصادرة عن أي مصدر آخر إلى العرب المسلمين الذين أطلقوا الكلمة العربية رعد

على الشعاع الكهربائي قبل القرن الخامس عشر. وقد كان معروفاً في الثقافات القديمة للدول المطلة على البحر الأبيض المتوسط أن هناك أجساماً معينة مثل قضبان الكهرمان، يمكن حَكِّها بفرو من الصوف فتجذب الأجسام الخفيفة مثل الريش. ولقد قام طاليس حوالي عام 600 قبل الميلاد بتسجيل مجموعة من الملاحظات تتعلق بالكهرباء الساكنة.

وبعد هذه الملاحظات، توصل طاليس إلى أن الاحتكاك يحول الكهرمان إلى مادة مغناطيسية. وعلى عكس ذلك، لا تحتاج المعادن، مثل الماغنيتيت المعروف باسم أكسيد الحديد الأسود، إلى عملية الاحتكاك حتى تكتسب صفة المغناطيسية. إلا أن طاليس كان مخطئاً في الاعتقاد بأن سبب الانجذاب هو التأثير المغناطيسي، فقد أثبتت الأبحاث العلمية فيما بعد وجود علاقة بين المغناطيسية والكهرباء. ووفقاً لإحدى النظريات المثيرة للجدل، فقد استخدم البارثيون الطلاء الكهربائي والذي تم معرفته عند اكتشاف بطارية بغداد عام 1936 وعلى الرغم من أن هذه البطارية تشبه الخلية الجلفانية، فإنه من غير المؤكد ما إذا كانت ذات طبيعة كهربية أم لا.

ولقد قدم اوتوفون جيريك وروبرت بويل وستيفن جراي وسي إف ديو فاي المزيد من الأعمال. وأجرى بنجامين فرانكلين في القرن الثامن عشر أبحاثاً شاملة بشأن الكهرباء، حتى أنه اضطر إلى بيع ممتلكاته لتمويل أبحاثه. وقيل إنه في يونيو 1752، قام بربط مفتاح معدني أسفل خيط طائرة ورقية رطب وأطلق الطائرة في سماء تنذر بهبوب عاصفة. ثم لاحظ مجموعة متلاحقة من الشرر تخرج من المفتاح إلى ظهر يده، الأمر الذي برهن على أن البرق ذو طبيعة كهربية بالفعل. ونشر لويجي جلثاني عام 1791 اكتشافه الخاص بالكهرباء الحيوية الذي أظهر أن الكهرباء هي الوسيط الذي تقوم من خلاله الخلايا العصبية بنقل الإشارات إلى العضلات. ولقد اخترع ألكساندرو فولتا أول بطارية كهربية وأطلق عليها اسم «البطارية الفولتية» عام 1800 وكانت مصنوعة من طبقات متوالية من الزنك والنحاس. ولقد مدّت هذه البطارية العلماء بمصدر للطاقة الكهربية يمكن الاعتماد عليه أكثر من الماكينات الإلكترونية التي كانت تُستخدم من قبل. وترجع معرفة الكهرومغناطيسية، أي

وحدة الظواهر الكهربائية والمغناطيسية، إلى هانز كريستيان أورستد وأندريه ماري أمبير عامي 1819 و 1820 ، ثم اخترع مايكل فاراداي المحرك الكهربائي عام 1821 . كما قام جورج أوم بتحليل الدائرة الكهربائية حسابياً عام 1827 .

وعلى الرغم من أن أوائل القرن التاسع عشر شهدت تقدماً سريعاً في علم الكهرباء، فإن أواخر القرن نفسه شهدت أعظم تقدم في مجال الهندسة الكهربائية. وتحولت الكهرباء من مجرد فضول علمي مُحير إلى أداة رئيسية لا غنى عنها في الحياة العصرية وأصبحت القوة الدافعة للثورة الصناعية الثانية. وكل ذلك تحقق بفضل بعض الأشخاص مثل نيكولا تيسلا وتوماس إديسون واوتوبلاشي وجورج ويستنجهوس وإرنست ثرنر فون سيمنز وألكسندر جراهام بل ولورد كلفن .

### 1-12-2 توليد الكهرباء

التجارب التي أجراها طاليس باستخدام قضبان الكهرمان كانت أولى الدراسات التي أجريت على عملية إنتاج الطاقة الكهربائية. وعلى الرغم من أن هذه الطريقة، المعروفة الآن باسم تأثير كهرباء الاحتكاك، قادرة على رفع الأجسام الخفيفة وكذلك توليد الشرارات، فإنها غير فعالة على الإطلاق لإعطاء تيار كهربائي. ولم يتم التوصل لمصدر كهربائي فعال إلا بعد اختراع البطارية الفولتية في القرن الثامن عشر. وهذه البطارية وكذلك الطراز الأحدث منها ألا وهو البطارية الكهربائية، تخزن الطاقة بشكل كيميائي وتجعلها متاحة للاستخدام في شكل طاقة كهربائية. وتتميز البطارية بتعدد استخداماتها وتعد مصدراً شائعاً وقوياً للطاقة ويصلح استخدامها في العديد من التطبيقات. إلا أن قدرتها على تخزين الطاقة محدودة، وبمجرد تفريغ الطاقة المخزنة، يجب التخلص من البطارية أو إعادة شحنها. وبالنسبة للاحتياجات الضخمة من الطاقة الكهربائية، فينبغي توليدها وتحويلها بكميات كبيرة.

وعادةً ما تولد الطاقة الكهربائية عن طريق المولدات الميكانيكية الكهربائية التي يديرها البخار المنتج من احتراق الوقود أو الحرارة الناتجة عن التفاعلات النووية أو الطاقة الشمسية. كما تولد الطاقة من مصادر أخرى مثل الطاقة الحركية المستخلصة من الرياح أو الماء المتدفق. ولا تتشابه هذه المولدات مع المولد الذي

اخترعه فاراداي عام 1831 وهو عبارة عن مولد أحادي القطب. ولكن لا يزال الاعتماد قائماً على مبدئه الكهر ومغناطيسي القائل إن الموصل الذي يتصل بمجال مغناطيسي متغير يحث فرق جهد عبر طرفيه. واخترع المحول في أواخر القرن التاسع عشر يعني إمكانية توليد الكهرباء من محطات توليد كهرباء مركزية ونقل هذه الكهرباء عبر الدول بكفاءة متزايدة .

وبما أنه من الصعب تخزين الطاقة الكهربائية بكميات كبيرة تكفي لتلبية الاحتياجات على المستوى القومي، يجب أن يكون الإنتاج بقدر الاحتياج في جميع الأوقات. وهذا الأمر يتطلب أن تتحرى المرافق الكهربائية الدقة في توقعاتها بشأن احتياجاتها الكهربائية وتحافظ على التنسيق المستمر مع محطات توليد الكهرباء. وهناك مقدار معين من عملية التوليد يجب أن يكون احتياطياً حتى يقلل صدمات الشبكة الكهربائية التي تحدث بسبب الاضطرابات والفواقد التي يتعذر اجتنابها. وفي الحقيقة، تزايد الطلبات على الطاقة الكهربائية بسرعة كبيرة كلما زاد تقدم الدولة ونما اقتصادها. وقد كشفت الولايات المتحدة عن تزايد الطلب على الكهرباء بنسبة 12٪ كل عام. ومن الناحية التاريخية، زاد معدل نمو الطلب على الطاقة الكهربائية عن صور الطاقة الأخرى. ولقد أدت بعض المخاوف البيئية المتعلقة بتوليد الكهرباء إلى التركيز بشكل متزايد على التوليد من مصادر متجددة، وخاصةً الطاقة الشمسية و الطاقة المائية و طاقة الرياح .

### 1-12-3 استخدامات الكهرباء

الكهرباء صورة مرنة جداً من صور الطاقة فهي تلائم عدداً كبيراً ومتزايداً من الاستخدامات. وقد كان لاخترع مصباح الإضاءة المتوهج لمخترعه توماس اديسون في السبعينات من القرن التاسع عشر الفضل في أن تصبح الإضاءة واحدة من أولى التطبيقات المعتمدة على الطاقة الكهربائية. وعلى الرغم من مخاطر الكهرباء، فإن الاستعاضة به عن اللهب المكشوف للإضاءة المعتمدة على الغاز قللت بشدة من مخاطر الحريق داخل البيوت والمصانع.

وقد تم إنشاء مرافق عامة في العديد من المدن لتستهدف سوق الإضاءة الكهربائية

الآخذ في الازدهار. علاوةً على ذلك، كان لتأثير التسخين بحرارة جول المستخدم في مصباح الإضاءة أثرًا مباشرًا في مجال التدفئة الكهربائية. ومع أن هذا التأثير متعدد الاستعمالات ويمكن التحكم فيه، يرى البعض أنه مضيعة للوقت حيث إن معظم عمليات التوليد الكهربائي يلزمها بالفعل إنتاج الحرارة في إحدى محطات توليد الكهرباء. ولقد سنت بعض الدول، مثل الدنمارك، قانونًا يحد أو يمنع من استخدام التدفئة الكهربائية في المباني الجديدة. ومع ذلك، تعد الكهرباء، إلى حد كبير، مصدرًا عمليًا للطاقة يمكن استخدامه في عمليات التبريد، حيث إن تكييف الهواء يمثل أحد القطاعات التي تزيد احتياجاتها للطاقة وهي متطلبات تضطر دائمًا مرافق الكهرباء إلى تلبيتها.

وتستخدم الكهرباء في الاتصال عن بُعد. وفي الواقع، كان التلغراف الكهربائي، الذي ابتكره كوك وويتستون عام 1837، من أوائل تطبيقات الكهرباء في هذا المجال. ومع وضع أول نظام تلغراف عبر القارات، ثم عبر المحيط الأطلسي، في الستينات من القرن التاسع عشر، سهلت الكهرباء وسائل الاتصال. وعلى الرغم من أن تكنولوجيا الألياف البصرية والاتصال عبر الأقمار الصناعية قد شغلت حصة في سوق نظم الاتصالات ولكن مازالت الكهرباء جزءًا أساسيًا من هذه العملية. فضلًا عن ذلك، تظهر تأثيرات الكهرومغناطيسية بوضوح في المحرك الكهربائي الذي يعد وسيلة نظيفة وفعالة للقدرة المحركة. ويسهل تزويد المحرك الثابت، مثل الرافعة، بمصدر للإمداد بالقدرة. أما المحرك الذي يتحرك مع تطبيقه، مثل السيارة الكهربائية، فيجب أن يحمل معه مصدرًا للقدرة كالبطارية، أو يجمع شحنة كهربائية مستمدة من تماس انزلاقي مثل البانتوجراف، مما يضع قيودًا على مداه أو أدائه. هذا وتستخدم الأجهزة الإلكترونية تستخدم الترانزستور، الذي يعد من أهم الاختراعات في القرن العشرين. كما أنه وحدة بناء أساسية تدخل في تكوين جميع الدوائر الكهربائية الحديثة. وقد تحتوي الدائرة المتكاملة الحديثة على آلاف من أجهزة الترانزستور صغيرة الحجم في محيط لا يتجاوز بعض السنتيمترات المربعة.

وحاليا تحوي المصانع الكثير من الآلات التي تسير عمليات الصناعة المختلفة

كصناعة السيارات، والصناعات الغذائية، وصناعة المنسوجات، فجميعها بحاجة إلى كهرباء لتشغيل الآلات الخاصة لإنتاج كل منتج، وكمثال فإذا أمعنا النظر في عملية صناعة الألبان، ماذا سيحدث عند انقطاع الكهرباء عن ثلاجات الحليب وعن الآلات الخاصة بعمليات صناعة الألبان، وكم الكميات التي سيتم إتلافها من هذه الألبان، ولا يقتصر على الألبان، فكلّ المصانع لا تعمل إلا بوجود الكهرباء وبالعكس فهناك الكثير من المصانع قد استغنت عن وجود الأيدي العاملة، وتمّ إبدالها بآلات للقيام بالمهام الموكلة إليها والتي تعدّ الكهرباء الشريان الرئيسي لتشغيلها.

والكهرباء إحدى مقومات المجال الصحي في جميع أنحاء العالم، فهي ضرورية من أجل إنارة المستشفيات وتشغيل الأجهزة الطبيّة، فمعظم هذه الأجهزة تعمل على الكهرباء أو كلّها، فمنها جهاز التصوير الطبقي المحوري، وجهاز التصوير بأشعة اكس، وجهاز التصوير بالأموح فوق الصوتية، وغيرها الكثير من الأجهزة الطبية التي تستعمل في المستشفيات من أجل الحفاظ على سلامة المرضى، فهناك مرضى غسيل الكلى منهم من يغسل يومياً ومنهم من يغسل كلّ يومين. وكذلك أجهزة التنفس في الحضانات وأجهزة التنفس في جميع الأقسام المختلفة والتي تعتبر ضرورية من أجل حياة المرضى والتي تعتبر الكهرباء الشريان الرئيسي لتشغيلها، حيث يوجد لكل مستشفى محولات ومولدات احتياطية لتستطيع تشغيل الاجهزة في حالات انقطاع التيار الكهربائي.

ويحتوي المنزل على الكثير من الأجهزة التي لا تعمل إلا بالكهرباء كالمصاييح الكهربائية للإنارة والأفران والغسالات والثلاجات في المنازل، وأجهزة التلفزيون والكمبيوتر حتى شواحن الهواتف المحمولة والتي لا يكاد أي منزل يستطيع الاستغناء عنها.

## 12-4-1 السيارات الكهربائية

السيارة الكهربائية هي السيارة التي تعمل باستخدام الطاقة الكهربائية، وهناك العديد من التطبيقات لتصميمها وأحد هذه التطبيقات يتم باستبدال المحرك الاصلي للسيارة، ووضع محرك كهربائي مكانه وهي أسهل الطرق للتحويل من البنترول للكهرباء مع المحافظة علي المكونات الأخرى للسيارة ويتم تزويد المحرك بالطاقة اللازمة عن طريق بطاريات تخزين الكهرباء.

## الطاقة وتغير المناخ...

وتعتمد تصميمات السيارة الكهربائية على محرك يعمل بالكهرباء، ونظام تحكم كهربائي، وبطارية قوية يمكن إعادة شحنها مع المحافظة على خفض وزنها وجعل سعرها في متناول المشتري. وتعتبر السيارة الكهربائية أنسب من سيارات محرك الاحتراق الداخلي من ناحية المحافظة على البيئة حيث لا ينتج عنها مخلفات ضارة وهي أحد أهم الحلول للتقليل من ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ.

والسيارة العادية تحتاج لكمية 30 كيلوجرام من الوقود لقطع مسافة 400 كيلومتر، ويمكن استبدال هذا الوقود ببطارية وزنها 450 كيلوجرام لقطع نفس المسافة. هذا المثال يفسر لماذا يزيد ثمن السيارة الكهربائية عن ثمن مثلتها التي تعمل بالجازولين أو الديزل، لأن مواد صناعة البطارية مرتفعة الثمن وتحاول مراكز البحث العلمي والجامعات على استخدام موادا بديلة أقل وزنا وأقل ثمنا وأكثر كفاءة. وستبين السنوات القليلة القادمة مدى النجاح في هذا السبيل، ومن يصل إلى حل سليم سوف يحتكر حقوق الاختراع ويكسب كثيرا من مصنعي السيارات على مستوى العالم. وشكل (1-13) يعرض نموذج لسيارة كهربائية.



شكل (1-13): سيارة كهربائية



## الفصل الثاني

# المصادر غير المتجددة للطاقة





## 2-1 مقدمة

المصادر غير متجددة للطاقة التي لا تتشكل أو تعاد مرة أخرى في فترة قصيرة من الزمن. والأنواع الأربعة الكبرى من مصادر الطاقة غير المتجددة يمكن تقسيمها كالتالي:

### النفط الخام - الغاز الطبيعي - الفحم - اليورانيوم (الطاقة النووية)

ويتم استخراج مصادر الطاقة غير المتجددة من الأرض كسوائل أو غازات أو مواد صلبة. والنفط الخام يتم تكريره لإنتاج المنتجات البترولية السائلة مثل البنزين (الجازولين) ووقود الديزل ووقود التدفئة وغاز البروبان وغيرها من السوائل الهيدروكربونية مثل البيوتان والإيثان التي توجد في الغاز الطبيعي والنفط الخام.

وجميع أنواع الوقود الأحفوري هي مصادر غير متجددة ولكن ليس كل مصادر الطاقة غير المتجددة هي وقود أحفوري. فالفحم والنفط الخام والغاز الطبيعي جميعها يعتبر من الوقود الأحفوري لأنها تشكلت من بقايا النباتات والحيوانات التي عاشت منذ ملايين السنين ثم اندثرت ودفنت في الأرض. والنفط الخام هو خليط من الهيدروكربونات ويوجد في شكل سائل في برك تحت الأرض أو خزانات في مساحات صغيرة داخل الصخور الرسوبية وبالتقرب من السطح في رمال القطران. والمنتجات البترولية هي أنواع الوقود المنتج من النفط الخام أو من المواد الهيدروكربونية الأخرى الواردة في الغاز الطبيعي. ويمكن أيضا أن تصنع المنتجات البترولية من الفحم أو الغاز الطبيعي أو مصادر الكتلة الحيوية. واليورانيوم هو أحد مصادر الطاقة غير المتجددة ويتم استخراجه كمادة صلبة من المناجم وتحولها إلى وقود يستخدم في محطات الطاقة النووية. واليورانيوم لا يعتبر كوقود أحفوري ولكنه يصنف على أنه وقود غير متجدد.

### 2-2 النفط الخام (البتروول)

النفط أو البترول كلمة مشتقة من الأصل اللاتيني «بترا» والذي يعني صخر، وكلمة «أوليوم» والتي تعني زيت، ويطلق عليه أيضا الزيت الخام، كما أن له اسم

دارج وهو الذهب الأسود. والبتروول عبارة عن سائل كثيف، قابل للاشتعال، بني غامق أو بني مخضر، يوجد في الطبقة العليا من القشرة الأرضية. وأحيانا يسمى نافتا، من اللغة الفارسية «نافت» أو «نافاتا» والتي تعني قابليته للسريان. ويتكون النفط من خليط معقد من الهيدروكربونات، وخاصة من سلسلة الألكانات الثمينة كيميائيا، ولكنه يختلف في مظهره وتركيبه ونقاوته بشدة بحسب مكان استخراجِه. وهو مصدر من مصادر الطاقة الأولية الهامة طبقا لإحصائيات الطاقة في العالم. ولكن العالم يحرقه في وسائل النقل وتشغيل المحركات ومولدات الطاقة الكهربائية التي يمكن أن تولد بطرق أخرى توفر على البشرية حرق هذه المادة القيمة كيميائيا. النفط هو المادة الخام للعديد من المنتجات الكيميائية، بما فيها الأسمدة، مبيدات الحشرات، اللدائن وكثير من الأدوات البلاستيك والرقائق والأنابيب والأقمشة والنايلون والحريير الصناعي والجلود الصناعية والأدوية.

ويعتقد أن البتروول له منشأ حيوي من بقايا الكائنات الحية كالنباتات والحيوانات التي عاشت منذ ملايين السنين ثم دفنت وتحللت وتحت ظروف ضغط ودرجة حرارة خاصة. لكن توماس جولد كان أكثر العلماء الغربيين تأييدا للنظرية الروسية - الأوكرانية للمنشأ الغير حيوي للبتروول ، وهذه النظرية تفترض أن كميات ضخمة من الكربون الموجود طبيعيا على الأرض يوجد بعضه في شكل هيدروكربونات هي أساس منشأ البتروول. ونظرا لأن الهيدروكربونات أقل كثافة من الموائع المسامية، فإنه يتجه للأعلى. وعلى هذا فإن نظرية المنشأ الغير حيوي للبتروول تفترض أن البتروول يتكون عند أعماق كبيرة في باطن الأرض ثم يرتفع لأعلى لأن كثافته قليلة نسبيا .

## 2-2-1 استخلاص النفط الخام

بصفة عامة فإن المرحلة الأولى في استخلاص زيت البتروول الخام هي حفر بئر ليصل لمستودعات البتروول تحت الأرض. وتاريخيا، يوجد بعض آبار البتروول في العالم وصل البتروول فيها للسطح بطريقة طبيعية. وغالبا ما يتم حفر عديد من الآبار لنفس المستودع للحصول على معدل استخراج اقتصادي. وفي بعض الآبار يتم ضخ

الماء والبخار ومخلوط الغازات المختلفة للمستودع لإبقاء معدلات الاستخراج الاقتصادية مستمرة.

وفي حالة أن الضغط تحت الأرض في مستودع الغاز كافٍ عندها سيَجبر الزيت على الخروج للسطح تحت تأثير هذا الضغط. والوقود الغازي أو الغاز الطبيعي غالباً ما يكون متواجداً، مما يزيد من الضغط الموجود تحت الأرض. وفي هذه الحالة فإن هذا الضغط الكبير يتطلب وضع عدد كافٍ من الصمامات على رأس البئر لتوصيله بشبكة أنابيب للتخزين وعمليات التشغيل. وتسمى هذه العملية بعملية استخلاص الزيت المبدئي. وتقريباً 20٪ فقط من الزيت في المستودع يمكن استخراجه بهذه الطريقة.

وخلال فترة حياة البئر يقل الضغط وعند حدود معينة لا يكون كافياً لدفع الزيت للسطح. وعندها لو أن المتبقي في البئر كافٍ اقتصادياً، وغالباً ما يكون كذلك، يتم استخراج الزيت المتبقي في البئر بطريقة استخراج الزيت الإضافية. ويتم استخدام تقنيات مختلفة في طريقة استخراج الزيت الإضافية مثل المستودعات التي نفذ ضغطها أو قل يستخدم الضخ بالظلمبات كالظلمبات المستمرة وظلمبة الأعماق الكهربائية لرفع الزيت إلى السطح. وتستخدم تقنية مساعدة لزيادة ضغط المستودع عن طريق حقن الماء وإعادة حقن الغاز الطبيعي لرفع الغاز ويمكن القيام بحقن الهواء أو ثاني أكسيد الكربون أو غازات أخرى للمستودع. وتعمل الطريقتان معاً المبدئية والإضافية على استخراج ما يقرب من 25 إلى 35٪ من محتوى البترول.

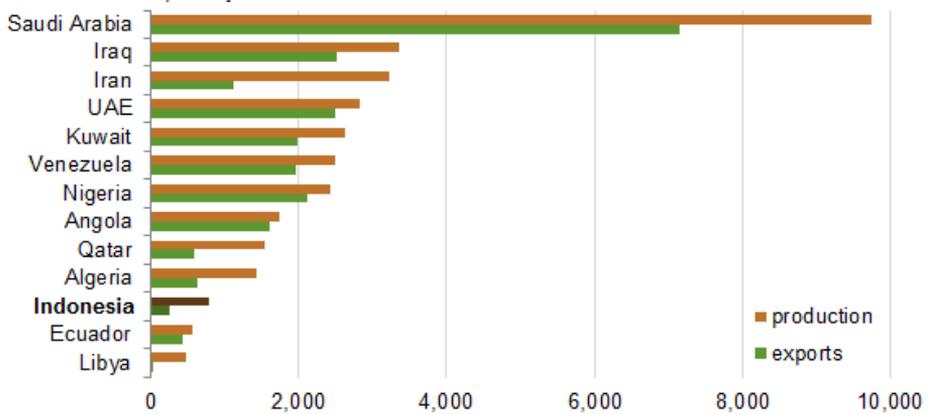
أما المرحلة الثالثة في استخراج الزيت تعتمد على تقليل كثافة الزيت لتعمل على زيادة الإنتاج. وتبدأ هذه المرحلة عندما لا تستطيع كل من الطريقة المبدئية أو الطريقة الإضافية على استخراج الزيت، ولكن بعد التأكد من جدوى استخدام هذه الطريقة اقتصادياً، وما إذا كان الزيت الناتج سيغطي تكاليف الإنتاج والأرباح المتوقعة من البئر. كما يعتمد أيضاً على أسعار البترول وقتها، حيث يتم إعادة تشغيل الآبار التي قد تكون توقفت عن العمل في حالة ارتفاع أسعار الزيت.

وطريقة تسخين الزيت هي الطريقة الثالثة في ترتيب استخراج الزيت، والتي تعتمد على تسخين الزيت وجعله أسهل للاستخراج. وحقن البخار هي أكثر التقنيات استخداما في هذه الطريقة، وغالبا ما تتم عن طريق التوليد المزدوج. وفكرة عمل التوليد المزدوج هي استخدام توربين غاز لإنتاج الكهرباء واستخدام الحرارة المفقودة الناتجة عنها لإنتاج البخار، الذي يتم حقنه للمستودع. وهذه الطريقة تستخدم بكثرة لزيادة إنتاج الزيت ذو الكثافة العالية. وهناك تقنية أخرى تستخدم في طريقة تسخين البترول وهي الحرق في الموضع، وفيها يتم إحراق الزيت لتسخين الزيت المحيط به. وأحيانا يتم استخدام المنظفات لتقليل كثافة الزيت. ويتم استخراج ما يقرب من 5 إلى 15٪ من الزيت في هذه المرحلة الأخيرة.

ونظرا للزيادة المستمرة في أسعار البترول أصبح التفكير في طرق الأخرى لإنتاج الزيت محل اهتمام. وأصلح هذه الأفكار هو تحويل الفحم إلى زيت والتي تهدف إلى تحويل الفحم إلى زيت خام. وكان هذا التصور الريادي من الألمان عندما توقف استيراد البترول في الحرب العالمية الثانية ووجدت ألمانيا طريقة لاستخلاص الزيت من الفحم. ويقدر أن نصف الزيت المستخدم في ألمانيا أثناء الحرب العالمية الثانية قد كان منتجا بهذه الطريقة. وقد تم توقف هذه الطريقة بعد ذلك نظرا لأن تكاليف إنتاج البترول الطبيعي أقل منها. ولكن بالنظر إلى ارتفاع أسعار البترول المستمر، فإن تحويل الفحم إلى بترول قد يكون محل تفكير. وتتضمن الطريقة تحويل رماد الفحم إلى زيت في عملية متعددة المراحل. ونظريا فإن طن من الفحم ينتج تقريبا 200 لتر من الزيت الخام، بمنتجات تتراوح من القار إلى الكيماويات النادرة. ويوضح الشكل (2-1) موقع إنتاج نפט بدولة العراق. وشكل (2-2) يعرض إنتاج دول الأوبك من النفط.



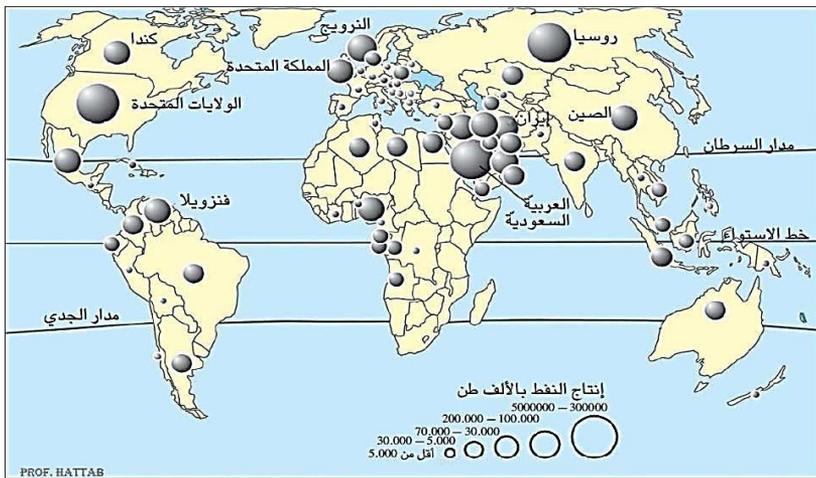
شكل: (1-2) موقع إنتاج نفط - العراق



شكل (2-2): إنتاج دول الأوبك وإندونيسيا من النفط (ألف برميل / يوم) - عام 2014

وحوالي 100 دولة تنتج النفط الخام طبقا لإحصائيات عام 2014، 47% من إجمالي إنتاج النفط الخام في العالم يأتي من خمس دول هي روسيا بنسبة 13% والمملكة العربية السعودية 13% والولايات المتحدة 12% والصين 5% وكندا 4%.

وتقريبا 90% من احتياجات السيارات للوقود يتم الوفاء بها عن طريق البترول. ويشكل البترول تقريبا 40% من الاستهلاك الكلي للطاقة في الولايات المتحدة، لكن 2% فقط في توليد الكهرباء. وقيمة البترول تكمن في إمكانية نقله وكمية الطاقة الكبيرة الموجودة فيه، وكذلك احتوائه على العديد من المركبات الهامة لذا يستخدم كمادة أساسية في العديد من الصناعات الكيميائية مما يجعله من أهم المواد في العالم. وكان الوصول للبترول وزيادة النفوذ السياسي والجغرافي سببا في كثير من الاشتباكات العسكرية مثل الحرب العالمية الثانية و حرب العراق وإيران والحروب التي خاضتها الولايات المتحدة في أفغانستان والعراق وحروب بعض دول الشرق الأوسط الحالية. وتقريبا 80% من مخزون العالم للبترول يتواجد في الشرق الأوسط، وحوالي 62.5% منه في خمس دول المملكة العربية السعودية والإمارات و العراق والكويت و إيران بينما تمتلك أمريكا تقريبا 3% من المخزون العالمي. وشكل (2-3) يعرض خريطة إنتاج دول العالم من النفط.



شكل (2-3): خريطة إنتاج دول العالم من النفط

## 2-2-2 مكونات البترول الناتجة من التكسير

أثناء عمليات تكسير (تصفية) البترول، يتم فصل الكيمياويات المكونة للبترول عن طريق التقطير التجزيئي، وهو عملية فصل تعتمد على نقط الغليان النسبية (أو قابلية التطاير النسبية). والمنتجات المختلفة (بالترتيب طبقا لنقطة غليانها) بما فيها الغازات الخفيفة (مثل الميثان والإيثان والبروبان) هي البنزين، وقود المحركات النفاثة، الكيروسين، الديزل، الجازولين، شموع البرافين، الأسفلت. والتقنيات الحديثة مثل فصل الألوان الغازي يمكن أن تفصل بعض الأجزاء من البترول إلى مركبات فردية وهذه طريقة من طرق الكيمياء التحليلية تستخدم غالبا في أقسام التحكم في الجودة في مصافي البترول.

ولمزيد من الدقة، فإن البترول يتكون من الهيدروكربونات، وهذه بدورها تتكون من الهيدروجين والكربون وبعض الأجزاء غير الكربونية والتي يمكن أن تحتوي على النيتروجين والكبريت والأكسجين وبعض الكميات الضئيلة من الفلزات مثل الفاناديوم أو النيكل ومثل هذه العناصر لا تتعدى 1٪ من تركيب البترول. كما أن أخف أربعة ألكانات الميثان والـإيثان والبروبان والبيوتان وهم جميعا غازات. بعدها ألكانات خفيفة سائلة وتطاير بسهولة ويتم استخدامها كمذيبات أو كسوائل للتنظيف الجاف وفي منتجات التجفيف السريع الأخرى.

أما المركبات الأثقل تكون مختلطة ببعض وتستخدم في الجازولين وكذلك الكيروسين ثم وقود الديزل أو زيت التسخين ويتم استخدام زيوت الوقود الأثقل من ذلك في محركات السفن. وجميع هذه المركبات البترولية سائلة في درجة حرارة الغرفة. يأتي بعد ذلك زيوت التشحيم والشحم شبه الصلب بما فيه الفازلين وأخيرا الهيدروكربونات الأثقل تكون صلبة بداية من شمع البرافين ثم بعد ذلك القطران والقار والأسفلت. ومدى درجات الغليان لمكونات البترول تحت تأثير الضغط الجوي في التقطير التجزيئي بالدرجة المئوية هي كالتالي:

إثير بترول : يستخدم كمذيب.

بنزين خفيف (40-70 سليزيوس): يستخدم كوقود للسيارات.

بنزين ثقيل (100-120 سليزيوس): يستخدم كوقود للسيارات.

كيروسين خفيف (120-150 سليزيوس): يستخدم كمذيب ووقود للمنازل.

كيروسين (150-250 سليزيوس): يستخدم كوقود للمحركات النفاثة.

زيت الغاز (250-300 سليزيوس): يستخدم كوقود للديزل أو للتسخين.

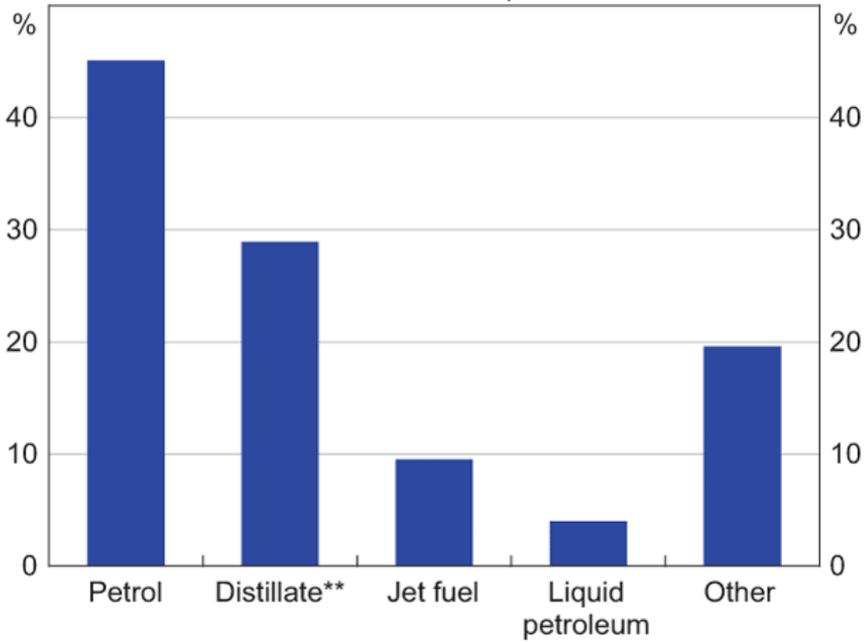
زيت تشحيم (أكبر من 300 سليزيوس): يستخدم كزيت للمحركات.

والأجزاء المتبقية عبارة عن قار، أسفلت، وقود متبقي وشكل (2-4) يوضح نسب المواد المستخرجة من برميل من زيت البترول. شكل (2-5) يبين نسب منتجات النفط في الولايات المتحدة بينما يوضح شكل (2-6) خريطة انتاج النفط وشكل (2-7) الانتاج اليومي لبعض الدول من النفط.

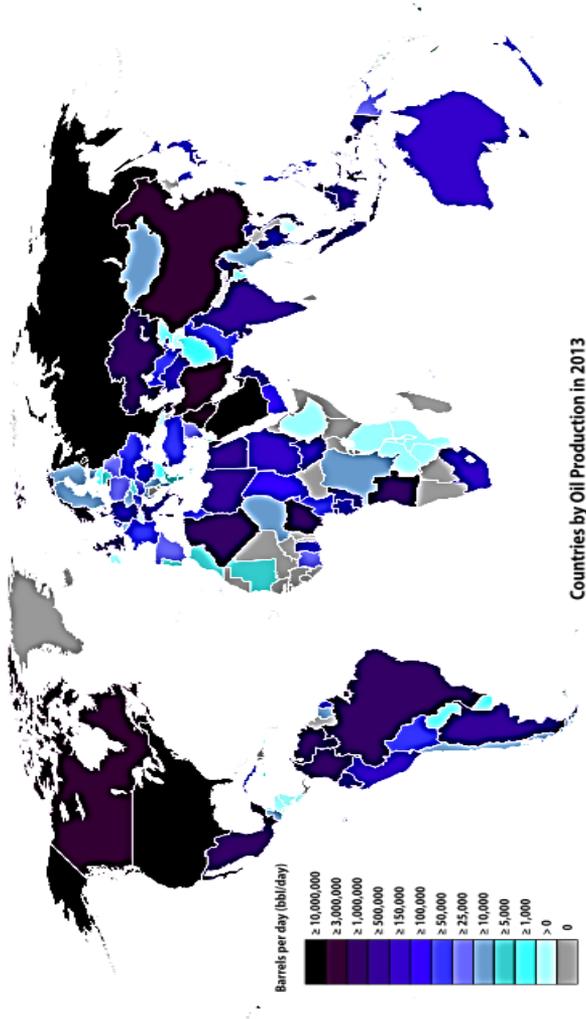


Product	Gallons Per Barrel
Gasoline	19.4
Distillate Fuel Oil *	10.5
Kerosene-Type Jet Fuel	4.1
Coke	2.2
Residual Fuel Oil **	1.7
Liquefied Refinery Gases	1.5
Still Gas	1.8
Asphalt and Road Oil	1.4
Raw Material for Petrochemicals	1.1
Lubricants	0.4
Kerosene	0.2
Other	0.4

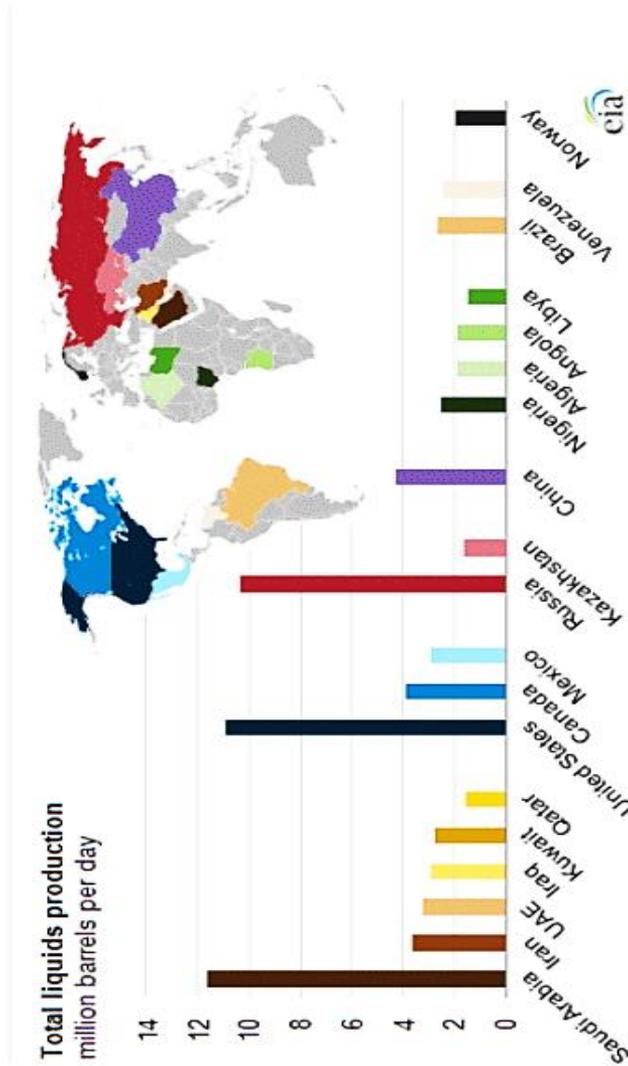
شكل (2-4): المواد المستخرجة من زيت البترول



شكل (2-5): نسب المنتجات من النفط الخام في الولايات المتحدة الأمريكية



شكل (2-6): خريطة انتاج النفط في العالم 2017



شكل (2-7): الإنتاج اليومي من النفط 2017

وتضم منظمة الأقطار المصدرة للبتروال الأوبك (OPEC) ثلاث عشرة دولة تعتمد على صادراتها النفطية اعتمادا كبيرا لتحقيق إيراداتها المالية. ويعمل أعضاء الأوبك لزيادة العائدات من بيع النفط في السوق العالمية. وتملك الدول الأعضاء في هذه المنظمة ما يتراوح بين ثلثي وثلاثة أرباع الاحتياطي العالمي المستخلص من النفط. وتأسست في بغداد عام 1960 من طرف السعودية، إيران، العراق، الكويت و فنزويلا ومقرها في فيينا. والدول الأعضاء الحاليين في منظمة الأوبك هي السعودية، الإمارات، قطر، الجزائر، أنجولا، الإكوادور، إيران، العراق، الكويت، ليبيا، نيجيريا، فنزويلا، غينيا الاستوائية. والدول الأعضاء السابقة التي غادرت مجموعة الأوبك هي إندونيسيا والجابون. أما إنتاج مصر من البترول فحوالي 582.000 برميل / يوم وتستهلك حوالي 635.000 برميل / يوم.

## 2-2-3 تاريخ إنتاج البترول

يرجح أنه تم حفر أول بئر للنفط في الصين في القرن الرابع الميلادي أو قبل ذلك. وكان يتم إحراق النفط لتبخير الماء المالح لإنتاج الملح. وبحلول القرن العاشر، تم استخدام أنابيب الخيزران لتوصيل الأنابيب لمنايع المياه المالحة.

وفي القرن الثامن الميلادي كان يتم رصف الطرق الجديدة في بغداد باستخدام القار، الذي كان يتم إحضاره من ترشحات النفط في هذه المنطقة. وفي القرن التاسع الميلادي بدأت حقول النفط في باكو، أذربيجان بإنتاج النفط بطريقة اقتصادية لأول مرة. وكان يتم حفر هذه الحقول للحصول على النفط، وتم وصف ذلك بمعرفة الجغرافي المسعودي في القرن العاشر الميلادي. وأيضا ماركو بولو في القرن الثالث عشر الميلادي الذي وصف النفط الخارج من هذه الآبار بقوله أنها مثل حمولة مئات السفن.

ويبدأ التاريخ الحديث للنفط في عام 1853، باكتشاف عملية تقطير النفط. فقد تم تقطير النفط والحصول منه على الكيروسين بمعرفة إجناسي لوكاسفيز وهو عالم هولندي. وكان أول بئر نفط صخري يتم إنشاؤه في بوركبا، بالقرب من كروسنو في جنوب بولندا، وفي العام التالي تم بناء أول معمل تقطير في يولازوفاييز وكان أيضا عن

طريق لوكاسفيز. وانتشرت هذه الاكتشافات سريعا في العالم، وقام العالم ميرزوف ببناء أول معمل تقطير في روسيا في حقل النفط الطبيعي في باكو في عام 1861 .

وبدأت صناعة النفط الأمريكية باكتشاف إيدوين دريك للزيت في عام 1859، بالقرب من تيتوسفيل - بنسلفانيا. وكان نمو هذه الصناعة بطيئا نوعا ما في القرن الثامن عشر الميلادي. وكانت محكومة بالمتطلبات المحدودة للكروسين ومصايح الزيت. وأصبحت مسألة اهتمام قومية في بداية القرن العشرين عند اختراع محركات الاحتراق الداخلية مما أدى إلى زيادة طلب الصناعة بصفة عامة على النفط. وقد أستنفذ الاستهلاك المستمر الاكتشافات الأولى في أمريكا في بنسلفانيا وأوتاريو مما أدى إلى «أزمة نفط» في تكساس وأوكلاهوما وكاليفورنيا .

وبالإضافة إلى ما تم ذكره، فإنه بحلول عام 1910 تم اكتشاف حقول نفط كبيرة في كندا، جزر الهند الشرقية، إيران وفينزويلا، المكسيك، وتم تطويرهم لاستغلالها صناعياً .

وبالرغم من ذلك حتى في عام 1955 كان الفحم أشهر أنواع الوقود في العالم، وبدأ النفط يأخذ مكانته بعد ذلك. وبعد أزمة طاقة 1973 وأزمة طاقة 1979 ركزت الحكومات على وسائل تغطية إمدادات الطاقة. فلجأت بلاد مثل ألمانيا وفرنسا إلى إنتاج الطاقة الكهربائية بواسطة المفاعلات النووية حتى أن 70٪ من إنتاج الكهرباء في فرنسا أصبح من المفاعلات النووية. كما أدت أزمة الطاقة إلى إلقاء الضوء على أن النفط مادة محدودة ويمكن أن تنفذ، على الأقل كمصدر طاقة اقتصادي. وفي الوقت الحالي فإن أكثر التوقعات الشائعة مفزعة من ناحية محدودية الاحتياطي المخزون من النفط في العالم. ويظل مستقبل البترول كوقود محل جدل. وأفادت الأخبار في الولايات المتحدة عام 2004 أنه يوجد ما يعادل استخدام 40 سنة من النفط في باطن الأرض. وقد يجادل البعض في ذلك لأن كمية النفط الموجودة محدودة. ويوجد جدل آخر بأن التقنيات الحديثة ستستمر في إنتاج الهيدروكربونات الرخيصة وأن الأرض تحتوي على مقدار ضخم من النفط غير التقليدي مخزون على هيئة نفط رملي وحقول بيتومين، زيت طفلي وهذا سيسمح باستمرار استخدام النفط لفترة كبيرة من الزمن .

## 2-2-4 شركات النفط

سوق النفط العالمية معقد والحكومات والشركات الخاصة تلعب أدوارا مختلفة في نقل النفط من المنتجين إلى المستهلكين. وفي الولايات المتحدة توجد شركات إنتاج النفط الخام في الأراضي الخاصة والعامه والمياه البحرية . وغالبية هذه الشركات هي لمنتجين مستقلين، وعادة تعمل هذه الشركات في أراضي الولايات المتحدة فقط. أما الشركات الأخرى، وغالبا ما يشار إليها بشركات النفط الكبرى، يعمل بها مئات أو آلاف من الموظفين، وتعمل في العديد من البلدان مثل شيفرون وإكسون موبيل.

وشركات النفط العالمية الكبرى والتي تشمل اكسون موبيل وبي بي ورويال داتش شل هي مملوكة بالكامل للمستثمرين المهتمين في المقام الأول بزيادة أسهمهم الاقتصادية. ونتيجة لذلك فإن شركات النفط العالمية المتنامية المتخصصة والاستثمارية تعتمد على العوامل الاقتصادية. هذه الشركات عادة ما تتسارع في تطوير إنتاجها من الموارد النفطية وبيع إنتاجها في السوق العالمية. وعلى الرغم من أن هذه الشركات المنتجة يجب أن تتبع قوانين الدول التي ينتج فيها النفط لكن في نهاية المطاف القرارات المتخذة تكون في مصلحة الشركة ومساهميها.

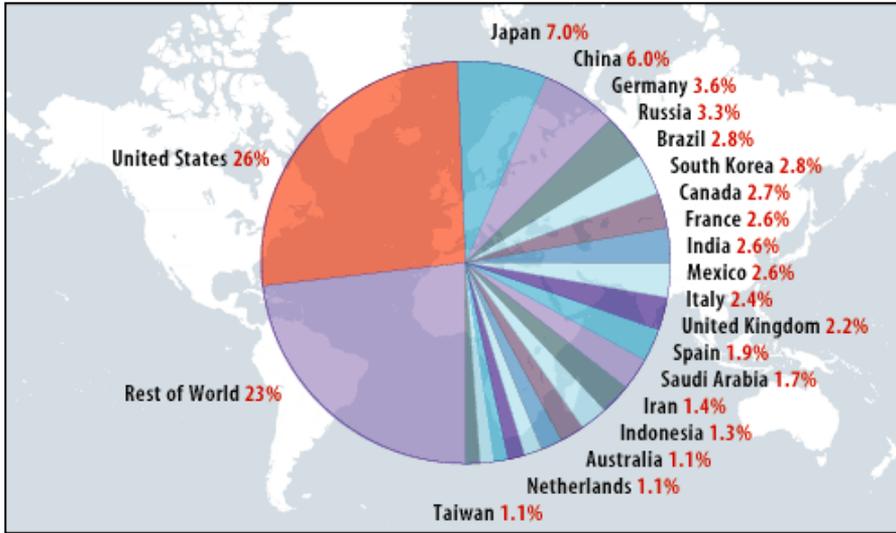
أما شركات النفط الوطنية هي الشركات التي تعمل كامتداد للحكومة أو وكالة حكومية، وتشمل شركات مثل شركة أرامكو السعودية، شركة بيميكس في بالمكسيك، ومؤسسة البترول الوطنية الصينية (CNPC)، وبتروليبوس دي فنزويل بفرنزويلا (PDVSA).

وهذه الشركات تدعم ماليا البرامج الحكومية وأحيانا توفر الدعم الاستراتيجي لها. وشركات النفط الوطنية في كثير من الأحيان توفر المنتجات البترولية للمستهلكين المحليين بسعر أقل من اسعار المنتجات التي تقدمها إلى السوق الدولية. وليس لدى هذه الشركات دائما الحافز أو الوسيلة أو النية لتطوير إنتاجها أو احتياطياتها بنفس الوتيرة مثل شركات النفط العالمية المملوكة للمستثمرين. ونظرا

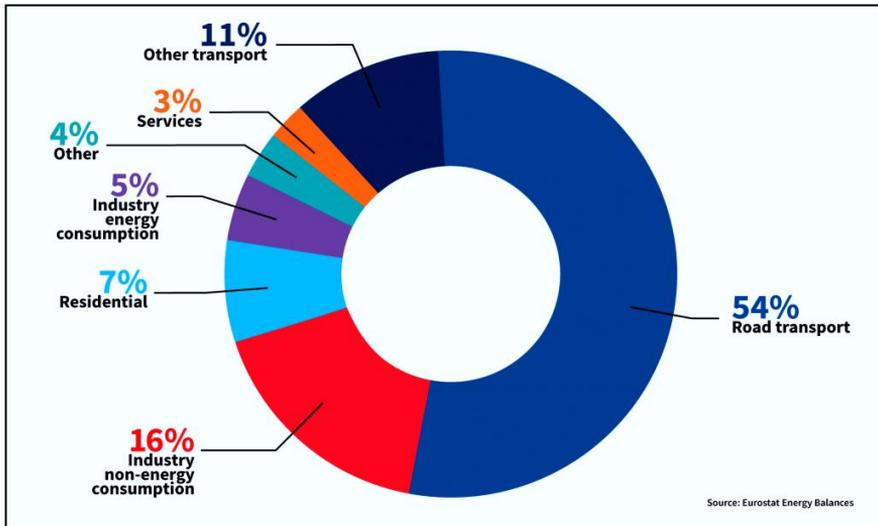
للأهداف المختلفة للحكومات الداعمة لها فإن شركات النفط الوطنية تتبع الأهداف التي ليست بالضرورة موجهة نحو السوق . وأهداف شركات النفط الوطنية في كثير من الأحيان تتضمن توظيف المواطنين وتعزيز السياسات المحلية أو الأجنبية أو الحكومية، وبناء العائدات على المدى الطويل لدفع ثمن البرامج الحكومية وكذلك تعمل على توفير الطاقة المحلية الرخيصة وتقع تحت هذه الفئة جميع شركات النفط الوطنية التي تنتمي إلى أعضاء منظمة البلدان المصدرة للبترول (أوبك).

وشركات النفط الوطنية مع الحكم الذاتي الاستراتيجي والتشغيلي وهي كيانات مساهمة وليست كامتداد لمساهمات الحكومات التي تعمل في بلدانها وتشمل هذه الفئة بتروبراس بالبرازيل وشتات أويل بالنرويج . وهذه الشركات في كثير من الأحيان توازن بين المخاوف التي تستهدف الربح وأهداف الحكومات مع محاولة تطوير استراتيجياتها الانتاجية . وعلى الرغم من أن رأس المال الذي يحرك هذه الشركات يدار من قبل المؤسسات التجارية ولكن قد تأخذ أيضا في الاعتبار أهداف الحكومة عند اتخاذ القرارات الاستثمارية أو الاستراتيجية الأخرى.

وتعتبر أكبر خمس دول مستهلكة للنفط في عام 2014، وحصتها من إجمالي استهلاك النفط العالمية هي الولايات المتحدة الأمريكية 21٪، الصين 12٪، اليابان 5٪، الهند 4٪، روسيا 4٪. يوضح شكل (2-8) أعلى الدول المستهلكة للنفط أما شكل (2-9) يبين استهلاك دول الاتحاد الأوربي من منتجات النفط.



شكل (2-8): الدول الأعلى استهلاكاً للنفط في العالم 2017



شكل (2-9): نسب استهلاك منتجات النفط في دول الاتحاد الأوروبي 2014

## 2-2-5 النفط والبيئة

يستخدم النفط الخام لإنتاج المواد النفطية التي نستخدمها لتشغيل الطائرات والسيارات والشاحنات أو لتدفئة المنازل أو في صناعة بعض المركبات مثل الأدوية والمواد البلاستيكية. وعلى الرغم من أن المنتجات النفطية تجعل الحياة العصرية أسهل وتوفر احتياجات حياتية كثيرة لكن إيجاد وإنتاج ونقل النفط الخام قد يكون له آثار سلبية على البيئة. نتيجة تسرب النفط للمياه أو الانبعاثات الحرارية والكيميائية التي تلوث الغلاف الجوي لذا فإن التقدم التكنولوجي في مجال الاستكشاف والإنتاج ونقل النفط وكذلك إنفاذ القوانين وأنظمة السلامة البيئية هامة للغاية وتساعد على تجنب وتقليل هذه الآثار السلبية.

ويعكس الاستكشاف والتنقيب عن النفط صفو النظم البيئية البرية والبحرية. واستخدام التقنيات الزلزالية للتنقيب عن النفط تحت قاع المحيط يضر بالأسماك والثدييات البحرية وحفر آبار النفط في الأراضي الزراعية أو في الأماكن التي تقطنها الحيوانات في كثير من الأحيان يتطلب إزالة مساحات كبيرة من الغطاء النباتي مما يؤدي إلى تدمير النظام البيئي. ومع ذلك فإن التطور في مجال استخراج البترول والذي يزيد بشكل كبير من كفاءة أنشطة الاستكشاف والحفر يعمل على تقليل التأثيرات الضارة على البيئة. والأقمار الصناعية وأنظمة تحديد المواقع الجغرافية وأجهزة الاستشعار عن بعد والتقنيات الزلزالية ذات الأبعاد الثلاثية تجعل من الممكن اكتشاف احتياطات نفطية جديدة مع تقليص حفر الآبار الاستكشافية. ومنصات الحفر المحمولة المتحركة تعمل على استخدام مناطق أصغر والتي تتأثر بأنشطة الحفر. أما استخدام الحفر الأفقي والاتجاهي يجعل من الممكن حفر بئر واحد لإنتاج النفط من منطقة واسعة، كذلك تقنية الشعب في الحفر يقلل من عدد الآبار اللازمة لتطوير الموارد النفطية.

وتقنية إنتاج النفط المعروفة باسم التكسير الهيدروليكي تستخدم لإنتاج النفط من الصخر الزيتي وغيرها من التكوينات الجيولوجية والتكسير الهيدروليكي لديه بعض التأثيرات على البيئة لأن تكسير الصخور يتطلب استخدام كميات كبيرة من

المياه وكذلك تستخدم المواد الكيميائية ذات الخطورة المحتملة لاستخراج النفط من طبقات الصخور. وفي بعض المناطق ذات الفقر المائي فإن استخدام المياه لإنتاج النفط يؤثر على توافر المياه للاستخدامات الهامة الأخرى وقد يؤثر على الموارد المائية. فالخلل في عملية استخراج النفط بشكل جيد أو سوء التعامل معه قد يؤدي إلى تسربه وانسكابه في المياه أو التربة مما يؤدي إلى الإضرار بالكائنات الحية المتواجدة بها والإخلال بالنظام البيئي.

ويخلف عن عملية التكسير الهيدروليكي أيضا كميات كبيرة من المياه المستخدمة والتي تحتوي على مواد كيميائية مذابة وملوثات ضارة بالبيئة والتي تحتاج إلى معالجة قبل التخلص منها أو عند إعادة استخدامها. فالكمية الكبيرة للمياه المستخدمة وتعقيد معالجة بعض مكوناتها والتخلص منها هي من القضايا الهامة والصعبة. وفي كثير من الأحيان يتم التخلص من المياه عن طريق الحقن في آبار عميقة وعادة في طبقات المياه الجوفية المالحة وضخ المياه على أعماق كبيرة يمكن أن يؤدي إلى اختلال توازن طبقات التربة مما يؤدي إلى حدوث بعض الزلازل.

ولذلك فإن للبتروول تأثير ملحوظ على الناحية البيئية والاجتماعية وذلك من الحوادث والنشاطات الروتينية التي تصاحب إنتاجه وتشغيله مثل الانفجارات الزلزالية أثناء إنتاجه أو الحفر أو تولد النفايات الملوثة بالرغم أن أكثر من 70٪ من الاحتياطي العالمي يصاحبه ترشحات كبيرة أي أنه لا يستلزم الإضرار بالبيئة لاستخراجه فالعديد من حقول البتروول تم العثور عليها نتيجة للتسريب الطبيعي. وكما أن استخراج البتروول بالقرب من الشواطئ يزعج الكائنات البحرية ويؤثر على بيئتها. واستخراج البتروول قد يتضمن عملية الكسح وفيها يحرك طبقة من قاع البحر مما يقتل النباتات البحرية التي تحتاجها الحيوانات البحرية للحياة. كما أن نفايات الزيت الخام والوقود المقطر التي تتناثر من حوادث ناقلات البتروول أثرت على العلاقة التبادلية بين الكائنات الحية بموت أحد هذه الكائنات كما حدث في ألاسكا وجزر جالاباجوس وأسبانيا والعديد من الأماكن الأخرى.

ومعظم التسربات النفطية هي نتيجة لحوادث آبار النفط أو على خطوط الأنابيب

والسفن والقطارات والشاحنات التي تنقل النفط من الآبار الى مصافي التكرير. فتسرب النفط يؤدي إلى تلوث التربة والمياه وربما يتسبب في انفجارات مدمرة وحرائق كبيرة لذلك لابد من تطوير المعايير والأنظمة والإجراءات المتبعة في الصناعات البترولية للحد من احتمالات وقوع الحوادث أو تسربات النفط وكذلك تطوير طرق تنظيف بقع الزيت عند حدوثها.

ومثل أنواع الوقود الحفري الأخرى، يتسبب حرق البترول في انبعاث ثاني أكسيد الكربون للغلاف الجوي، وهو ما يعتقد أنه يساهم في ظاهرة الاحترار العالمي وزيادة درجة الحرارة الكلية للأرض. وبوحدات الطاقة فإن البترول ينتج كميات  $CO_2$  أقل من الفحم، ولكن أكثر من الغاز الطبيعي. ونظرا لدور البترول المتفرد في عمليات النقل، فإن تقليل انبعاثات  $CO_2$  تعتبر من المسائل الشائكة في استخدامه. وتجرى محاولات لتحسين هذه الانبعاثات عن طريق احتجازها في المصانع الكبيرة أو حقنها على أعماق كبيرة في الأرض.

وخام البترول يحتوي على مركبات كيميائية عالية القيمة للإنسان فتوفيره لإنتاج هذه المواد والمركبات له أهمية قصوى بدلا عن اهداره وحرقه مشتقاته في وسائل المواصلات وفي توليد الطاقة. وبديل البترول لإنتاج الطاقة هي مصادر الطاقة المتجددة وهي موجودة بالفعل، وإن كانت نسبة هذا الاستبدال لاتزال صغيرة. فالشمس والرياح والمصادر المتجددة الأخرى تأثيراتها على البيئة أقل كثيرا من البترول. ويمكن لهذه المصادر استبدال البترول في الاستخدامات التي لا تتطلب كميات طاقة ضخمة مثل السيارات أو الآلات الميكانيكية ويجب تصميم محركات السيارات والمعدات الأخرى لتعمل بالكهرباء باستخدام البطاريات القابلة لإعادة الشحن أو استخدام طاقة الهيدروجين عن طريق خلايا الوقود أو الاحتراق الداخلي والذي يمكن إنتاجه من مصادر متجددة. كما أن هناك خيارات أخرى تتضمن استخدام الوقود السائل الذي له أصل حيوي كالإيثانول الحيوي و الديزل الحيوي. وهناك توجه عالمي للترحيب بأية أفكار جديدة تساهم في استبدال البترول كوقود لعمليات النقل.

## 2-3 البنزين (الجازولين) والمنتجات البترولية

البنزين هو الوقود المصنوع من النفط الخام وغيرها من السوائل النفطية. ويستخدم البنزين أساسا كوقود لمحركات السيارات ووسائل النقل. وفي الولايات المتحدة تنتج نحو 19 جالون من البنزين من كل برميل يحتوي 42 جالون من النفط الخام الذي يتم تكريره. والمصافي والشركات التي تنتج البنزين الذي يباع في محطات البنزين قد تضيف إليه بعض السوائل المختلفة بحيث تكون عملية حرقه أقل تلويثا للبيئة والذي يلبي المعايير البيئية المطلوبة. وهناك ثلاث درجات من البنزين الذي يباع في محطات البنزين للتزود بالوقود وهي المعتاد والمتوسط والأولي. بعض الشركات لديها أسماء مختلفة لهذه الدرجات من البنزين مثل الخالي من الرصاص والسوبر والسوبر الأولي ولكنها جميعا تشير إلى رقم الأوكتان والذي يعكس خصائص البنزين فالبنزين ذو الدرجة الأعلى في رقم الأوكتان هو الأعلى سعرا والأقل في رقم الأوكتان هو الأقل سعرا.

ورقم الأوكتان هو مقياس لمقدرة البنزين على مقاومة الاحتراق المبكر وتسمى طرقات المحرك. وهذا الرقم يقاس طبقا بالمقارنة مع خليط من ثلاثي ميثيل بيتان أحد متزامرات الأوكتان وإن-هيبتان. فمثلا بنزين 87 أوكتان تعني أن البنزين له كفاءة تشغيل مثل خليط من 87% أيزو اوكتان و13% إن-هيبتان.

ووقود الطائرات هو من الوقود الأقل كثافة بين أنواع الوقود المختلفة وهو نوع معدل من أنواع البنزين. ويتم انتاج البنزين في مصافي زيت البترول الخام. وهذه الأيام يتم فصل البنزين بسهولة من الزيت الخام عن طريق التقطير ويسمي البنزين الطبيعي، ولكنه لا يكون له المواصفات المطلوبة بالنسبة للمحركات الجديدة ولكن يمكن أن يكون جزءا من المخلوط الذي يستخدم لها. وأغلبية البنزين القياسي تتكون من هيدروكربونات تتراوح أطوال سلاسلها من 5 إلى 12 ذرة كربون في الجزيء. وتنتج المصافي المختلفة مكونات لها تركيب متفاوت، وعند خلطها فإنها تنتج بنزين بخصائص مختلفة. ومن أهم هذه المكونات هي:

البنزين عالي الأوكتان ويتكون من المركبات التي تنتج عن طريق عملية الحفز

ولها رقم أوكتان عالي ونسبة مكونات أروماتية عالية، ونسبة قليلة من الألكينات. البنزين المتكسر حفزيا أو النافتا المتكسرة حفزيا، وينتج من التكسير الحفزي، وله رقم أوكتان متوسط، ونسبة عالية من الأولفينات (الألكينات)، ومستوى متوسط من الأروماتيات.

البنزين الطبيعي وله عديد من الأسماء، يتم الحصول عليه من الزيت الخام مباشرة وله رقم أوكتان منخفض، وقليل من المكونات الأروماتية (اعتمادا على نوع الزيت الخام، وبعض النافثانات) ألكانات حلقيه ولا يحتوى على أولفينات (ألكينات).

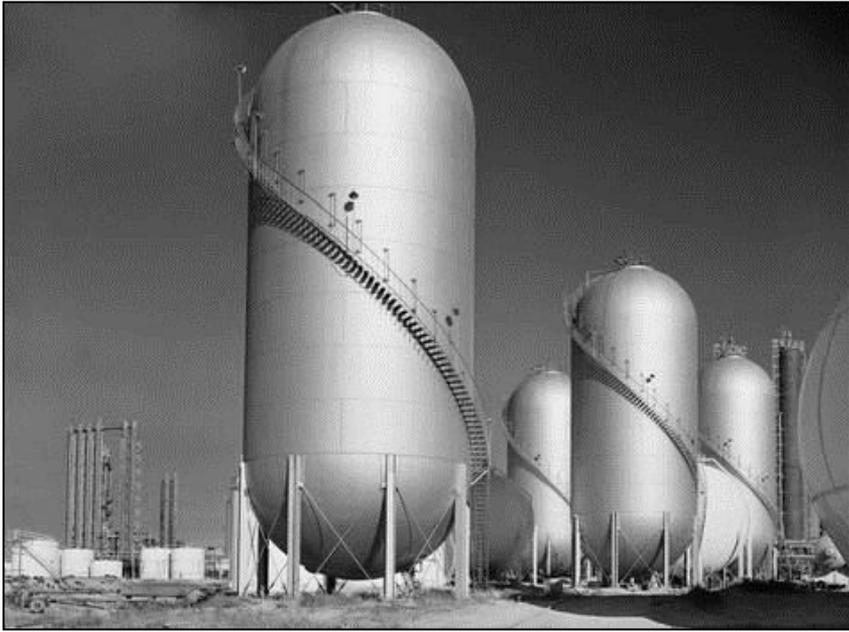
الكيلات، وتنتج في وحدة الألكلة، ولها رقم أوكتان عال وهي من البارافينات النقية، وغالبا ما تكون سلاسل الكربون فيها متفرعة.

المتزامرات ولها أسماء عديدة ويتم الحصول عليها من عملية أزمرة البنزين الطبيعي لزيادة رقم الأوكتان له، وتحتوي على نسبة مركبات أروماتية وحلقات بنزين قليلة. والمصطلحات المستخدمة ليست كلها المصطلحات الصحيحة كيميائيا. وهي مصطلحات قديمة، ولكنها تستخدم حتى الآن في مجال صناعة البترول. ومعناها الفني يختلف من شركة بترول لأخرى أيضا من بلد لأخر.

وعموما فإن البنزين العادي يتكون من خليط من البرافينات (ألكانات) والنافثات (ألكان حلقي) والمركبات الأروماتية، الأولفينات أو ألكينات. وتعتمد نسبة كل منها على مصفاة الزيت الخام التي تنتج البنزين حيث أن عدد الوحدات الموجودة بكل مصفاة يختلف من واحدة لأخرى ونوع الزيت الخام المستخدم ودرجة البنزين بالنسبة إلى رقم الأوكتان.

وحاليا فإن الوقود المستخدم في كثير من الدول له حدود معينة لنسبة المكونات الأروماتية بشكل عام، وبخاصة البنزين الحلقي، وكذلك نسبة المكونات الأولفينية (الألكينات). وهذا يزيد الطلب على البرافينات العالية الأوكتان، مثل الألكيلات، ويجبر المصافي لإضافة وحدات تنقية متقدمة. كما أن البنزين يمكن أن يحتوي على

مركبات عضوية أخرى مثل الإيثر العضوي بالإضافة إلى كميات قليلة من الشوائب، وبالتحديد مركبات الكبريت، وكبريتات الهيدروجين والتي يجب أن تزال من البنزين لأنها تسبب تآكل المحركات . ويوضح شكل (2-10) خزانات بنزين في ولاية تكساس بالولايات المتحدة المتحد الأمريكية عام 1942.



شكل (2-10): خزانات بنزين - تكساس - الولايات المتحدة 1942

### 2-3-1 استخدام البنزين

في عام 2015 كان الاستخدام اليومي للأمريكيين نحو 385 مليون جالون من البنزين. ومعظم البنزين المستهلك استخدم في السيارات والشاحنات الخفيفة، والدراجات النارية، أيضا تم استخدامه في الطائرات الصغيرة والقوارب والزوارق، ومعدات الحدائق والبناء.

وعموما يستخدم البنزين في محركات كثير من المركبات والآلات كالتالي:

- سيارات النقل وسيارات الدفع الرباعي والشاحنات الخفيفة والدراجات النارية.
- المركبات الترفيهية والقوارب.
- الطائرات الصغيرة.
- المعدات والأدوات المستخدمة في البناء، والزراعة، والغابات، والمناظر الطبيعية.
- مولدات الكهرباء المتنقلة لتوفير الطاقة الكهربائية في حالات الطوارئ أو في أماكن التخيم.

## 2-3-2 البنزين والبيئة

البنزين هو سائل سام وشديد الاشتعال والأبخرة المنبعثة منه والمواد الناتجة عندما يتم حرقه هي أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والجسيمات والتي تساهم في تلوث الهواء. أيضا حرق البنزين ينتج عنه كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون.

وتتواجد في البنزين عديد من الهيدروكربونات وخاصة الهيدروكربونات الحلقية مثل البنزين الحلقي، وهذه الهيدروكربونات مثل باقي الإضافات المقاومة لطرقات المحرك لها تأثير سرطاني. ولهذا السبب فإن التسريبات الكبيرة أو المستمرة للبنزين تسبب تهديدا على الصحة العامة للإنسان مثل حالة وصول البنزين لأي مصدر من مصادر المياه العامة. والخطر الرئيسي لتسرب البنزين يأتي من حوادث صهاريج نقل البنزين ومن التسريبات التي يمكن أن تحدث في مستودعات التخزين. ونظرا لوجود مثل هذا الخطر، فإن معظم مستودعات التخزين يتم متابعتها بصفة دورية للتأكد من عدم حدوث أية تسريبات. ونظرا لأن البنزين متطاير بطبيعته، فإن ذلك يستلزم أن تكون مستودعات التخزين وصهاريج النقل محكمة الغلق. ولكن هذا التطاير العالي للبنزين يمكنه أن يشتعل في الجو البارد بعكس الديزل. وعموما، فإنه يجب عمل

قياسات معينة للسماح بالتهوية الكافية للبنزين حتى لا يرتفع الضغط في مستودعات التخزين ويظل مساوٍ للضغط خارج المستودع.

والبنزين أيضا ينتج عند احتراقه في محركات السيارات ووسائل النقل كميات كبيرة من الغازات الملوثة للبيئة. فحتى البنزين الذي لا يحتوي على مركبات الرصاص أو الكبريت، فإنه ينتج غازات ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والتي تخرج كعادم من حرق البنزين في هذه المحركات .

وبعض القوانين البيئية في الولايات المتحدة تركّز على الحد من التلوث الناتج من هذه المصادر. وقانون الهواء النظيف في الولايات المتحدة تم وضعه للحد من تلوث الهواء في الولايات المتحدة على وجه التحديد، وتم تمريره في عام 1970 ومن ضمن بنوده تقليل نسب تلوث الهواء الجوي الصادر من استهلاك البنزين إلى الحد يلبي توصيات وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA).

وأجهزة التحكم في الانبعاثات ومحركات الاحتراق النظيفة هي الأجهزة التي توضع على محركات سيارات الركاب أو محركات الآلات التي تعمل بالبنزين للحد من الانبعاثات والغازات الملوثة للهواء. وتوصي هيئات حماية البيئة باستخدام البنزين منزوع الرصاص، حيث أثبتت الدراسات أن الرصاص في البنزين يشكل مصدر خطورة على الصحة العامة. والابتعاد عن البنزين المحتوي على الرصاص بدأ في عام 1976 عندما تم تركيب المحولات الحفازة في السيارات الجديدة للحد من انبعاثات ملوثات الهواء السامة. والمركبات المجهزة بمحول حفاز لا تستطيع أن تعمل بالبنزين المحتوي على الرصاص لأن وجود الرصاص في وقود يؤدي إلى ضرر وتعطل المحول الحفاز. وتم التخلص التدريجي من البنزين المحتوي على الرصاص حتى انتهى تماما من نظام الوقود الولايات المتحدة بحلول عام 1996. وابتداء من عام 1995 وطبقا لقانون الهواء النظيف لعام 1990 تطلب استخدام البنزين معاد التشكيل للحد من تلوث الهواء وذلك في المناطق الحضرية التي بها تلوث كبير من ملوث غاز الأوزون في المستوى الأرضي.

ومنذ عام 2006 هناك توجه أن تنتج المصافي البنزين بنسبة من الكبريت أقل 90%.

من البنزين المنتج في عام 2004، أيضا هناك خطط لخفض نسبة الكبريت في البنزين لأن خفض نسبة الكبريت في البنزين يعمل على تقليل مركبات الكبريت المنبعثة سواء من محركات السيارات القديمة أو الجديدة ومن ثم ليس من الضروري لأجهزة التحكم في الانبعاثات المدرجة في بعض السيارات للعمل بشكل مستمر.

تسرب البنزين يحدث في محطات الوقود كل يوم والناس تملأ خزانات السيارات للتزود بالوقود حيث يسقط البنزين على أراضي المحطات فيتبخر وكذلك يتبخر من الخزانات المفتوحة إلى الهواء. أحيانا يحدث تسرب للبنزين أيضا من خطوط الأنابيب أو من صهاريج التخزين تحت الأرض حيث يصعب رؤية هذه التسربات وللتغلب على ذلك تستبدل صهاريج التخزين القديمة تحت الأرض لتحل محلها صهاريج تخزين مع بطانة مزدوجة كضمانة إضافية لمنع التسريبات.

ويعتبر أثير ثلاثي ميثيل البيوتيل أحد المواد الكيميائية التي تضاف للبنزين أثناء عمليات إنتاجه لكي تكون عملية احتراق البنزين نظيفة لكنه مادة سامة ومؤخرات تم استبداله بالإيثانول وهو من المركبات الغير سامة.

## **2-4 وقود الديزل**

وقود الديزل أو السولار كما يُعرف في مصر وفي العراق (الجاز) وهو خليط من عدة مواد هيدروكربونية، يستخدم في محركات الديزل الشائعة في سيارات نقل البضائع والنقل العام كما تستخدم أيضا في مولدات الكهرباء، وتوجد منه أنواع تستخدم لتشغيل محركات السفن. ويرجع اسم زيت الديزل إلى الألماني رودولف ديزل مخترع محرك الديزل. ويستخدم «الديزل الحيوي» أيضا لتشغيل المحركات بطريقة محرك الديزل ولكنه يختلف عن البتروديزل في تركيبه الكيميائي.

ويستخرج زيت الديزل من زيت البترول بواسطة التقطير التجزيئي، كما يمكن استخراج وقود حيوي مشابه للديزل من الكتلة الحيوية بأسلوب يسمى تسهيل الكتلة الحيوية. وللتفرقة بين النوعين قد يسمى الديزل المستخرج من النفط الخام «الديزل النفطي» أو «البتروديزل» بخلاف «الديزل الحيوي». ويوجد نوع يحتوي على نسبة أقل من الكبريت يسمى «ديزل منزوع الكبريت». وقد أصبح هذا النوع من الديزل هو

الشائع في أمريكا وأوروبا منذ عام 2007 .

## 2- 4- 1 استخدامات وقود الديزل

يستخدم وقود الديزل في محركات الديزل الموجودة في معظم الشاحنات والقطارات والحافلات والقوارب والجرارات الزراعية وآلات البناء والأوناش. وبعض السيارات والشاحنات الصغيرة لديها محركات تعمل بزيوت الديزل. أيضا يستخدم وقود الديزل في محركات المولدات الكهربائية لتوليد الكهرباء. ومعظم القرى النائية في بعض البلدان تستخدم مولدات الديزل للحصول على الكهرباء وكذلك العديد من المنشآت الصناعية والمباني الكبيرة والمرافق المؤسسية والمستشفيات والمرافق الكهربائية لديها مولدات الديزل كمصادر احتياطية للكهرباء والتي تمد المنشأة بالطاقة في حالات الطوارئ.

ومعظم نقل وقود الديزل يتم عبر خط أنابيب من المصافي والموانئ الرئيسية إلى محطات الديزل بالقرب من مناطق الاستهلاك. أيضا تستخدم القطارات والسفن لنقل قود الديزل من المصافي والموانئ إلى هذه المحطات ثم تستخدم شاحنات النقل الكبيرة لنقل وقود الديزل من المحطات إلى محطات الخدمة أو محطات التجزئة مثل محطات التزود بالوقود ومن ثم يصل وقود الديزل إلى المستهلكين.

ويتم إرسال وقود الديزل وغيرها من المنتجات عبر خطوط الأنابيب المشتركة في دفعات. وهذه ليست دفعات منفصلة فيزيائيا في خطوط الأنابيب لكن يحدث بعض الخلط أو المزج بين هذه المنتجات لأن امكانية الاختلاط موجودة بين مشتقات النفط. كما يجب أن يتم اختبار جودة وقود الديزل وغيرها من المنتجات للتأكد من أنها مطابقة للمواصفات المطلوبة عند الدخول أو الخروج من خطوط الأنابيب. وعندما تكون المنتجات غير مطابقة للمواصفات الدولية أو المحلية فيتم نقلها بالشاحنات إلى المصافي مرة أخرى لمزيد من المعالجة، أو يمكن أن تباع على أنها منتجات مختلفة.

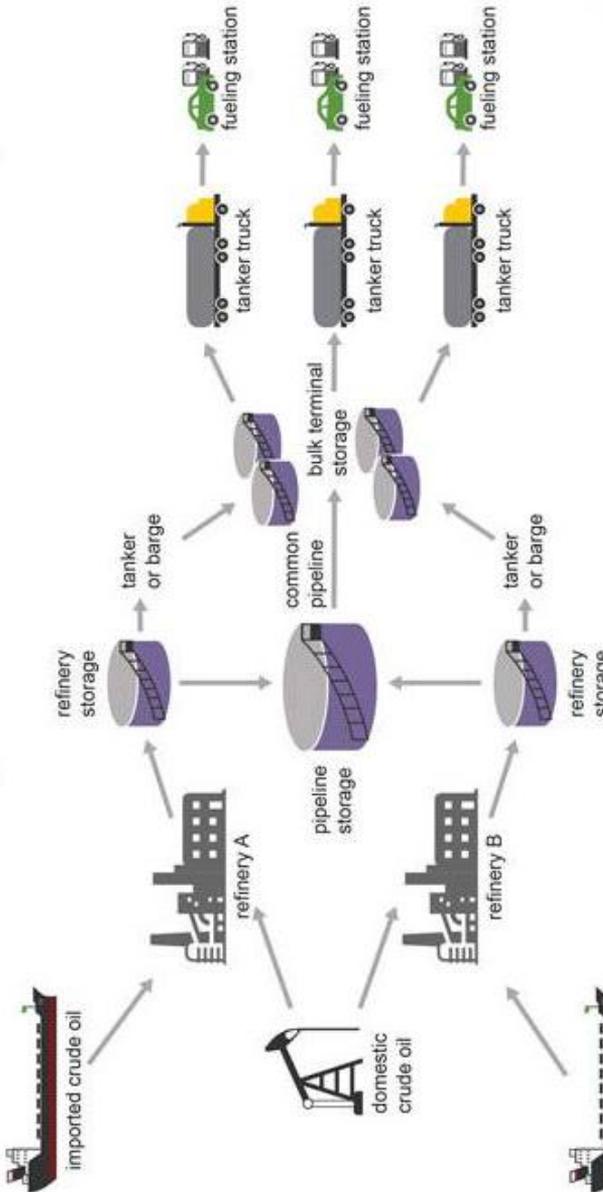
ومخترع محرك الديزل رودولف ديزل قد صمم في الأصل محرك سيارته لاستخدام غبار الفحم كوقود. ومع ذلك، كان قد جرب محركه مع الزيت النباتي وهو وقود الديزل الحيوي وقد صنع الديزل الحيوي قبل بدء صناعات البترول .

ومحركات الديزل الموجودة في الشاحنات والقطارات والقوارب وبوارج النقل تساعد في نقل معظم البضائع والمنتجات والأفراد. ويستخدم وقود الديزل عادة في الحافلات العامة والحافلات المدرسية. ويستخدم أيضا وقود الديزل في معظم المعدات الزراعية ومعدات البناء حيث تعتمد صناعة البناء والتشييد على توفر وقود الديزل. وكذلك تستخدم محركات الديزل بأمان وكفاءة في أوناش الرفع مثل روافع الدعامات الفولاذية وآلات حفر الأساسات والخنادق والآبار والأنفاق وآلات رصف الطرق ونقل التربة.

في النواحي العسكرية يستخدم وقود الديزل في الدبابات والشاحنات لأن وقود الديزل له قابلية أقل للاشتعال كذلك أقل في حالات الانفجار من أنواع الوقود الأخرى. ومحركات الديزل هي أقل تعطلا من المحركات التي تعمل بوقود البنزين. أيضا يستخدم الديزل في محركات المولدات الكهربائية فالعديد من المنشآت الصناعية والمباني الكبيرة والمرافق المؤسسية والمستشفيات لديها مولدات الكهرباء الاحتياطية التي تعمل بالديزل. وشكل (2-11) يعرض صورة لخزان ديزل بالولايات المتحدة. وشكل (2-12) يمثل مخطط مسار النفط من الانتاج حتى الاستهلاك.



شكل (2-11): خزان ديزل - الولايات المتحدة



شكل (2-12): مخطط مسار النفط من الإنتاج حتى الاستهلاك

## 2-4-2 الديزل والبيئة

تعد محركات الديزل اقتصادية في استهلاك الوقود لكنها مضرّة بالبيئة بسبب انبعاثاتها الكثيرة الضارة وهذا هو التحدي الذي يواجهه مهندسو صناعة السيارات في التوفيق بين الاقتصاد في النفقات والمحافظة على البيئة في نفس الوقت. ويفضل الكثير من الناس استعمال سيارات بمحركات ديزل بدلا من التي تعمل بالبنزين، وهناك فائدتان اثنتان مهمتان تساهما في انتشار استعمال وقود الديزل بدلا عن البنزين.

الفائدة الأولى تكمن في أن الديزل يحتوي على طاقة أكبر من البنزين. وهذا يعني أن الديزل مفيد اقتصاديا أكثر من البنزين، وأن محركات الديزل تحتاج إلى وقود أقل من البنزين لقطع نفس المسافة.

أما الفائدة الثانية فهي انخفاض تكلفة الديزل، لأن الديزل يستخرج من زيت البترول عن طريق التقطير التجزيئي ويمكن إنتاجه بكميات كبيرة في مصافي النفط، وهو بذلك أقل كلفة مقارنة بالبنزين أو الكيروسين.

بالإضافة إلى ذلك فإن الديزل صعب الاحتراق مقارنة بالبنزين. وهذا ما يجعله أكثر أمانا ولكنه يتطلب تقنية خاصة ومحركات أكبر لحرق الوقود بضغط أعلى من المحركات التي تعمل بالبنزين.

ويطلق الديزل كمية أقل من أكسيد النيتروجين مقارنة بالبنزين، لكنه يطلق كمية أكبر من العوادم، وهي جسيمات الكربون الناتجة عن الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات وتبقى معلقة في الهواء وتنتج أثناء التحلل الحراري للفحم أو الخشب أو عند احتراق الديزل، وهذه المواد خطيرة جدا على صحة الإنسان وعلى البيئة وتسبب أمراض السرطان. ويمكن مشاهدة سحب سوداء من الدخان تتكون عندما يقوم المرء بالضغط على دواسة الوقود في السيارة التي تعمل بالديزل. وأغلب السيارات الحديثة تحتوي على مصافي (فلترات) خاصة لتنقية انبعاثات الاحتراق في المحركات، ويمكن لهذه المصافي تصفية العوادم وتنقيتها. وفي السنوات الأخيرة

بدأت شركات السيارات بوضع مصاف في جميع موديلات سياراتها، لكنها لا تستطيع تصفية انبعاثات الديزل بصورة كاملة رغم التقدم التكنولوجي الكبير، ويمكنها تصفية نحو 95 بالمائة من الانبعاثات فقط، فيما لا يمكنها وقف أكسيد النيتروجين الخطر على صحة الإنسان.

أما المحركات الحديثة التي تعمل بالبنزين، فتقوم بتقنية أخرى ويمكنها ضخ أكسيد النيتروجين إلى محرك السيارة، ولا تفرض اغلب مؤسسات حماية البيئة في العالم شروطا خاصة على السيارات التي تعمل بمحركات بنزين لحماية المستهلك والبيئة من الانبعاثات ومن أكسيد النيتروجين، كون أن هذه التكنولوجيا حديثة جدا ولا يعرف فوائدها أو أضرارها تماما بعد. أما محركات الديزل فتفرض عليها شروطا خاصة لأن أضرارها معروفة. وتكمن مخاطر أكسيد النيتروجين في أنه يسبب أمراضا خطيرة في الجسم، ويتم امتصاصه من خلال الرئتين ويتحد مباشرة مع خضاب الدم ويرفع مستوى الكربوكسيل في الدم ويخفض مستوى الأوكسجين الذي يصل إلى أعضاء الجسم، مما يعطل من عملها وقد يسبب تسمم الجسم أو أمراضا خطيرة، منها مرض السرطان.

## 2-5 زيوت التسخين

زيوت التسخين هي المنتجات البترولية المكررة من النفط الخام في المصافي حيث تتم معالجة النفط الخام إلى أنواع مختلفة من الوقود بما في ذلك البنزين وزيت التسخين ووقود الديزل ووقود الطائرات والكيروسين، وزيت التشحيم. ويستخدم زيت التسخين لأغراض التسخين وتسخين المياه مثل الأفران والمراجل في المباني. ويعتبر في الولايات المتحدة الأمريكية كمصدر للطاقة البديلة الأكثر أهمية للمنازل التي ليس لها قدرة على التسخين باستعمال الغاز الطبيعي. وأصبح استخدام زيت التسخين هاما عندما اخترع موقد النفط في عام 1920 وحل مكان فحم التسخين في الأماكن المغلقة، لأنه كان أرخص وأسهل في التعامل، وأفضل أيضا للبيئة. وعلى مدى العديد من السنوات الماضية، أصبح زيت التسخين أكثر فاعلية وأمانا ونظافة. توفر زيوت التسخين المنزلية حرارة يمكن لأصحاب هذه المنازل التحكم في

درجتها عن طريق منظم الحرارة أو الترموستات. وعادة ما يتم تسليم زيت التسخين عن طريق شاحنة صهريج للمباني التجارية والسكنية وتخزينها في خزانات.

## 2-6 الغاز النفطي المسال

الغاز النفطي المسال يسمى أيضا الغاز البترولي المسال أو غاز المكينة وهو خليط من غازات هيدروكربونية و يستخدم كوقود في أجهزة التدفئة والمركبات، وفي الآونة الأخيرة تزايد استخدامه في مقابل الغازات الكلورو- فلورو- كربونية مثل غاز الثلاجات للتقليل من الاضرار المتسببة لتقلص طبقة الأوزون .

وأنواع كثيرة من الغاز المسال تباع في السوق اعتمادا على الموسم منها المخلوطة بغاز البروبان أو بغاز البيوتان، أو مخلوطة بكل منهما بنسبة 60٪ بروبان و40٪ بيوتان. حيث يكثر الطلب على البروبان في الشتاء عكس الصيف حيث الطلب فيه على البيوتان أكثر. ويضاف إليها مادة إيثانول ذات الرائحة النفاذة لاكتشاف التسربات بسهولة.

وينتج الغاز المسال خلال عملية تكرير النفط الخام أو يستخلص من مجرى الغاز أو النفط عند الخروج من باطن الأرض . ويكون عند درجة الحرارة والضغط الطبيعيين في حالته الغازية. ولذلك يتم نقله في اسطوانات حديدية مضغوطة، ونظرا لان هذا السائل يتمدد بفعل الحرارة فلا تتم التعبئة بشكل كامل ولكن بنسبة ما بين 80٪ إلى 85٪ من سعته. وتختلف نسبة حجم الغاز إلى السائل اعتمادا على التكوين الكيميائي وظروف الضغط والحرارة ولكنها بالعادة 250 إلى 1. ويسمى الضغط الذي يتحول عنده الغاز إلى سائل ضغط التبخر وهذا يتغير أيضا بتغير درجة الحرارة ونوع الغاز. والغاز المسال أنقل من الهواء فإنه يميل إلى التجمع في الأماكن المنخفضة مثل القبو والقرب من أرضية الحجرات مما قد يؤدي إلى الاختناق أثناء النوم عند تسربه، أو الاشتعال والانفجار إذا لم يتم التعامل مع ذلك بحذر .

وفي حالة تسرب الغاز المسال إلى الحجرة فيجب قبل كل شيء عدم تشغيل مفتاح النور أو أي مفتاح كهربائي، فهذا يحدث انفجارا لا تحمد عواقبه. كما يجب

تجنب إشعال أي نار بالقرب من المبنى المسرب به الغاز المسال فهذا يحدث أيضا انفجارا رهيبا. وبعد ذلك يجب فتح جميع النوافذ للتهوية وترك الغاز يتسرب إلى الخارج ثم فحص سبب تسرب الغاز وقفله أو الاستعانة بالمتخصصين .

وقد تم إنتاج الغاز المسال لأول مرة سنة 1910 من قبل د. والتر سنلنج، وأول إنتاج تجاري كان سنة 1912. وحاليا يساهم الغاز المسال في تغطية 3% من احتياجات الطاقة في الولايات المتحدة. وحين يستعمل بمحركات الاحتراق الداخلي يسمى بـغاز الماكينة. وفي كثير من البلدان بدأ استعماله منذ سنة 1940 كبديل للوقود في محركات الاشتعال ومؤخرا يستعمل لمحركات الديزل أيضا. ووفقا لتعداد عام 2001 بالهند، 17.5% من الاسر الهندية أي 34 مليون أسرة هندية تستخدم غاز البترول المسال كوقود للطهي و67% من هذه الأسر من المناطق الحضرية. وغاز البترول المسال مدعوم من قبل الحكومة وزيادة أسعار الغاز المسال تعتبر مسألة حساسة سياسيا في الهند حيث أنها تؤثر على نمط التصويت من قبل الطبقة الوسطى بالمدن. والغاز المسال كان ذو استخدام كبير للطبخ في هونغ كونغ، ولكن مع استمرار توسع امدادات شركة «غاز المدينة» للمباني أدى إلى خفض استعماله إلى اقل من 24% من الوحدات السكنية. وهو وقود الطهي الأكثر شيوعا في المناطق الحضرية في البرازيل، وتستخدمه عمليا جميع الاسر. والأسر الفقيرة تتلقى منحة حكومية تعرف باسم «فالي غاس» تستخدم حصريا لشراء الغاز المسال.

## 2- 6- 1 الغاز المسال والبيئة

قد تصل حاويات الغاز المسال عند تعرضها للنار بكثافة ولمدة كافية إلى مرحلة انفجار الغاز الذي يتمدد بسبب ارتفاع درجة الحرارة. وبالنظر إلى الطابع التدميري للغاز المسال عند الانفجارات فتتصف تلك المادة انها خطره للغاية. ولهذا تهتم المصافي ومصانع البتروكيماويات على المحافظة على الحاويات الكبيرة ووقايتها من الحريق. وتتم الوقاية بتزويد تلك الحاويات بصمامات أمان تعمل على تسريب الضغط الزائد في الحاوية عند نشأته. وتوجد أنواع من الحاويات الكبيرة الأسطوانية والأفقية كما توجد حاويات كبيرة كروية الشكل قد يصل سمك جدارها إلى 15 سم

من الحديد الصلب. وهي مجهزة بصمام تخفيف الضغط على قمتها. ومن أهم الأخطار انسكاب بعض المحروقات والتي قد تشتعل بالقرب من حاويات الغاز المسال. فإذا استمرت النار مشتعلة بالقرب من الحاوية يؤدي ذلك لغليان الغاز وتمدده وزيادة الضغط الذي قد يتجاوز قدرة صمام تنفيس الضغط الزائد. وعندما يحدث ذلك فقد تتعرض الحاوية إلى الانفجار بسرعة رهيبية وتحدث أضراراً مأساوية. في حالة الحاوية الاسطوانية قد تتمزق من الوسط فيندفع منها الغاز السائل في اتجاهين متضادين مع الكثير من الوقود حتى ينضب الوقود. ولهذا تشمل تدابير الوقاية من الحريق فصل خزانات غاز البترول المسال عن المصادر المحتملة للحريق. وفي حالة النقل بالسكك الحديدية، على سبيل المثال، يمكن الفصل بين خزانات غاز البترول المسال على مراحل، بحيث توضع عربات البضائع الأخرى بينها. وهذا ليس الحال دائماً، لكنه طريقة منخفضة التكلفة لعلاج المشكلة. وهناك طريقة جديدة لوقاية حاويات الغاز المسال وهي دفن الحاوية تحت الأرض وأن تترك صمامات علوية تسهل صيانتها. ويجب توخي الحذر الشديد معها فقد يؤدي الاحتكاك البسيط إلى الاشتعال وكذلك يجب العمل على عدم تآكل جدران الحاويات وذلك بطلاء الحاويات بطبقات تتحمل الحرارة ومقاومة للاشتعال وماص للحرارة أو لصقات مضادة للنيران. وقد تتعرض حاويات الغاز المسال لتحركات كبيرة نتيجة للتمدد والانكماش، والملء والتفريغ حتى لو كانت من الصلب ذو الجدران السميكه. وهذه العملية تجعل تنفيذ دفن الحاوية خيار أقل أماناً في المدى البعيد لأن المرء لا يستطيع التكهن بالضرر الميكانيكي الخارجي الذي قد يحدث للحاوية نتيجة تسرب المياه لها من خلال التربة. ومجرد وجود حصوات وأحجار واحتكاك وتجريف ذهاباً وإياباً عبر طبقة الدهان الموجودة على جدار الحاوية يمكن أن يسبب صدأها وتآكلها.

وإذا انكسرت الحاوية بأية طريقة يخرج الغاز المسال منها أولاً كسائل بارد جداً. مما يعمل على تجميد أي شيء يقابله. ثم بغليانه وهو لا يزال بارداً ينشئ جواً مكتثفاً من أبخرته يزيح الأكسجين من الجو بحيث تخنق جميع الكائنات الحية في الأماكن

المحيطة. وقد يؤدي انكسار حاوية كبيرة واحدة إلى إزاحة الأكسجين عبر أميال مربعة عديدة. وبالانتشار يتخفف الغاز ويختلط بالهواء ويصبح خطرا داهما لأنه يكون مع الهواء مخلوطا غازيا قابل للاشتعال. وعندما يحدث الاشتعال تتولد كرة نارية مهولة عبر كيلومترات تبعد كل شيء فيها. لهذا فلا بد من العناية برقابة ووقاية حاويات الغاز السائل. وفي شكل (2-13) صورة لأحدى الناقلات البحرية للغاز النفطي المسال.



شكل (2-13) صورة إحدى الناقلات البحرية للغاز النفطي المسال

## 7-2 متكثف الغاز الطبيعي

متكثف الغاز الطبيعي هو خليط منخفض الكثافة من عدة سوائل هيدروكربونية توجد على شكل غازات في الغاز الطبيعي الخام المستخلص من العديد من حقول الغاز الطبيعي. و تتكثف هذه المواد من الغاز الخام عندما تنخفض حرارته تحت نقطة الندى الهيدروكربونية لذلك الغاز .

وغالبا ما يشار إلى متكثف الغاز الطبيعي باسم المتكثف أو متكثف الغاز وأحيانا يشار إليه باسم البنزين الطبيعي لاحتوائه على هيدروكربونات ذات درجات غليان توافق درجات غليان المواد المكونة للبنزين. وقد ينتج الغاز الطبيعي الخام من أحد

مصادر ثلاثة وهي:

- آبار النفط الخام ويعرف الغاز المستخلص في هذه الحالة باسم الغاز المصاحب . وقد يوجد الغاز منفصلا عن النفط الخام في الآبار التحتية أو ذاتها فيه.
- آبار الغاز الجاف وتنتج هذه الآبار عادة غازا جافا لا يحتوي أية سوائل هيدروكربونية. ويعرف هذا الغاز باسم الغاز غير المصاحب.
- آبار المتكثف وتنتج هذه الآبار غازا خاما محتويا على الغاز الطبيعي السائل. ويعرف هذا الغاز أيضا بالغاز غير المصاحب.

## 2-7-1 مكونات متكثف الغاز الطبيعي

هناك المئات من حقول الغاز حول العالم لكل منها مكونات مختلفة لمتكثف الغاز. لكن هناك خصائص عامة لمتكثف الغاز، فكثافته النوعية تتراوح بين 0.5 إلى 0.8 وقد يحتوي على :

كبريتيد الهيدروجين.

ثيولات تعرف قديماً بالمركبتانات ويرمز لها برمز RSH ، حيث يعبر الحرف R عن مجموعة عضوية كالميثيل والإيثيل وغيرها.

ثاني أكسيد الكربون.

ألكانات غير متفرعة تحتوي على 2 إلى 12 ذرة كربون.

هكسان حلقي وأحيانا ألكانات حلقيه أخرى.

مركبات عطرية كالبنزين والتولوين والزايلين والإيثيل بنزين.

## 2-8 الغاز الطبيعي

الغاز الطبيعي هو أحد مصادر الطاقة البديلة عن النفط وهو من المحروقات عالية الكفاءة قليلة الكلفة قليلة الانبعاثات الملوثة للبيئة نسبيا. والغاز الطبيعي مورد طاقة أولية مهمة للصناعة الكيماوية .

ويتكون الغاز الطبيعي من العوالق، وهي كائنات مجهرية تتضمن الطحالب والكائنات الأولية التي ماتت وتراكت في طبقات المحيطات والأرض وانضغطت هذه البقايا تحت طبقات رسوبية. وعبر آلاف السنين أدى الضغط والحرارة الناتجان عن الطبقات الرسوبية بتحويل هذه المواد العضوية إلى غاز طبيعي. ويعتبر الغاز الطبيعي خليط من الغازات الهيدروكربونية القابلة للاحتراق حيث يتكون أساساً من الميثان، كما يمكن أن يشمل الإيثان والبروبان والبيوتان والبتان. وتكوين الغاز الطبيعي يمكن أن يتفاوت على نطاق واسع.

ولا يختلف الغاز الطبيعي في تكوينه كثيراً عن أنواع الوقود الحفري الأخرى مثل الفحم أو البترول. وحيث أن البترول والغاز الطبيعي يتكونان في نفس الظروف الطبيعية فإن هذين المركبين الهيدروكربونين عادةً ما يتواجدان معاً في حقول تحت الأرض أو تحت الماء. وعموماً فإن الطبقات الرسوبية العضوية المتواجدة في أعماق تتراوح بين 1000 إلى 6000 متر عند درجات حرارة تتراوح بين 60 إلى 150 درجة مئوية تنتج بترولاً. بينما تلك الطبقات الموجودة عند أعماق أكبر وعند درجات حرارة أعلى فإنها تنتج غاز طبيعي. وكلما زاد عمق المصدر كلما كان أكثر جفافاً (أي تقل نسبة المتكثفات في الغاز. وبعد التكون التدريجي في القشرة الأرضية يتسرب الغاز الطبيعي والبترول ببطء إلى حفر صغيرة في الصخور المسامية القريبة التي تعمل كمستودعات لحفظ الخام، ولأن هذه الصخور تكون عادةً مملوءة بالمياه، فإن البترول والغاز الطبيعي - وكلاهما أخف من الماء وأقل كثافة من الصخور المحيطة - ينتقلان لأعلى عبر القشرة الأرضية لمسافات طويلة أحياناً. وفي النهاية تُحبس بعض هذه المواد الهيدروكربونية المنتقلة لأعلى في طبقة لا مسامية (غير منفذة للماء) من الصخور تُعرف بصخور الغطاء ولأن الغاز الطبيعي أخف من البترول فيقوم بتكوين طبقة فوق البترول تسمى غطاء الغاز. ولا بد أن يصاحب البترول غاز يسمى بالغاز المصاحب، كذلك تحتوي مناجم الفحم على كميات من الميثان المُكوّن الرئيسي للغاز الطبيعي وفي طبقات الفحم الرسوبية يتشتت الميثان غالباً خلال مسام وشقوق المنجم، يسمى هذا النوع عادة بميثان مناجم الفحم.

والغاز الطبيعي عديم اللون والشكل ولا رائحة له في صورته النقية وعندما يحترق فإنه يعطي قدراً كبيراً من الطاقة. خلافاً لبقية أنواع الوقود الحفري، إلا أن الغاز الطبيعي هو أيضاً نظيف وعند حرقه تنبعث منه مستويات أدنى من مركبات يحتمل أن تكون ضارة في الهواء. ونحن بحاجة للطاقة باستمرار، لتدفئة منازلنا، وطهي طعامنا، وتوليد الكهرباء لدينا. هذه هي حاجتنا من الطاقة، ولذلك ارتقى الغاز الطبيعي لمثل هذا المستوى من الأهمية في حياتنا.

ونظراً لارتفاع المستوى المادي للبشر في العالم فقد زاد استهلاكهم من الطاقة بشدة من أجل تسيير السيارات التي تحملهم لأعمالهم، ومن أجل إنتاج الكهرباء التي صارت لا غنى عنها في الحضارة البشرية الحديثة، وأغراض كثيرة بخلاف ذلك. وحيث أن مصادر الطاقة في العالم ناضبة وغير متجددة يُعرّف الاحتياطي المؤكد من البترول أو الغاز الطبيعي لحقل ما بأنه الكمية القابلة للاستخلاص على مدى عمر الحقل في ظل التكنولوجيا والاعتبارات الاقتصادية السائدة. وطبقاً لتعريف مجلة البترول والغاز الأميركية المتخصصة يتم تعريف الاحتياطي المؤكد من الغاز الطبيعي بأنه الكميات التي يمكن استخراجها في ظل ما هو معروف حالياً من الأسعار والتكنولوجيا. أما هيئة سيديجاز الفرنسية فتُعرّفه بأنه الكميات المكتشفة التي يتأكد بقدر معقول من اليقين إمكانية إنتاجها في ظل الظروف الاقتصادية والفنية السائدة. ويُعدّ التعريف الأول الأكثر تحفظاً لذا نجد أن احتياطيات الغاز الطبيعي العالمية في أول يناير عام 1999 طبقاً لتقدير مجلة البترول والغاز تقل بنسبة 7٪ عن تقديرات سيديجاز، بل إن احتياطيات الغاز الطبيعي لمنطقة الشرق الأقصى كانت طبقاً للمجلة تقل بنسبة 30% عن تقديرات سيديجاز. وكلا التعريفين يخضع للتقدير الشخصي أكثر منه لمعايير موضوعية ثابتة يمكن قياسها بدقة. لذا نجد بعض الدول تلجأ للمبالغة في تقدير ما لديها من احتياطيات وتسميها بالمؤكدة لأسباب كثيرة سياسية واقتصادية كالرغبة في الاقتراض بضمان ثروتها البترولية والغازية. وكما أن شركات البترول العالمية تميل أحياناً للمبالغة في التقديرات بهدف تقوية مراكزها المالية أو لتبرير قيامها بالإنتاج بوفرة. أو لتبرير إمكانية التصدير لخارج الدول

المنتجة. ومن أمثلة عدم دقة حسابات احتياطات الثروة البترولية ما قامت به المكسيك من خفض احتياطاتها المؤكدة من الغاز الطبيعي بأكثر من النصف من 64 تريليون قدم مكعب عام 1999 إلى 30 تريليون قدم مكعب في عام 2000. وأيضاً قيام بريطانيا في التسعينات بخفض احتياطاتها المؤكدة من البترول بنفس القدر. ويصل إجمالي احتياطات الغاز الطبيعي في العالم طبقاً لأرقام عام 2005 لحوالي 6112 تريليون قدم مكعب وأكبر احتياطي للغاز الطبيعي في العالم يوجد في روسيا الاتحادية ويبلغ قدره 1680 تريليون قدم مكعب. ويوضح شكل (2-14) صورة لمحطة إنتاج غاز طبيعي.



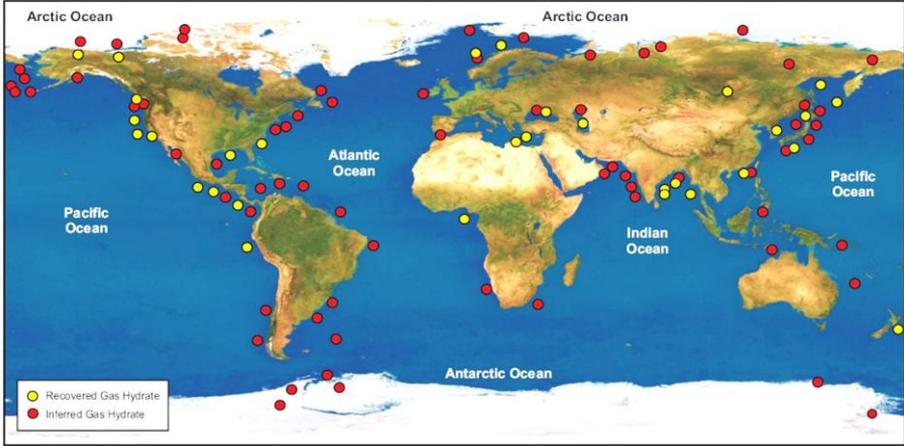
شكل: (2-14) محطة إنتاج غاز طبيعي

ويستخرج الغاز الطبيعي من آبار شبيهة بآبار النفط. ويصنف الغاز الطبيعي إلى غاز مصاحب وغاز غير مصاحب. فإذا تواجد الغاز الطبيعي مع النفط في نفس الحقل سمي بالغاز المصاحب. وإذا كان الحقل يحتوي فقط على الغاز الطبيعي دون النفط سمي بالغاز غير المصاحب. وتقام الكثير من محطات الغاز على مسافة من الشواطئ حيث يتم نقل الغاز بالأنابيب من منصات الإنتاج إلى محطة تجميع على الشاطئ ومنها إلى معمل تكرير الغاز حيث ينقى من الشوائب والمركبات غير المرغوب فيها.

وتوجد حقول الغاز سواء في البحار أو اليابسة .

وتتم معالجة الغاز الطبيعي عبر عمليات كيميائية وفيزيائية مختلفة وذلك اعتماداً على تركيب الغاز الطبيعي. وبالرغم من تكون الغاز من مركبات هيدروكربونية خفيفة لكن قد يحتوي على مركبات غير مرغوب فيها مثل مركبات الكبريت والزرنيق والماء وغيرها. وهذه المركبات يجب التخلص منها أو خفض تركيزاتها إلى المستويات المحددة عالمياً . وفي مرحلة التنقية الأولى، يزال الماء أو أي سوائل أخرى من الغاز في وحدة إزالة السوائل. ثم يتم إزالة الغازات الحمضية من الغاز في وحدة إزالة الغازات الحمضية. ويتم تجفيف الغاز مرة أخرى ثم بعد ذلك يرسل غاز الميثان إلى السوق لمحطات التوزيع أو محطات توليد الطاقة أو غيرها. أما مكونات الغاز الأثقل مثل الإيثان والبروبان والبيوتان فيتم تسيلها على شكل غاز مسال. ويسوق الغاز المسيل كمواد أولية لتصنيع البتروكيماويات أو يعبأ كوقود للسفن ومواقد الطبخ في المنازل . وما يتبقى من الغاز الطبيعي يمكن ضخه عبر شبكة إمداد أو يمكن تسيله بالتبريد والضغط وتسويقه كغاز طبيعي مسيل .

وينقل الغاز الطبيعي بأنابيب كبيرة من محطة الإنتاج إلى محطات التوزيع. والطلب على الغاز الطبيعي يتقلب يومياً وموسمياً، في حين أن واردات الإنتاج وخطوط الأنابيب ثابتة نسبياً على المدى القصير. وتخزين الغاز الطبيعي خلال فترات انخفاض الطلب يساعد على ضمان أن إمداداته تكون كافية ومتاحة خلال فترات ارتفاع الطلب. ويتم تخزين الغاز الطبيعي بكميات كبيرة في منشآت تحت الأرض وبكميات صغيرة في خزانات فوق الأرض وتحتها. وشكل (2-15) يعرض خريطة إنتاج واحتياطي الغاز الطبيعي في العالم.



شكل (2-15): خريطة إنتاج واحتياطي الغاز الطبيعي في العالم.

## 2-8-1 استخدامات الغاز الطبيعي

يستخدم قطاع الطاقة الكهربائية من الغاز الطبيعي لتوليد الكهرباء. ويستخدم القطاع الصناعي الغاز الطبيعي كوقود للتدفئة ولأنظمة الحرارة والطاقة معاً ومادة خام لإنتاج المواد الكيميائية والأسمدة، والهيدروجين. وفي عام 2015، كان الغاز الطبيعي المصدر من حوالي 30٪ من استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي الأمريكي.

ويستخدم القطاع السكني الغاز الطبيعي لتدفئة المباني والمياه ولطهي الطعام ولتجفيف الملابس وما يقرب من نصف المنازل في الولايات المتحدة تستخدم الغاز الطبيعي لهذه الأغراض.

كما يستخدم قطاع نقل الغاز الطبيعي كوقود للتشغيل والضواغط التي تتحرك بالغاز الطبيعي عبر خطوط الأنابيب. وهناك كمية صغيرة نسبياً من الغاز الطبيعي تستخدم كوقود في السيارات في شكل غاز مضغوط أو الغاز الطبيعي المسال.

## 2-8-2 الغاز الطبيعي في مصر

في يناير 2016، بلغ إنتاج مصر اليومي من الغاز 4.5 بليون قدم مكعب وهو ما

يقل عن إجمالي احتياج مصر في مارس 2017 البالغ 6.4 بليون قدم مكعب يومياً (بدون استخدام مصادر أخرى مثل المازوت والنفط). وينمو الطلب على الطاقة في مصر بمعدل 13٪ سنوياً.

وتعد مصر من أولى دول الشرق الأوسط التي يكتشف فيها النفط والذي تحقق في أواخر القرن التاسع عشر، أما بالنسبة للغاز الطبيعي فقد اكتشف أول حقل للغاز في منطقة أبو ماضي في دلتا النيل عام 1967 من قبل شركة بلاعيم للبترول وهي شركة مشتركة بين الهيئة المصرية العامة للبترول والشركة الدولية للنفط، وحدث أول اكتشاف غازي بحري في أبو قير في البحر الأبيض المتوسط عام 1969. تلا ذلك تحقيق عدة اكتشافات منها في القرعة، وقنطرة 1، وخلال 1، وناق، وبورفؤاد، وقار، وقرش. وتعد منطقة البحر المتوسط المنطقة الواعدة في تحقيق الاكتشافات الغازية وعلى الأخص في المياه العميقة، والتي تم فيها اكتشاف حقول، رشيد، سافرون، سيمان، كنج مريوط، واكتشافات أخرى في منطقة الصحراء الغربية وأهمها القصر، الأبيض ومطروح. وقد تم اكتشاف حقل أبي الغرائيق في الصحراء الغربية في عام 1971، وأدت النتائج المُشجِّعة لتلك المرحلة المبكرة لتوسع عمليات البحث في الدلتا والصحراء الغربية وفي مياه البحر المتوسط التي بدأت الاستكشافات الأولية فيها عام 1975، إلا إنه لم تبدأ حملات الاستكشاف المكثفة هناك قبل عام 1995 لتقود للعديد من اكتشافات الغاز البحرية منذ عام 1998 وحتى الآن.

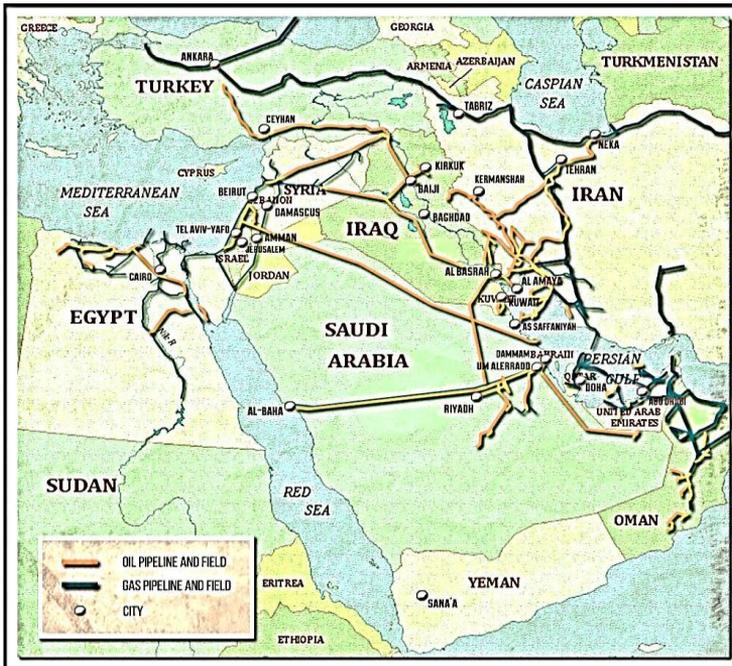
وقد ساهمت هذه الاكتشافات إلى حد كبير في زيادة احتياطي الغاز الطبيعي وزيادة انتاجه اليومي مما ساعد على دخول مصر قائمة الدول المصدرة للغاز المسال وكذلك تصدير الغاز الطبيعي للدول العربية المجاورة من خلال مشروع الخط الغاز العربي وفي الوقت نفسه تعمل مصر على الموازنة بين الطلب المحلي المتزايد والتصدير.

ويذكر بعض المؤرخين أن استخدام البترول الخام بدأ في مصر منذ عهد الفراعنة كوقود للإضاءة في المصابيح كما يتضح على جدران المعابد. ولم يُكتشف الغاز الطبيعي بكميات تصلح للاستغلال التجاري إلا في عام 1967 حين اكتُشِفَ حقل أبو ماضي في وسط الدلتا الذي كان بداية الاستكشافات الكبرى للغاز الطبيعي في مصر.

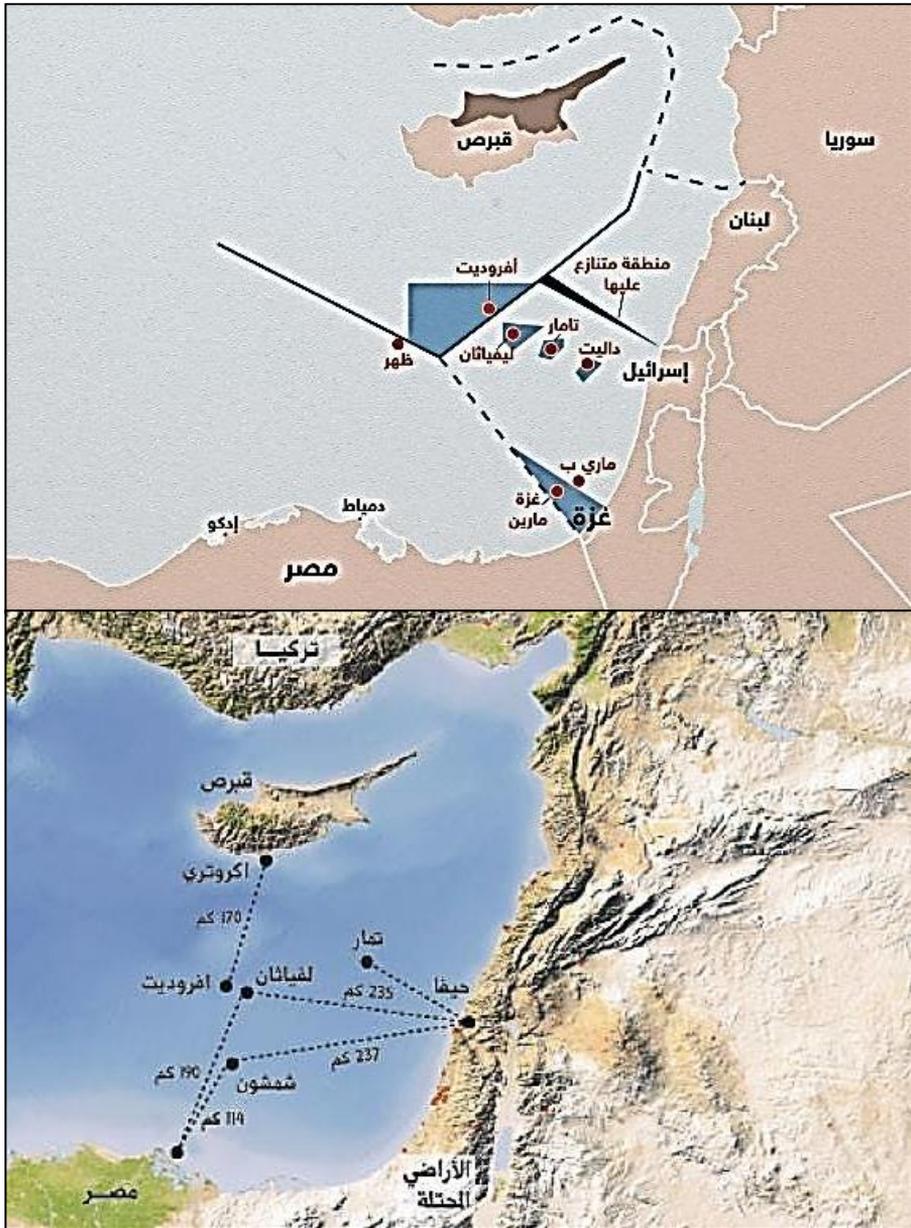
وفي ظل زيادة حجم الغاز المكتشف في مصر في الفترة الاخيرة. وخلال السنوات الماضية، تم اكتشاف حوالي 5 تريليون قدم مكعب سنويا ليصل الاحتياطي المؤكد من الغاز الطبيعي الي 67 تريليون قدم مكعب عام 2006، مقابل 36 تريليون قدم مكعب عام 1999.

وبلغ إجمالي إنتاج الغاز الطبيعي من الحقول في مصر حوالي 2135 مليار قدم مكعب خلال عام 2007، تم توجيه حوالي 1519 مليار قدم مكعب منها للوفاء باحتياجات السوق المحلي بنسبة 71.2%. يستخدم منها حوالي 168 مليار قدم مكعب لعمليات الرفع والحقن بالغاز في الحقول واستخلاص مشتقات الغاز، وتم توجيه حوالي 615 مليار قدم مكعب للتصدير بنسبة 28.8%.

وفي شكل (2-16) خريطة خطوط النفط والغاز الطبيعي في الشرق الأوسط، أما شكل (2-17) يعرض خريطة حقول الغاز في البحر المتوسط.



شكل (2-16): خريطة خطوط النفط والغاز الطبيعي في الشرق الأوسط.



شكل (2-17): خريطة حقول الغاز في البحر المتوسط

## 2- 8- 3 الغاز الطبيعي والبيئة

الغاز الطبيعي لديه العديد من الصفات التي تجعله أعلى كفاءة، ونظيف نسبياً، ومصدر اقتصادي كبير للطاقة. ومع ذلك هناك قضايا البيئة والسلامة المرتبطة بإنتاج واستخدام الغاز الطبيعي.

وحرق الغاز الطبيعي لإنتاج الطاقة يؤدي إلى انبعاث أنواع من الملوثات مثل ثاني أكسيد الكربون لكن بنسبة أقل من الانبعاثات الناتجة عند حرق المصادر الأحفورية الأخرى كالفحم أو المنتجات النفطية . وميزة الحرق النظيف نسبياً للغاز ساهمت في زيادة استخدام الغاز الطبيعي لتوليد الكهرباء وزيادة استخدام الغاز الطبيعي كوقود للنقل.

ويتكون الغاز الطبيعي في معظمه من الميثان والذي هو أحد الغازات الدفيئة لذلك فإن تسرب بعض الغاز الطبيعي إلى الغلاف الجوي والناتج من آبار النفط والغاز الطبيعي وصهاريج التخزين أو خطوط الأنابيب ومحطات المعالجة يؤدي ذلك إلى زيادة في ظاهرة الاحتباس الحراري. وفي عمليات إنتاج النفط والغاز الطبيعي تتم محاولة منع تسرب الغاز الطبيعي . وفي بعض مناطق الإنتاج تكون كمية الغاز قليلة وعملية نقل الغاز غير مجدية اقتصادياً فيتم اشعال و حرق الغاز في مواقع الآبار ويعتبر هذا أكثر أمناً من إطلاق غاز الميثان في الغلاف الجوي حيث أن غاز ثاني أكسيد الكربون أقل كثيراً في زيادة الاحتباس الحراري من الميثان.

وعند استكشاف الجيولوجيين لإحتياطي الغاز الطبيعي تحت الأرض، فإنهم قد يضطروا إلى إزالة الغطاء النباتي والتربة لعمل طرق لسيارات النقل والشاحنات. فبئر للغاز الطبيعي المستكشف على الأرض يتطلب تجهيز المنطقة المحيطة وتركيب معدات الحفر وأنشطة الحفر ينتج منها بعض ملوثات الهواء ويضر ذلك بالحياة البرية والموارد المائية . ونظراً للحاجة إلى خطوط أنابيب لنقل الغاز الطبيعي من الآبار فذلك يتطلب عادة حفر الأراضي لدفن هذه الأنابيب. وإنتاج الغاز الطبيعي يمكن أن يؤدي أيضاً إلى إنتاج كميات كبيرة من المياه الملوثة . هذه المياه لا بد من التعامل معها بشكل صحيح وتخزينها ومعالجتها بحيث لا تلوث الأرض أو المياه النقية.

وعلى الرغم من أن الغاز الطبيعي الذي يستخدمه الناس كوقود تتم معالجته بحيث يكون أساسا الميثان والغاز الطبيعي غير المعالج قد يحتوي على العديد من المركبات الأخرى، بما في ذلك كبريتيد الهيدروجين، وهو غاز سام جدا فمع التركيزات العالية من كبريتيد الهيدروجين وأثناء حرق الغاز الطبيعي ينتج ثاني وأول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين، والعديد من المركبات الأخرى اعتمادا على التركيب الكيميائي للغاز الطبيعي. وغالبا ما تستخدم المحركات لتشغيل المعدات والضواغط التي تنتج ملوثات للمياه إضافة إلى التلوث الضوضائي. وتقنيات الحفر الحديثة للغاز الطبيعي خفضت من نسب هذا التلوث الناتج في المنطقة المحيطة بحقل الغاز. وكذلك تقنيات الحفر الأفقي والاتجاهي تجعل من الممكن إنتاج الغاز الطبيعي أكثر من بئر واحد بخلاف ما كان عليه في الماضي ولذلك تكون الحاجة لعدد أقل من الآبار لتطوير حقل الغاز الطبيعي. كما أن التكسير الهيدروليكي في الصخر والحجر الرملي والتكوينات الصخرية الكربونية تكشف احتياطيات كبيرة من الغاز الطبيعي التي كانت في السابق مكلفة للغاية للقيام بها.

والتكسير ينطوي على ضخ السوائل تحت ضغط عال في البئر لكسر الصخور، والتي تسمح للغاز الطبيعي للهروب من الصخور، لكن هناك بعض المخاوف البيئية المحتملة المرتبطة بإنتاج الغاز الطبيعي باستخدام هذه التقنية حيث أن شق الآبار يتطلب كميات كبيرة من المياه. وفي بعض الأماكن استخدام كميات كبيرة من المياه لإنتاج الغاز الصخري قد يؤثر على توافر المياه للاستخدامات الأخرى في هذه المنطقة وتؤثر على المصادر المائية بها. وأحيانا سوائل التكسير الهيدروليكية قد تحتوي على بعض المواد الكيميائية الخطرة التي قد تنطلق من انسكاب أو تسرب السائل نتيجة التركيبات الخاطئة أو الحفر مما يؤثر على المنطقة المحيطة.

والتكسير الهيدروليكي ينتج أيضا كميات كبيرة من مياه الصرف والتي تحتوي على مواد كيميائية مذابة وبعض الملوثات الأخرى التي تحتاج إلى عمليات معقدة من

المعالجة قبل التخلص منها أو إعادة استخدامها . ووفقاً لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية عملية التكسير الهيدروليكية تسبب زلازل صغيرة ولكن هذه الزلازل دائماً أصغر من أن تشكل مصدرًا للقلق. وعند استخراج الغاز الطبيعي فإن سوائل التكسير والمياه المياه المستخدمة تعود إلى السطح ويتم التخلص منها في كثير من الأحيان من عن طريق الحقن في الآبار العميقة. وحقن المياه العادمة إلى باطن الأرض يمكن أن يسبب خللاً في توازن الطبقة الصخرية وتحدث زلازلاً كبيرة بما فيه الكفاية لتسبب أضراراً بالإنسان والمنطقة الحداث بها الزلزال.

وأحياناً يتسرب الغاز الطبيعي إلى الغلاف الجوي أثناء وبعد حفر الآبار وتسرب الغاز الطبيعي يمكن أن يسبب اشتعاله وانفجاره في الهواء. وهناك لوائح حكومية صارمة ومعايير صناعة يجب العمل بها لضمان نقل وتخزين وتوزيع واستخدام آمن للغاز الطبيعي. والغاز الطبيعي ليس له رائحة وشركات الغاز الطبيعي تضيف مادة ذات رائحة قوية للغاز الطبيعي بحيث يمكن للناس أن تشعر به عند التسرب .

## 2-9 الفحم

يُعد الفحم من وسائل إنتاج الطاقة الرئيسيّة في العالم، كما يُعدّ مقياساً لتطوّر الدول وتقدمها، وقد اكتشفه الإنسان منذ قديم الزمان وسخّره لخدمته . ويتكوّن الفحم بشكل أساسي من عنصر الكربون مع وجود بعض العناصر القليلة الأخرى. ويوجد نوعان أساسيان من الفحم حسب طريقة التكوّن ونوعيّة المواد الموجودة فيه وهما الفحم الحجري، والفحم النباتي .

## 2-9-1 الفحم الحجري

الفحم الحجري، صخر أسود أو بني اللون قابل للاشتعال والاحتراق. وعند احتراق الفحم الحجري فإنه يعطي طاقة على شكل حرارة. ويمكن استعمال الحرارة الصادرة عن احتراق الفحم الحجري في تدفئة المنازل، وفي عمل منتجات عديدة مختلفة. ولكن الاستخدام الأساسي لهذه الحرارة هو في إنتاج الكهرباء في محطات توليد الطاقة الكهربائية. وتعطي معامل إنتاج الطاقة باحتراق الفحم الحجري ثلثي الكهرباء المستهلكة في العالم. ويستعمل الفحم الحجري كذلك في إنتاج فحم الكوك

وهو مادة خام أساسية في صناعة الحديد وال فولاذ. وتنتج مواد أخرى عن عملية إنتاج فحم الكوك، يمكن استعمالها بدورها في صناعة بعض المنتجات كالأدوية والأصبغ والأسمدة.

وكان الفحم الحجري في فترة ماضية المصدر الرئيسي للطاقة في جميع البلدان الصناعية. وقد أنتجت المحركات العاملة بالبخار الناتج عن احتراق الفحم الحجري معظم القدرة اللازمة لهذه البلدان منذ بداية القرن التاسع عشر وحتى القرن العشرين. ومنذ بداية القرن العشرين، أصبح النفط والغاز الطبيعي المصدرين الرئيسيين للطاقة في معظم أرجاء العالم. وعلى نقيض الفحم الحجري. فإن النفط يحول إلى مواد وقود أخرى لازمة لتشغيل وسائل المواصلات الحديثة. وقد حل استعمال الغاز الطبيعي محل الفحم الحجري لتوليد الطاقة الحرارية. ولكن يجرى حالياً استهلاك موارد العالم من النفط والغاز الطبيعي بسرعة. وإذا ما استمر الاستهلاك بالمستوى الحالي فإن موارد النفط قد تستهلك وتنضب في منتصف القرن الحادي والعشرين. كما أن موارد الغاز الطبيعي ستنضب بدورها في أواخر القرن الحادي والعشرين. أما مصادر العالم من الفحم الحجري فهي باقية ومستمرة إلى حوالي 220 سنة مقبلة وذلك وفق معدلات الاستهلاك الحالية.

وقد يسدُّ الاستعمال المتنامي للفحم الحجري في إنتاج الكهرباء، بشكل خاص، النقص المتزايد لكل من الغاز والنفط. ومع ذلك فإن استعمال الفحم الحجري يحمل في طياته مشاكل من نوع خاص، إذ أن احتراقه يشكل سبباً رئيسياً لتلوث الهواء. وقد طُوِّرت وسائل عديدة للتقليل من التلوث ولكنها مكلفة ولم تثبت جدواها حتى الآن. ولا بد من تحسين هذه الطرق والأساليب قبل التوسع الكبير في استعمال الفحم الحجري. وبالإضافة لهذا فإن بعض الفحم الحجري يوجد عند أعماق كبيرة تحت سطح الأرض، حيث يصعب استخراجها.

وفي الماضي كانت الوظائف التي تعد أكثر خطورة وصعوبة من وظيفة عامل في منجم فحم حجري تحت سطح الأرض قليلة. ففي القرن التاسع عشر الميلادي كان على العديد من عمال المناجم أن يعملوا عشر ساعات يومياً تحت الأرض ولمدة ستة

أيام كل أسبوع. وقد كانت المعاول هي الأدوات الوحيدة التي تستعمل في تكسير وتفتيت الفحم الحجري. وكان على عمال مناجم الفحم الحجري أن يجرفوا الفحم الحجري المتفتت ويحمله في عربات. وفي حالات عديدة كان الأطفال دون سن العاشرة يجزؤون عربات الفحم الحجري من المناجم. كما عملت النساء في عمليات التحميل والنقل بالعربات. ومع مرور الزمن فقد الآلاف من الرجال والنساء والأطفال حياتهم في حوادث المناجم. كما مات آلاف آخرون جرّاء إصابتهم بأمراض الرئتين بسبب استنشاق رماد الفحم الحجري طوال حياتهم العملية في المناجم.

وتنفذ الآلات هذه الأيام معظم الأعمال في مناجم الفحم الحجري، كما تحسنت إجراءات الأمان في المناجم، وقلّت ساعات العمل، وتم حظر تشغيل الأطفال في المناجم قبل نهاية القرن التاسع عشر الميلادي. وانخفضت نسبة الوفيات بسبب حوادث المناجم بصورة كبيرة في القرن العشرين. وفي كل هذه الأحوال فإن مهنة تعدين الفحم الحجري من مناجمه مازالت مهنة المخاطر. وشكل (2-18) يعرض صورة للفحم الحجري.



شكل: (2-18) فحم حجري

## 2-9-2 تاريخ الفحم الحجري وتطور إنتاجه

لا أحد يعرف أين ومتى اكتشف الإنسان أن احتراق الفحم الحجري يصدر حرارة. وربما تم هذا الاكتشاف بصورة مستقلة أو بشكل انفرادي في أجزاء عديدة مختلفة من العالم منذ أزمنة بعيدة. ويذكر أن الصينيون أول من طوّر صناعة الفحم الحجري. وبحلول القرن الرابع الميلادي، كان الصينيون قد بدأوا تعدينه من رواسبه السطحية، ومن ثم استعملوه في تدفئة المنازل وصهر المعادن. وفي القرن الحادي عشر الميلادي أصبح الفحم الحجري الوقود الرئيسي في الصين.

وتقدم تعدين الفحم الحجري بهدف التجارة والكسب ببطء أكثر في أوروبا. وخلال القرن الثالث عشر الميلادي بدأ إنشاء عدد من مناجم الفحم الحجري التجارية في إنجلترا وفيما يسمى الآن ببلجيكا. وكان الفحم الحجري يُستخرج من مناجم صغيرة مكشوفة حفرت لهذا الغرض، ومن ثم يتم استعماله أساسًا في عمليات صهر وطرق المعادن. وقد اعتبر بعض الأوروبيين الفحم الحجري وقودًا ملوثًا ورفضوا استخدامه.

وخلال القرن السادس عشر الميلادي، استهلكت المصانع في إنجلترا كميات كبيرة من الفحم النباتي في مصانع بعض المنتجات كالطوب والزجاج وملح الطعام والصابون. وكان الخشب والفحم النباتي المصنوع منه هما الوقودين المفضلين في أوروبا حتى بداية القرن السابع عشر الميلادي. وأثناء هذه الأعوام حصل نقصان حاد للخشب في غربي أوروبا، لهذا عمدت أقطار أوروبا الغربية وخاصة إنجلترا إلى زيادة إنتاجها من الفحم الحجري بشكل مكثف للتغلب على أزمة نقصان مادة الوقود، حيث أصبح الخشب نادرًا جدًا في إنجلترا، إلى درجة أن معظم المصانع لم تجد بُدًا من التحول إلى الفحم الحجري. وفي نهاية القرن أنتجت إنجلترا حوالي 80% من مجموع إنتاج العالم من الفحم الحجري. وبعد ذلك بقيت إنجلترا الرائدة في إنتاج الفحم الحجري لفترة حوالي مائتي عام.

وقد استُعمل الفحم النباتي على نطاق واسع في إنجلترا وقودًا في عمليات تجفيف الملتّ وهو الشعير المنقوع في الماء والذي يشكل المادة الأساسية في شراب الجعة

أي الخمر. وحاول منتجوا الجعة استعمال الفحم الحجري في هذه العملية ولكن الملت كان يمتص غازاته، الأمر الذي أفسد مذاق الجعة. وأدرك منتجوا الجعة أن غازات الفحم الحجري غير المرغوبة يمكن إزالتها إذا تم تسخينه مسبقاً في أفران محكمة الإغلاق. ولم يدركوا أنهم بهذا يطورون عملية إنتاج الكوك من الفحم الحجري. وفي القرن الثامن عشر الميلادي، نجح منتج حديد إنجليزي اسمه أبراهام داربي في استعمال الكوك ليصهر الحديد. وبعد ذلك حل الكوك تدريجياً محل الفحم النباتي كوقود مفضل في عمليات إنتاج الحديد.

وإن انتشار طريقة إنتاج الحديد الجديدة هذه أصبحت جزءاً من تطور كبير حدث في إنجلترا وهو الثورة الصناعية. تمثلت هذه الثورة بشكل رئيسي في زيادة إنتاج المصانع بصورة هائلة. وقد ساهم تطور الآلة البخارية في إنجلترا في القرن الثامن عشر الميلادي في زيادة إنتاج المصانع إلى حد كبير. وكما وفرت المحركات البخارية القدرة اللازمة لتشغيل آلات المصانع. وتتطلب المحركات البخارية إمداداً كبيراً من الطاقة التي شكّل الفحم الحجري الوقود الوحيد المتاح لتأمينها في ذلك الوقت.

خلال القرن التاسع عشر الميلادي امتدت الثورة الصناعية من إنجلترا إلى أجزاء أخرى في العالم. ونجحت هذه الثورة بشكل خاص في الأقطار التي تمتلك كميات وفيرة من الفحم الحجري. وهكذا أدى الفحم الحجري الدور الرئيسي في نمو الصناعة خلال تلك الفترة في أوروبا وأمريكا الشمالية.

وأصبح الفحم الحجري ضرورياً ليس فقط من أجل التصنيع والمصانع بل في وسائل المواصلات أيضاً حين أصبحت السفن التجارية والآلات البخارية الأخرى هي وسائل المواصلات الرئيسية. وقد تطلب ذلك الحصول على كميات ضخمة من الفحم الحجري لوسائل المواصلات البخارية كوقود لغلاياتها. وكما نمت الصناعة ووسائل المواصلات في الولايات المتحدة، فقد نما أيضاً بشكل مواز إنتاج الفحم الحجري. وفي بداية القرن التاسع عشر الميلادي كان هناك عدد قليل من مناجم الفحم الحجري واستعمالاته في الولايات المتحدة. وفي أواخره حلت الولايات المتحدة محل إنجلترا كبلد رائد في إنتاجه في العالم. وبقيت الولايات المتحدة رائدة

في إنتاج الفحم الحجري حتى أواسط القرن العشرين، حين هبط احتياجها منه مع ازدياد استعمال النفط والغاز الطبيعي. وقد تفوق الاتحاد السوفيتي سابقاً على الولايات المتحدة في إنتاج الفحم الحجري منذ أواخر خمسينيات القرن العشرين إلى أواخر السبعينيات. وفي الثمانينيات أصبحت الصين في المركز الأول تليها الولايات المتحدة في المركز الثاني.

وقد أدت الندرة المتنامية للنفط والغاز الطبيعي إلى ارتفاع حاد في طلب الفحم الحجري. ونتيجة لهذا ازداد إنتاج العالم من الفحم الحجري بشكل كبير منذ عام 1970م حتى عام 1980م. وقد استُهلك الإنتاج الزائد منه لإنتاج الكهرباء بشكل رئيسي.

وفي الوقت الراهن يتم إنتاج الكهرباء باستخدام الفحم الحجري وقوداً بتكلفة أقل من إنتاجها باستعمال الغاز الطبيعي أو زيت الوقود. ومع ذلك فإن تكلفة الفحم الحجري المستخدم في إنتاج الكهرباء ستزداد بالتأكيد لعدة أسباب. ومن أجل المحافظة على البيئة، والوصول إلى شروط بيئية مثالية فإن معامل إنتاج القدرة الكهربائية التي تقوم بحرق فحم حجري ذو محتوى متوسط أو محتوي عالٍ من الكبريت عليها أن تنفق أموالاً طائلة لإنشاء معامل لغسل ثاني أكسيد الكبريت للحصول على فحم حجري ذي محتوى قليل من الكبريت. ويجب على معامل إنتاج القدرة الكهربائية إنفاق المال اللازم لاستيراده من مواطن إنتاجه الرئيسية. وعند استهلاك ترسبات الفحم الحجري القريبة من سطح الأرض يتعين حفر مناجم أعمق، وبالتأكيد فإن التكلفة العالية اللازمة لتشغيل المناجم بالغة العمق ستضاف إلى أسعاره.

ويضع منتجوا القدرة الكهربائية كغيرهم من رجال الأعمال زيادة التكلفة على المستهلك. وهكذا نرى أنه ومع توفر الفحم الحجري فإن الطاقة التي يعتمد إنتاجها عليه ستكون مكلفة بإطراد.

## 2-9-3 كيف تكون الفحم الحجري؟

يعتقد أن الفحم الحجري تكون من بقايا نباتات ماتت ودفنت قبل ملايين السنين. ولهذا فإن الفحم الحجري يمكن اعتباره وقودًا أحفوريًا. ويعتقد أن النباتات التي شكلت الفحم الحجري قد نمت في مستنقعات. وعند موت النباتات تشكلت بالتدريج طبقة سميكة من مادة النبات فوق قاع المستنقع. ثم أخذت تلك المادة تتصلب مع الزمن وتحوّل إلى مادة أخرى تسمى الخث وهو نسيج نباتي متفحم. ومع مرور الزمن أصبحت رواسب الخث مدفونة تحت الرمال والمعادن الأخرى. وبتراكم المادة المعدنية فإن بعضًا منها قد تحوّل إلى صخر كحجر الرمل والطفّل. وبتزايد ثقل الطبقات الصخرية وثقل المواد الأخرى الفوقية بدأ تحوّل الخث إلى فحم حجري. ويطلق على الفحم الحجري والحجر الرملي والصخور الأخرى التي تشكلت من مواد مترسبة اسم الصخور الرسوبية.

تنتج المرحلة الأولى من مراحل تكوين الفحم الحجري فحمًا بنيًا داكن اللون يسمى اللجنيت خشب متمعدن. ويأتي اللجنيت من ترسبات الخث المدفونة الواقعة تحت ضغط شديد آت من ثقل المواد التي تعلو ترسبات الخث، وكذلك من تأثير الحركات الداخلية لقشرة الأرض. وباستمرار زيادة الضغط يتحول اللجنيت إلى فحم أكثر صلابة يسمى الفحم تحت القاري أو تحت الحمري. وتحت ضغوط أعظم يتحول الفحم شبه القاري إلى فحم أشد صلابة وقوة يسمى الفحم القاري أو الحمري. وتحت تأثير ضغوط بالغة الشدة يتغير الفحم القاري إلى فحم الأنتراسيت، وهو أكثر أنواع الفحم الحجري صلابة.

وفي معظم الحالات يكون الأنتراسيت هو أقدم أنواع الفحم عمرا كما يكون اللجنيت أحدثها عمراً بين أنواع الفحم الأخرى. وقد بدأت بعض أنواع الأنتراسيت بالتشكل قبل ما يزيد على 400 مليون عام. بينما تشكلت بعض أنواع اللجنيت خلال المليون عام الماضية. وأعظم عصر تشكل فيه الفحم الحجري كان أثناء حقبة من تاريخ الأرض تعرف بالعصر الكربوني، وذلك قبل حوالي 290-360 مليون عام. وقد غطت المستنقعات أجزاء كبيرة من سطح الأرض أثناء ذلك العصر. كما نمت

نباتات السراخس الطويلة، والنباتات شبيهة الأشجار في هذه المستنقعات وأنتجت بعد موتها كميات ضخمة من المادة المكوّنة للخث. وتعرف الآن ترسبات وفيرة من الفحم القاري تطورت عن كميات هائلة من ترسبات الخث التي تشكلت أثناء العصر الكربوني. ويستلزم حوالي 1-2 متر من مادة النبات المضغوط لإنتاج طبقة ذات سمك 0.3 متر فحم البتومين.

ولاتزال المواد النباتية تتراكم في بيئات ملائمة لتشكيل الفحم الحجري كبيئات أراضي المستنقعات الواسعة مثل أرض الإفرجليدز في جنوبي فلوريدا في الولايات المتحدة الأمريكية. ويمكن أن يتطور تشكيل الخث في ظروف ملائمة من المواد النباتية المتراكمة، ثم يتحول بعد مئات آلاف السنين إلى أنواع أخرى مختلفة من الفحم الحجري.

وتسمى طبقات الفحم الحجري راقات الفحم الحجري أو عروق الفحم الحجري. ويتراوح سمك هذه الراقات بين أقل من 2.5 سم و120 م أو أكثر. وتتكون راقات الفحم الحجري الأكثر سمكاً من أنواع شبه قارية أو أنواع لجنتية. ويتألف العديد من رواسب الفحم الحجري من راقين أو أكثر يكونان منفصلين بعضهما عن بعض بطبقات صخرية. ونشأت هذه التكوينات بواسطة مستنقعات ملائمة جديدة مُشكّلة للفحم الحجري تطورت فوق مستنقعات أخرى مدفونة. وكل مستنقع جديد أصبح مدفوناً تطور إلى راق من الفحم الحجري المستقل.

وتقع بعض طبقات الفحم الحجري موازية لسطح الأرض تقريباً. وتكون طبقات أخرى مائلة بفعل الحركات الأرضية وتوجد بزوايا مائلة مع سطح الأرض. وعادة ما تتكون طبقات الفحم الحجري العميقة من فحوم الأنتراسيت القار. وفي حالات عديدة نجد أن الحركات الأرضية قد قامت برفع طبقات فحوم الأنتراسيت القار العميقة إلى وضع قريب من سطح الأرض. وتعتبر مثل هذه الحركات الأرضية مسؤولة أيضاً عن وجود راقات فحمية في التلال والجبال.

## 2-9-4 أنواع الفحم الحجري

تعتمد طريقة استخدام الفحم الحجري على تركيبه الكيميائي ومحتوى الرطوبة فيه. وغالبًا ما يشار إلى الفحم الحجري كمعدن، إلا أنه ليس معدنًا حقيقيًا، إذ ليس له تركيب كيميائي ثابت. وتتركب كل الفحم الحجري من أجسام صلبة معينة ومن رطوبة. أما الأجسام الصلبة فتتركب أساسًا من عناصر الكربون والهيدروجين والنيتروجين والأكسجين والكبريت. ولكن الفحم الحجري تتباين كثيرًا من حيث محتواها من هذه العناصر، وكذلك من حيث محتواها من الرطوبة. وفي الحقيقة لا يوجد ترسبان من الفحم الحجري متشابهان تمامًا من حيث التركيب.

وتصنف الفحم الحجري عادة طبقًا لكمية محتواها من الكربون. وعليه تُجمع الفحم الحجري في أربعة أصناف أو رتب رئيسية هي:

- الأنتراسيتات.
- الفحم الحمري أو القارية.
- الفحم تحت الحمري أو تحت القارية.
- اللجنيتات أو الفحم البنية اللون.

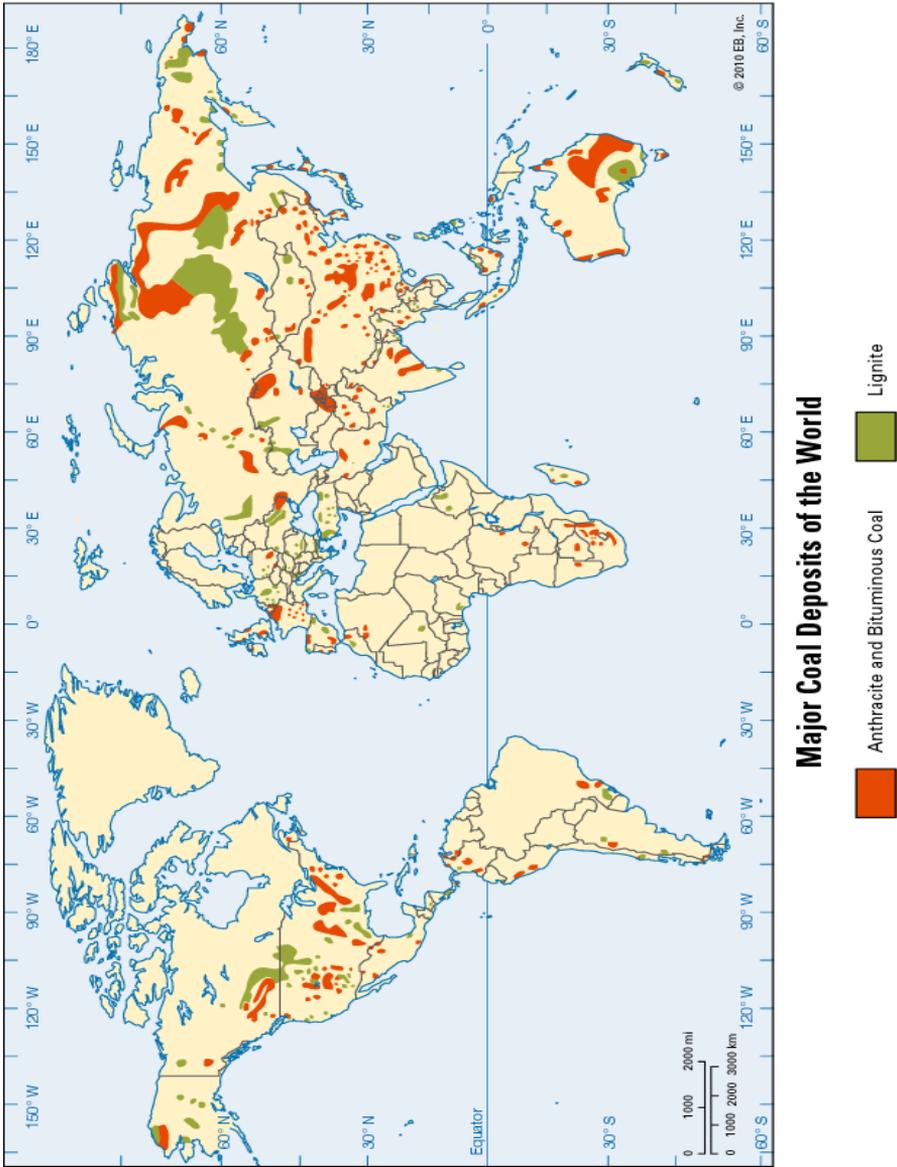
ويتناقص محتوى الكربون في الفحم الحجري مع تدني رتبها. فالأنتراسيتات ذات الرتبة الأعلى تحتوي على حوالي 98% من عنصر الكربون، بينما يحتوي اللجنيت ذو الرتبة الأدنى على حوالي 30% من عنصر الكربون. أما كمية الرطوبة في الفحم الحجري فتتزايد عكسيًا مع تدني رتبها في الفحم تحت القارية واللجنيتات. وتحتوي الفحم الأخيرة على طاقة حرارية أقل من الطاقة الحرارية في كل من الأنتراسيتات والفحم القارية.

ويشار إلى الطاقة الحرارية على أنها كمية الحرارة الناتجة عن احتراق مقدار مُعَيَّن من الفحم الحجري. والفحم الحمري من الفحم الأكثر وفرة، كما أنها الأكثر استخدامًا من بين رتب الفحم الحجري الرئيسية. وهي ذات طاقة حرارية أعلى قليلًا مما تنتجه فحوم الأنتراسيتات، وهي الفحم الوحيدة الملائمة لإنتاج الكوك. أما

الأنتراسيتات فهي صعبة الاشتعال كما أنها بطيئة الاحتراق لا تناسب الطرق الحديثة المعتادة لإنتاج الطاقة الكهربائية من الفحم الحجري. كما أنها الأقل وفرة من بين رتب الفحم الحجرية الأربع.

## **2- 5-9 استخدامات الفحم الحجري**

يستعمل الفحم الحجري بكثرة في مناطق من قارتي آسيا وأوروبا في تدفئة المنازل والمباني الأخرى. وفي الولايات المتحدة حل الغاز الطبيعي والنفط محل الفحم الحجري كوقود للتدفئة. ومع ذلك فإن ارتفاع تكلفة النفط والغاز الطبيعي قد أدت ببعض المصانع والمباني التجارية إلى العودة إلى استخدام الفحم الحجري. والأنتراسيتات من أكثر الفحم المحترقة نظافة ولذلك فهي المفضلة في عملية تدفئة المنازل مع أنها الأكثر تكلفة. ولهذا السبب تُفضل الفحم القارية على الأنتراسيتات في استخدامها لتدفئة المصانع والمباني التجارية الأخرى. والفحم تحت القارية واللجنيتات ذات معدلات حرارية منخفضة، ولذا يتعين إحراقها بكميات كبيرة من أجل توليد الحرارة بفعالية كافية. ونتيجة لذلك يندر استخدامها في أعمال التدفئة والتسخين. وشكل (2-19) يعرض خريطة الفحم في العالم.



شكل (2-19): خريطة الفحم في العالم.

وقد استخدم الفحم الحجري في الماضي من أجل الحصول على الحرارة اللازمة لصناعة منتجات كثيرة تتفاوت من صناعة الزجاج إلى صناعة الأطعمة المعلبة. ومنذ بدايات القرن العشرين عمد أرباب الصناعة إلى تفضيل استعمال الغاز الطبيعي لصناعة معظم منتجاتهم. أما الاستخدامات الرئيسية للفحم الحجري فاقترنت على صناعات الإسمنت والورق، ومع ذلك تحولت بعض الصناعات إلى الفحم الحجري تفاديًا لأسعار الغاز الطبيعي المرتفعة. ويعتبر الفحم الحجري وقودًا نافعًا بسبب وفرته واحتوائه على قيمة حرارية عالية نسبيًا. ومع ذلك يحتوي الفحم الحجري على شوائب معينة تحد من صلاحية استعماله كوقود. تشمل هذه الشوائب عنصر الكبريت ومعادن أخرى متنوعة. ولدى احتراق الفحم الحجري فإن معظم عنصر الكبريت يتحد مع عنصر الأكسجين ويكونان غازًا سامًا هو غاز ثاني أكسيد الكبريت. أما معظم المعادن الأخرى فتتحول إلى رماد. وتشير صناعة الفحم الحجري إلى المواد المنتجة للرماد باسم رماد حتى قبل احتراق الفحم الحجري. في شكل (2-20) نقل الفحم بالقطارات بالولايات المتحدة الأمريكية.



شكل (2-20): نقل الفحم بالقطارات – الولايات المتحدة الأمريكية

وتحتوي بعض الفحم الحجري على أقل من 1٪ من عنصر الكبريت. وهذه الفحم ذات المحتوى القليل من عنصر الكبريت يمكن حرقها بكميات كبيرة وبدون إطلاق كميات ضارة من غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى الهواء إلا أن هناك فحومًا حجرية عديدة تحتوي على ما يزيد على 1٪ من عنصر الكبريت. وتسبب هذه الفحم الحجري ذات المحتوى المتوسط وذات المحتوى العالي من عنصر الكبريت تلوثًا خطيرًا للهواء إذا أُحرقَت بكميات كبيرة دون أخذ تدابير الأمان المناسبة. وقد حدث صعوبة وارتفاع تكلفة تطوير تدابير الأمان من استعمال الفحم الحجري كوقود. كما أن بعض الرماد الناتج عن احتراق مسحوق الفحم الحجري قد يتسرب في الهواء ويلوثه شأنه في هذا شأن غاز ثاني أكسيد الكبريت السالف الذكر. وعلى كل حال فقد جرى تطوير أدوات وأجهزة يمكنها حجز الرماد المتطاير من احتراق الفحم الحجري في عوادم الدخان الأمر الذي يحول دون تسربه إلى الهواء، ومن ثم تلويث الهواء. ويتركز استعمال الفحم الحجري كوقود بشكل رئيسي لإنتاج القدرة الكهربائية.

والغالبية العظمى من محطات القدرة الكهربائية محطات توربينية بخارية. وكل محطات توليد القدرة النووية وكل المحطات الأخرى التي تعمل بوقود الفحم الحجري أو الغاز أو الزيت هي أيضًا محطات توربينية بخارية. وتستعمل هذه المحطات بخارًا مضغوطًا بقوة ويدير بدوره عجلات التوربينات والتي بدورها تحرك المولدات التي تنتج القدرة الكهربائية. وتتباين المحطات التوربينية البخارية بشكل رئيسي فيما بينها، وذلك في كيفية توليد الحرارة اللازمة لإنتاج البخار. فالمعامل النووية تولد الحرارة عن انشطار ذرات عنصر اليورانيوم. أما المعامل الأخرى فتقوم على احتراق الفحم الحجري أو الغاز أو النفط وقد بقيت الفحم الحمرية (القارية) والفحم الحجري هي المفضلة لتوليد القدرة الكهربائية لأنها الفحم الأكثر وفرة، ولأنها ذات القيمة الحرارية الأعلى من بين الفحم الأخرى كالفحم تحت القارية واللجنيت التي تحتوي على القيمة الحرارية الأدنى من بين الفحم.

## 2-9-6 فحم الكوك

تصلح المواد المنتجة من الفحم الحجري كمواد خام في الصناعة. ويعد الكوك الأكثر انتشاراً من حيث استخدامه من بين هذه المواد، وينتج الكوك من تسخين الفحم القاري إلى درجة حرارة 1100°م تقريباً في فرن محكم الإغلاق. فيحول عدم توفر الأوكسجين داخل الفرن دون احتراق الفحم الحجري، وتقوم الحرارة بتحويل بعض الأجسام الصلبة في الفحم الحجري إلى غازات. أما المواد الصلبة المتبقية فهي فحم الكوك وهو كتلة صلبة على هيئة كتل من الكربون الخالص تقريباً. ويلزم 1.5 طن متري من الفحم القاري لإنتاج طن متري واحد من فحم الكوك. ولكي يكون الفحم الحجري مناسباً لإنتاج الكوك يجب أن يحمل الفحم خصائص متنوعة مثل احتوائه على قليل من عنصر الكبريت وكمية محددة من الرماد. وهناك أنواع خاصة من الفحم القاري فقط تحمل هذه الصفات والخصائص الضرورية.

ومعظم معامل الكوك أجزاء ملحقة بمصانع الفولاذ. وتقوم مصانع الفولاذ بحرق الكوك مع خام الحديد وحجر الجير وذلك لتحويل خام الحديد إلى حديد نقي لازم لإنتاج الفولاذ. ويلزم حوالي نصف طن متري من الكوك لإنتاج 0.9 طن متري من الحديد النقي. ولوصف دور الكوك في عملية إنتاج الحديد يطلق على عملية إنتاج الكوك اسم الكربنة، حيث تتحول بعض الغازات الناتجة خلال عملية الكربنة بعد أن تبرد إلى أمونيا سائلة وقطران الفحم الحجري. وفي عمليات لاحقة تتحول بعض الغازات المتبقية إلى زيت خفيف. ويستخدم الصناعات الأمونيا وقطران الفحم الحجري والزيت الخفيف في إنتاج الأدوية والأصبغ والأسمدة. كما يستعمل قطران الفحم الحجري أيضاً في أعمال أسطح المنازل ورصف الطرق. ويصبح بعض الغاز المنتج أثناء عملية الكربنة سائلاً، ويعرف بغاز الفحم الحجري أو غاز فرن الكوك. وهو يحترق مثل الغاز الطبيعي ولكنه ذو قيمة حرارية أقل، ويطلق كميات كبيرة من السناج (دقائق الكربون) عند احتراقه. وفي العادة يتم استهلاك غاز الفحم الحجري هذا، وبشكل رئيسي، داخل المعامل التي تنتجه حيث يستخدم في توليد الحرارة اللازمة لعمليات إنتاج الكوك والفولاذ.

## 2-9-7 التغويز

يمكن الحصول على الغاز من الفحم الحجري مباشرة بدون عملية الكربنة وذلك بطرق عديدة تسمى التغويز وتتضمن أبسط طرق التغويز حرق الفحم الحجري في وجود الهواء المضغوط أو البخار. ويشبه الغاز الناتج غاز أفران الكوك وذلك باحتوائه على قيمة حرارية منخفضة وإطلاقه للسناج. وهو يستخدم أساسًا في بعض عمليات الصناعة، وكذلك في إنتاج أنواع من الوقود السائل ذات الطاقة العالية، مثل البترول وزيت الوقود. ولكن الطرق المستخدمة حاليًا لإنتاج هذه الأنواع من وقود الفحم الحجري مكلفة ومعقدة. ويعمل الباحثون العلميون على تطوير طرق أكثر سهولة وأقل تكلفة.

## 2-9-8 التسييل

من أجل تحويل الفحم الحجري إلى وقود سائل يلزم زيادة محتواه من الهيدروجين. حيث تحوي أنواع الفحم القارية النسبة الأعلى من الهيدروجين بين رتب الفحم الحجري الأربع، حيث تحتوي على حوالي 5٪ من الهيدروجين في تركيبها. ويلزم زيادة هذه النسبة إلى حوالي 12٪ من أجل تحويل الفحم الحجري إلى وقود سائل ذي طاقة عالية، أو زيادة النسبة إلى حوالي 25٪ من أجل الحصول على غاز طبيعي صناعيًا من الفحم الحجري.

وتسمى عملية تحويل الفحم الحجري إلى وقود سائل الهُدْرَجَة أو الإسالة. وقد جرى تطوير عدة طرق لهدرجة الفحم الحجري. وفي الطريقة المثلى يعالج مزيج من مسحوق الفحم الحجري والزيت مع غاز الهيدروجين في درجات حرارة عالية وتحت ضغط كبير، فيتحد الهيدروجين تدريجيًا مع جزيئات الكربون مكونًا وقودًا سائلًا. ويمكن بهذه العملية إنتاج أنواع وقود عالية الطاقة مثل البترول وزيت الوقود وذلك بإضافة كميات كافية من الهيدروجين.

ويمكن تحويل الفحم الحجري بسهولة إلى غاز منخفض الطاقة بطريقة الكَرْبَنَة والتغويز. كما يمكن إنتاج غاز منخفض الطاقة من الفحم الحجري غير المُعَدَّن. وتسمى العملية التغويز التحت أرضي. وتتضمن العملية حفر بئرين متباعدين

إحداهما عن الأخرى وتخترقان سطح الأرض وصولاً إلى قاعدة راق الفحم أي طبقة الفحم الحجري. يتم إشعال الفحم الحجري عند قاع أحد الآبار بينما يُضغَط الهواء خلال المسام في راق الفحم الحجري وتتحرك النار باتجاهه. وعند احتراق كمية كافية من راق الفحم الحجري تسمح بتشكيل ممر بين البئر في جسمه، عند ذلك يتمكن الهواء المضغوط من دفع الغازات الناتجة من احتراق الفحم الحجري إلى سطح الأرض في البئر الأول. وبالمقارنة مع الغاز الطبيعي، نجد أن الغاز ذا الطاقة المنخفضة الناتج عن احتراق الفحم الحجري تكون له استعمالات محدودة. ويلزم إغناؤه بالهيدروجين كيما تعادل قيمته الحرارية القيمة الحرارية للغاز الطبيعي.

وتُعد الطرق الحالية، للحصول على وقود عالي الطاقة من الفحم الحجري مكلفة جداً للاستعمال التجاري. فإنتاج الهيدروجين مُكلف جداً. هذا بالإضافة إلى أن معظم أنواع الوقود المصنوعة من الفحم الحجري تحتوي على كميات غير مقبولة من الكبريت والرماد. وما زال الباحثون العلميون يحاولون تطوير طرق أرخص لتحويل الفحم الحجري.

### 2-9-9 الفحم النباتي

الفحم النباتي هو مخلفات مكونة من كربون ينتج عن عملية نزع الماء من المواد النباتية. وطريقة تحضيره تسمى بالتقطير الإتلافي وهي الحرق بمعزل عن الهواء وهي الطريقة المسماة عند العرب الأوائل المردومة. ووجود الأنسجة النباتية في الفحم النباتي والحجري يدل على أنهما من أصل نباتي. والفحم النباتي يصنعه الإنسان بتسخين الخشب، ولونه الأسود سببه وجود عنصر الكربون. أما كون الفحم النباتي أخف من الخشب فلأن الخشب يفقد كمية من الماء عند تحويله إلى فحم نباتي وتزداد نسبة المسامات فيه. والماء في الخشب هو المسئول أيضاً عن الدخان الكثيف عند حرقه. أما كون الفحم الحجري أثقل من الفحم النباتي فيرجع إلى المكونات المعدنية التي توجد في الفحم الحجري ولا توجد في الفحم النباتي. ويوضح شكل (2-20) حرق الفحم كوقود.

الفحم الخشبي شكل آخر من أشكال الكربون غير النقي، يُجمع الخشب في

أكوام ويُغطى بالتراب ويُسخن عشرة أيام تقريباً. ويتم التسخين بحرق جزء قليل من الخشب بسبب دخول كمية قليلة من الهواء. ويزود هذا الجزء المحترق بقية الخشب بالحرارة اللازمة لتسخينه وتحويله إلى فحم نباتي بالتخلص من الأوكسجين والهيدروجين الموجودين في مركبات الخشب العضوية (السليولوز). ويتم ذلك بتفاعل كيميائي بحيث ينزع الأوكسجين والهيدروجين من السليولوز فيتحول إلى مركب عضوي جديد يحتوي على كمية أقل من الأوكسجين والهيدروجين، فتزداد نسبة الكربون فيه. وشكل (2-21) يوضح حرق الفحم كوقود.



شكل: (2-21) حرق الفحم كوقود

## 2-9-10 استعمالات الفحم النباتي

يستعمل الفحم النباتي في الحرق المباشر للحصول على الطاقة. وعادة ما يقتصر على استعماله في بعض الأغراض المنزلية كالتدفئة أو الطهي أو الشواء. أما البلاد

التي يوجد فيها فائض من خشب الغابات فيمكن تحويله إلى فحم نباتي ثم استعماله في بعض المشاريع الكبيرة كتوليد الكهرباء. وكما أن زمن احتراق كمية من الفحم النباتي أطول من زمن احتراق كمية مماثلة من الخشب فللفحم النباتي قيمة حرارية أكبر من الخشب .

ويستخدم شكل من أشكال الفحم الخشبي يدعى الكربون المنشط في المرشحات وأقنعة الغاز لإزالة الأبخرة السامة. فهو يضم ثقباً صغيراً لا تحصى على سطحه وهي مثالية لحبس الأبخرة ويُصنع بالسماح للفحم الخشبي بالاحتراق لفترة وجيزة مع الأكسجين في نهاية عملية صنع الفحم الخشبي. وغالباً ما يستخدم الفحم الخشبي كوقود للشواء ويمكن تشكيله في عيدان ليستخدم مادة للرسم. وحيث أن الفحم النباتي المنشط ذو قدرة امتزازية عالية، أي أنه يجذب المواد إلى سطحه، فيمكنه بذلك إزالة الغازات السامة والروائح الكريهة من الهواء. لذا يستخدم هذا الفحم في منظومات التهوية في العربات الفضائية وكمامات مواقد المطبخ، كما يستخدم أيضاً في تنقية السوائل، كالماء في أحواض السمك. فيمر ماء الحوض المتسخ فوق الفحم النباتي المنشط لإزالة أوساخه، ثم يُعاد نقياً إلى الحوض. ويمكن وضعه في الثلاجة إذا كان بها روائح كريهة فتخلصك من الروائح الكريهة التي توجد في الثلاجة.

### 2-9-11 تعدين الفحم

يتضمن التعدين السطحي في معظم الحالات تجريد وإزالة التربة والصخور القابعة فوق طبقة الفحم الحجري. وتعرف هذه المواد التي تغطي ترسبات الفحم الحجري باسم الغطاء الصخري أو الترابي. وبعد إزالة هذا الغطاء يمكن استخراج الفحم الحجري بسهولة وحمله بعيداً. ويشمل التعدين حفر القنوات إلى ترسبات الفحم الحجري. وعادة ما يكون التعدين السطحي مختصاً بترسبات الفحم الحجري الموجودة في حدود 30-60 متر تحت سطح الأرض. وكلما زاد حجم الغطاء الصخري الواجب إزالته، أصبح التعدين السطحي أكثر صعوبة وتكلفة. أما ترسبات الفحم الحجري المتعمقة بما يزيد على 60م فتعدن بطرق التعدين تحت أرضي.

## 2-9-12 الفحم والبيئة

إن كل من يستنشق كميات كبيرة من غبار الفحم الحجري لمدة من الزمن، يمكن أن يصاب بمرض الرئة الغباري المعروف أيضاً باسم مرض الرئة السوداء. ويؤثر هذا المرض في تنفس المصاب وربما يؤدي إلى الوفاة أحياناً. وقد ذهب الآلاف من عمال المناجم ضحية لهذا المرض. هذا بالإضافة إلى كون التركيزات العالية من غبار الفحم الحجري قابلة للانفجار، وكذلك فإن خليطاً من غبار الفحم الحجري والميثان يعتبر خطراً بشكل خاص.

وتزيل التهوية الجيدة كثيراً من غبار الفحم الحجري من الهواء داخل المنجم. ومع ذلك يجب استعمال مقاييس تحكّم في غباره. وتتلخص هذه العملية بأن يرش العمال مسحوق حجر الجير فوق كل الأسطح المكشوفة داخل المنجم، فيقوم مسحوق حجر الجير بتخفيف غبار الفحم الحجري، الأمر الذي يقلل من فرص حدوث الانفجارات. وكذلك تُرش واجهات الفحم الحجري التي يجري تعدينها بالماء والذي بدوره يثبت الغبار ويمنع تطايره.

ويسدُّ الاستعمال المتنامي للفحم الحجري في إنتاج الكهرباء، بشكل خاص، النقص المتزايد لكل من الغاز والنفط. ومع ذلك، فإن استعمال الفحم الحجري يحمل في طياته مشاكل من نوع خاص إذ إن احتراقه يشكل سبباً رئيسياً لتلوث الهواء. وقد طُوّرت وسائل عديدة لتقليل من التلوث ولكنها مكلفة ولم تثبت جدواها حتى الآن. ولا بد من تحسين هذه الطرق والأساليب قبل التوسع الكبير في استعمال الفحم الحجري. وبالإضافة لهذا فإن بعض الفحم الحجري يوجد عند أعماق كبيرة تحت سطح الأرض حيث يصعب استخراجها.

وقد بدأت الأمم المتقدمة في سنّ تشريعات بهدف التقليل من انطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت من محطات توليد القدرة الكهربائية التي تستخدم الفحم الحجري كوقود.

وتزيل عمليات تنظيف الفحم الحجري بعض الكبريت منه ولكنها ليست بكميات كافية من أنواع الفحم الحجري ذات المحتوى العالي، أو المحتوى المتوسط من الكبريت. ومن أجل الحصول على هواء بمواصفات والسيطرة على انطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى حد ما تستخدم أجهزة تسمى أجهزة غسل الغاز حيث يمتص جهاز غسل الغاز روائح وأبخرة غاز ثاني أكسيد الكبريت لدى تمرير الغازات خلال مجموعة مداخن خاصة.

وتجرى الأبحاث العلمية على عملية السيطرة على نسبة عنصر الكبريت في الفحم الحجري وتعرف هذه العملية بإحراق الطبقة المُميعة. وتتلخص هذه العملية في حرق مسحوق الفحم الحجري في طبقة من حجر الجير، حيث يحجز الجير عنصر الكبريت الموجود فيه، وبالتالي يحول دون تشكّل غاز ثاني أكسيد الكبريت. وتُستعمل الحرارة الناتجة عن الفحم الحجري لتسخين الماء إلى درجة الغليان. وينساب هذا الماء المسخن عبر أنابيب على شكل ملفات معدنية داخل طبقة الجير. أما بخار الماء الناتج فيمكن استعماله في محطات توليد القدرة الكهربائية. وتملك شركات تعدين الفحم الحجري الكبيرة جهازًا متفرغًا من العمال المحترفين، ويضم هذا الجهاز مهندسين ومحامين وخبراء أعمال كما توظف هذه المنظمات كهربائيين وميكانيكيين وعمال إنشاءات وغيرهم.

ويشكل عمال المناجم المهرة مصدرًا للعماله تعتمد عليه الصناعة. ويتطلب التعدين التحت أرضي عددًا من عمال المناجم أكثر من التعدين السطحي. وقد ساعد استخدام الآلات عمال المناجم، إذ زادت إنتاجيتهم ففي عام 1950م بلغ إنتاج عمال كل منجم من مناجم الولايات المتحدة ما معدله حوالي 6.5 طن متري من الفحم الحجري يوميًا. وبشكل عام، فإن عمال المناجم ينتجون من المناجم السطحية التي تعمل بطريقة التجريد والكشط أكثر من ضعف ما ينتجون من المناجم التحت أرضية.

وقد أدى التوسع في استخدام الآلات إلى جعل الوظائف في المناجم أكثر تخصصًا. وتنحصر وظائف معظم عمال المناجم في تشغيل أنماط خاصة من الآلات

مثل الجرافات الآلية الهائلة التي تحتاج إلى خبرة وتدريب خاصين.

وفي القرن التاسع عشر الميلادي، كان العمل في تعدين الفحم الحجري غير آمن وذا مرتبات ضئيلة. وكان عمال المناجم يعيشون ويعملون تحت ظروف بالغة السوء. وقد تضامن كثير منهم في اتحادات مهنية كانت تدعو للاحتجاجات والإضراب عن العمل. ومنذ أوائل القرن العشرين الميلادي تحسنت ظروف معيشة عمال المناجم كثيرًا في الأقطار الصناعية المتقدمة.

وتواجه إجراءات السلامة في المناجم أربعة أنماط من المخاطر الرئيسية وهي حوادث بفعل الآلات وانهيار الجدران والسقوف وتجمع وتراكم الغازات وتركيز غبار الفحم الحجري. ومن أجل السلامة والأمان في المناجم تجرى عملية تثبيت سقف المنجم بالقضبان الحديدية وهي عملية ضرورية من أجل السلامة في المناجم التحت أرضية. ومثبتات السقف هي قضبان طويلة من المعدن يتم إدخالها في سقف المنجم. وبعد أن يتم تثبيت القضبان في السقف فإنها تساعد في منع طبقات الصخور التي تقع فوق السقف مباشرة من الانهيار والسقوط.

في الأيام الأولى من عمليات تعدين الفحم الحجري التحت أرضي، كان العمل في المناجم خطرًا. وقد تسببت الحوادث في المناجم في وفاة أو إعاقة آلاف من عمال المناجم سنويًا. ثم بدأت الحكومات سن تشريعات وضعت معايير للحد الأدنى من الصحة والسلامة لكل من العاملين وأرباب العمل على حد سواء. وبذلك تناقصت معدلات الوفيات بين العاملين بشكل كبير بلغ في بعض الحالات 85%.

## 2-10 الطاقة النووية

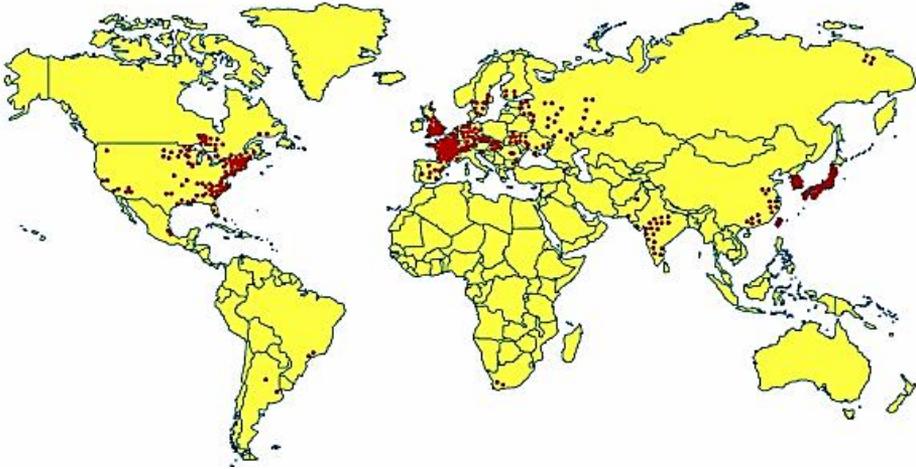
الطاقة النووية هي الطاقة التي تنطلق أثناء إنشطار أو اندماج الأنوية الذرية. وتشكل الطاقة النووية 20% من الطاقة المولدة بالعالم فالعلماء ينظرون إلى الطاقة النووية كمصدر حقيقي لا ينضب للطاقة. وما يثير الشكوك حول مستقبل الطاقة النووية هو التكاليف النسبية، والمخاوف العامة المتعلقة بالسلامة، وصعوبة التخلص الآمن من المخلفات عالية الإشعاع. ويعرض شكل (2-22) مفاعل غوندريمنجن بألمانيا.



شكل (2-22): مفاعل غوندريمنجن - ألمانيا

## 10-2-1 محطات الطاقة النووية

تعتبر محطات التوليد النووية نوعاً من محطات التوليد الحرارية البخارية، حيث تقوم بتوليد البخار بالحرارة التي تتولد في فرن المفاعل. الفرق في محطات الطاقة النووية أنه بدل الفرن الذي يحترق فيه الوقود يوجد الفرن الذري الذي يحتاج إلى جدار عازل وواق من الإشعاع الذري وهو يتكون من طبقة من الآجر الناري وطبقة من المياه وطبقة من الحديد الصلب ثم طبقة من الأسمنت تصل إلى سمك مترين وذلك لحماية العاملين في المحطة والبيئة المحيطة من التلوث بالإشعاعات الذرية. وشكل (2-23) يوضح خريطة المفاعلات النووية في العالم.



شكل (2-23): خريطة المفاعلات النووية في العالم

وفي مفاعل من نوع الماء المضغوط حيث يمتص الماء المضغوط الحرارة من قلب المفاعل ويبقى محصوراً في دورة مغلقة دون أن يغلي. وتقوم دورة ثانية بتبادل الحرارة مع الدورة الأولى، فيغلي الماء في الدورة الثانية ويولد البخار الذي يدير توربينات تدير بدورها مولدات كهربائية. ويجري عادة تكثيف البخار في دورة ثالثة تشتمل على برج للتبريد.

وهناك طريقة أخرى لإستخراج الطاقة الحرارية المتولدة في قلب المفاعل حيث يستخدم فيها الصوديوم السائل وسيطاً لهذه الغاية لثمنه بدرجة عالية، وذلك في الدورتين الأولى والثانية. ويتحول الماء إلى بخار في الدورة الثالثة بالتبادل الحراري، ويقوم بخار الماء بتدوير التوربينات وتوليد الكهرباء كما سبق.

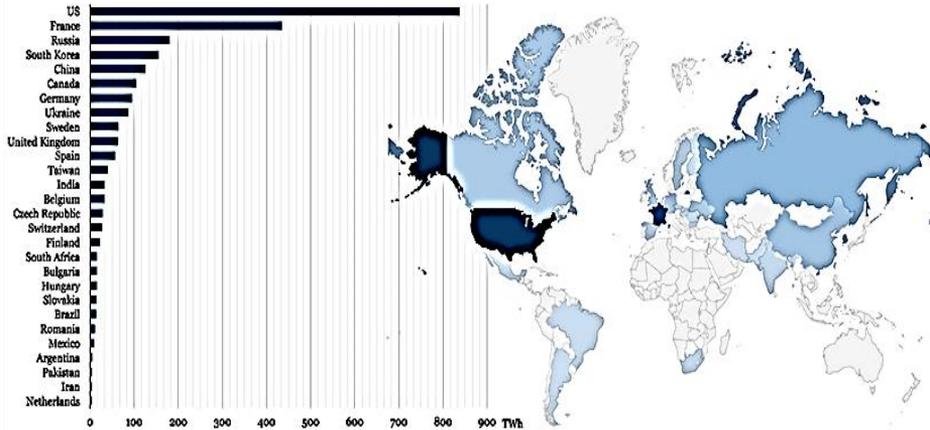
والمفاعل الذري تتولد فيه الحرارة نتيجة انشطار ذرات اليورانيوم بضربات الإلكترونات المتحركة في الطبقة الخارجية للذرة وتستغل هذه الطاقة الحرارية

الهائلة في غليان المياه في المراحل (الغلايات) وتحويلها إلى بخار ذات ضغط عال ودرجة حرارة مرتفعة. ثم يسלט هذا البخار لتشغيل توربينات بخارية صممت ليقوم البخار السريع بتدوير محور التوربينات وبذلك تتحول الطاقة البخارية إلى طاقة ميكانيكية على محور هذه التوربينات.

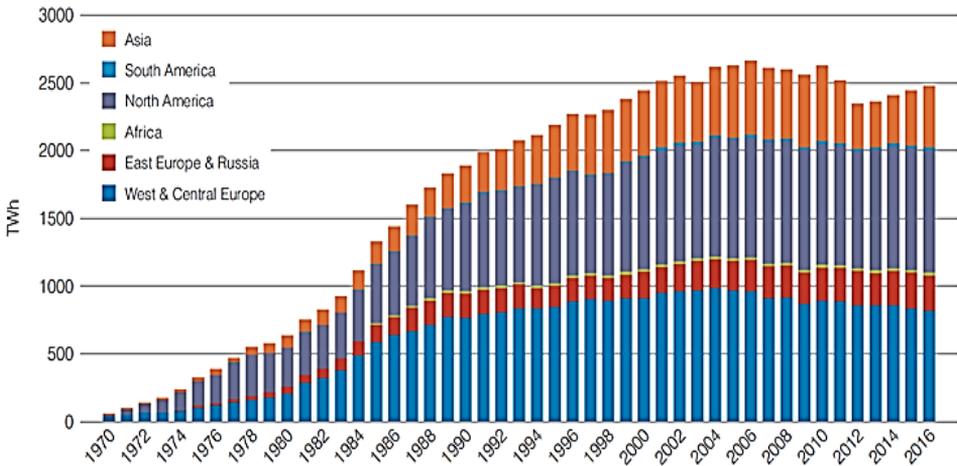
ويربط محور المولد الكهربائي مع محور التوربينات البخارية فيدور محور المولد الكهربائي بنفس السرعة لتتولد على طرفي الجزء الثابت من المولد الطاقة الكهربائية اللازمة. وكانت أول محطة توليد حرارية نووية في العالم نفذت في عام 1954 وكانت في الاتحاد السوفيتي بطاقة 5 ميجاوات. عندما توصل العلماء إلى تحرير الطاقة النووية من بعض العناصر كاليورانيوم والبلوتونيوم. فوود المفاعلات النووية اليورانيوم المخضب بكمية تكفي لحدوث تسلسل تفاعلي انشطاري يستمر من تلقاء ذاته. والوقود يوضع في شكل حزم من قضبان طويلة داخل قلب المفاعل الذي هو عبارة عن حجرة مضغوطة شديدة العزل. ويتم الانشطار النووي بها لتوليد حرارة لتسخين المياه وتكوين البخار كما تم ذكره. ويتم تغطيس الحزم النووية في الماء للإبقاء عليها باردة. أو استخدام ثاني أكسيد الكربون أو معدن مصهور لتبريد قلب المفاعل. ويتم إدخال قضبان تحكم في غرفة المفاعل مصنوعة من مادة الكادميوم لتمتص النيوترونات المتولدة من انشطار أنوية الذرات داخل المفاعل. فكلما تم تقليل النيوترونات كلما تم تحجيم التفاعلات المتسلسلة بما يبطل من عملية انشطار ذرات اليورانيوم. وكان أول مفاعل نووي قد أقيم عام 1944 هو مفاعل هانفورد بأمريكا لإنتاج مواد الأسلحة النووية وكان وقوده اليورانيوم الطبيعي حيث كان ينتج البلوتونيوم ولم تكن الطاقة المتولدة تستغل في ذلك الوقت. ثم بنيت أنواع مختلفة من المفاعلات في كل أنحاء العالم لتوليد الطاقة الكهربائية. وتختلف هذه المفاعلات في نوع الوقود والمبردات والوسيط.

وفي أمريكا يستعمل الوقود النووي في شكل أكسيد اليورانيوم المخضب حتى 3% باليورانيوم 235 والوسيط والمبرد من الماء الثقيل وهذه الأنواع من المفاعلات يطلق عليها مفاعلات الماء الخفيف. وشكل (2-24) يوضح إنتاج الدول من الطاقة

الكهرية بالمفاعلات النووية. أما شكل (2-25) يعرض إنتاج الطاقة الكهرية بالمفاعلات النووية من عام 1970 حتى عام 2016.



شكل (2-24): إنتاج الدول من الطاقة الكهرية بالمفاعلات النووية



شكل (2-25): إنتاج الطاقة الكهرية بالمفاعلات النووية 2016-1970

## 2-10-2 تخصيب اليورانيوم

اليورانيوم هو المادة الخام الأساسية للبرامج النووية المدنية والعسكرية. ويستخلص من طبقات قريبة من سطح الأرض أو عن طريق التعدين من باطن الأرض. ورغم أن مادة اليورانيوم توجد بشكل طبيعي في أنحاء العالم، لكن القليل منه فقط يوجد بشكل مركز كخام. وحينما تنشط ذرات معينة من اليورانيوم في تسلسل تفاعلي يسمى بالانشطار النووي. ويحدث ببطء في المنشآت النووية وبسرعة هائلة في حالة تفجير سلاح نووي. وينجم عن ذلك انطلاق للطاقة وفي الحالتين يتعين التحكم في الانشطار النووي تحكما بالغاً. ويكون الانشطار النووي في أفضل حالاته حينما يتم استخدام النظائر من اليورانيوم 235 أو البلوتونيوم 239 والمقصود بالنظائر هي الذرات ذات نفس الرقم الذري ولكن بعدد مختلف من النيوترونات. ويعرف اليورانيوم 235 بالنظير الانشطاري لميله للانشطار محدثاً تسلسلاً تفاعلياً مطلقاً الطاقة في صورة طاقة حرارية. وحينما تنشط ذرة من اليورانيوم 235 فإنها تطلق نيوترونين أو ثلاثة نيوترونات. وحينما تتواجد إلى جانبها ذرات أخرى من اليورانيوم 235 تصطم بها تلك النيوترونات مما يؤدي لانشطار الذرات الأخرى وبالتالي تنطلق نيوترونات أخرى. ولا يحدث التفاعل النووي إلا إذا توافر ما يكفي من ذرات اليورانيوم 235 بما يسمح بأن تستمر هذه العملية كتسلسل تفاعلي يتواصل من تلقاء نفسه أو ما يعرف بالكتلة الحرجة. غير أن كل ألف ذرة من اليورانيوم الطبيعي تضم سبع ذرات فقط من اليورانيوم 235 بينما تكون باقي الذرات الأخرى من اليورانيوم الأكثر كثافة ورقمه الذري يورانيوم 238. ومفاعلات الماء الخفيف هي نوع من المفاعلات الانشطارية النووية التي تستعمل في الولايات المتحدة الأمريكية لتوليد الطاقة الكهربائية وتستخدم الماء العادي كوسيط في التبريد والتحويل لبخار لتشغيل التوربينات لتوليد الكهرباء من المولدات. وهذا يتطلب تخصيب وقود اليورانيوم. واليورانيوم الطبيعي يتكون من 0.7٪ يورانيوم 235 وهو نظير ينشط 99.3٪ يورانيوم 238 لا ينشط. واليورانيوم الطبيعي يخضب ليصبح به 2.5٪ إلى 3.5٪ يورانيوم 235 القابل للانشطار في مفاعلات الماء الخفيف التي تعمل

بالولايات المتحدة الأمريكية بينما مفاعلات الماء الثقيل التي تعمل في كندا يستخدم اليورانيوم الطبيعي. وفي حالة التخصيب يكون مطلوب 3 كجم يورانيوم طبيعي لإمداد مفاعل واحد بالطاقة الانشطارية لمدة عام. وعملية تخصيب اليورانيوم تتم بانتشار مادة هكسافلوريد اليورانيوم في مادة مسامية فتفصل مادة اليورانيوم 235 الخفيفة بواسطة آلات الطرد المركزي. ووقود اليورانيوم اللازم للمفاعلات الانشطارية غير كافٍ لصنع قنبلة نووية لأنها تتطلب عملية تخصيب بنسبة أكثر من 90% للحصول على تفاعل متسلسل سريع.

واليورانيوم والبلوتونيوم المخصبان بنسبة مرتفعة جدا يستخدمان في صنع القنابل النووية. لأن اليورانيوم المرتفع التخصيب به نسبة عالية من اليورانيوم 235 الغير مستقر والمركز صناعيا. والبلوتونيوم يصنع نتيجة معالجة وقود اليورانيوم في المفاعلات الذرية أثناء عملها حيث تقوم بعض ذرات اليورانيوم وهي حوالي 1% من كمية اليورانيوم بامتصاص نيوترون لإنتاج عنصر جديد هو البلوتونيوم الذي يستخلص بطرق كيميائية. ولصنع التفجير النووي يدمج اليورانيوم أو البلوتونيوم المخصبان بالمتفجرات التقليدية وهذا الدمج يجعل المادة النووية مكثفة لتقوم بالتفاعل المتسلسل الغير موجه. ويمكن تخصيب اليورانيوم بعدة طرق. ففي برنامج تصنيع الأسلحة النووية بأمريكا يتبع طريقة الانتشار الغازي بتحويل اليورانيوم إلى غاز هكسافلوريد اليورانيوم حيث يسخن خلال غشاء يسمح لذرات اليورانيوم 235 بالمرور خلاله أكثر من بقية ذرات نظائر اليورانيوم. وتكرر هذه العملية في عدة دورات يرتفع تركيز اليورانيوم 235 لتصنع منه الأسلحة النووية كما في الصين وفرنسا وبريطانيا وروسيا. حيث تكون طريقة تخصيب اليورانيوم هي طريقة الطرد المركزي للغاز بالسرعة العالية بدلا من الانتشار الغازي وهذا ما اتبعته إيران. وهذه الطريقة يحول اليورانيوم لغاز هكسافلوريد اليورانيوم ويدخل في آلة طرد مركزي تدور بسرعة كبيرة. وتأثير قوة الطرد المركزي تتجه ذرات اليورانيوم الأثقل من ذرات اليورانيوم 235 للخارج ويتركز اليورانيوم 235 بالوسط ليسحب. وهذه الطريقة تستخدم لتخصيب اليورانيوم في الهند وباكستان وإيران وكوريا الشمالية. وهناك طريقة التدفق النفاث المتبعة في جنوب أفريقيا وطريقة الفصل للنظير

بالكهر ومغناطيسية التي كان العراق يتبعها قبل حرب الخليج عام 1991.

ويمكن استعمال طريقة التخصيب بالليزر لفصل اليورانيوم بتحويله لمعدن يتبخر بتسليط ليزر ليثير ذرات اليورانيوم 235 لتتجمع وتتركز وهذه التجربة تمت في كوريا الجنوبية عام 2000 سراً.

## 2-10-3 أنواع المفاعلات

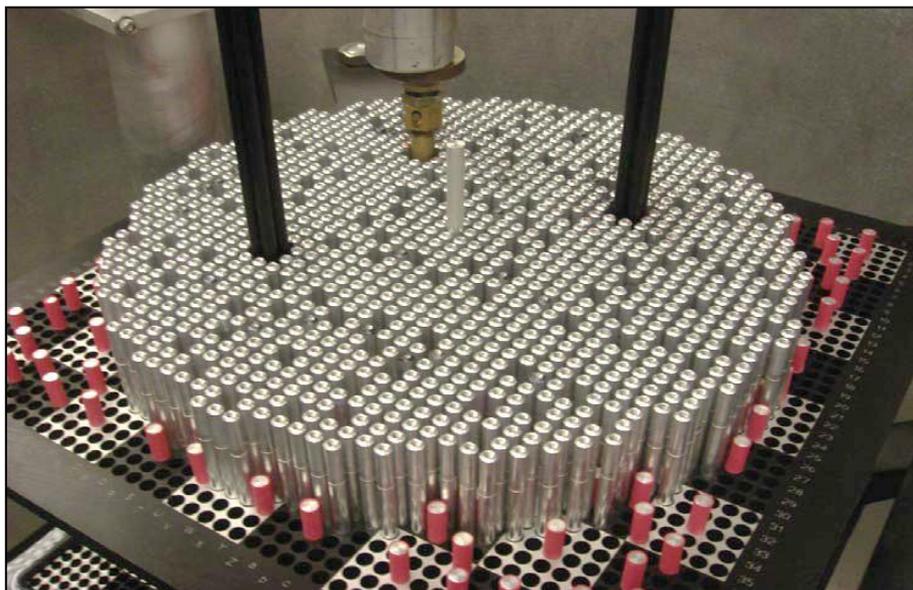
يطلق على مفاعلات الانشطار النووي في الولايات المتحدة الأمريكية مفاعلات الماء الخفيف. والماء الخفيف هو الماء العادي الذي يستخدم في المفاعلات الأمريكية كوسيط وكمبرد وكأحد الوسائل للتخلص من الحرارة وتحويلها لبخار يدير التوربينات التي تدير مولدات القوي الكهربائية.

واستعمال الماء العادي يتطلب تخصيب وقود اليورانيوم لدرجة ما. وكلا النوعين من المفاعلات اللذين يعملان بالماء الخفيف هما مفاعل الماء المضغوط حيث الماء الذي يسير خلال قلب المفاعل معزول عن التوربينات. ومفاعل الماء المغلي ويستخدم الماء كمبرد ومصدر للبخار الذي يدير التوربينات. أما مفاعلات الانشطار النووي في كندا فيطلق عليها مفاعلات الماء الثقيل حيث يعمل الماء الثقيل كوسيط بالمفاعل حيث يقوم الماء الثقيل بتقليل سرعة النيوترونات في التفاعل الانشطاري المتسلسل. وهذا النوع من المفاعلات لا يتطلب وقود يورانيوم مخضب بل طبيعي.

وقد تمكن كلوديو فيلبون العالم النووي ومدير مركز الطاقة المتطورة في جامعة ميريلاند الأمريكية من ابتكار وتصميم مفاعل سيزر المتطور لإنتاج الكهرباء دون التسبب في أي تلوث نووي، أو انتشار الإشعاعات النووية عكس المفاعلات النووية التقليدية التي تدار بأذرع وقود اليورانيوم 238 المزود بحوالي 4% من اليورانيوم 235. وعند اصطدام النيوترون بذرة اليورانيوم 235، تنشط إلى نويات وتنطلق كمية من الطاقة في شكل حرارة ومزيد من النيوترونات التي تصطدم بالذرات الأخرى. ويتحكم «الوسيط» بإدخاله بين أذرع الوقود ليبطئ بعض النيوترونات لتتحرك ببطء

بدرجة كافية لانشطار الذرات، لكن بعد عامين أو ثلاثة من تشغيل المفاعل، تصبح ذرات اليورانيوم 235 الباقية غير كافية فتظهر الحاجة إلى أذرع وقود جديدة. ومفاعل سيزر يعتمد على انشطار ذرات اليورانيوم 238 داخل أذرع الوقود بواسطة نيوترونات تتحرك بسرعة مناسبة نتيجة وجود البخار كوسيط في المفاعل، بالتحكم في كثافته بدقة، لإبطاء مرور النيوترونات للحصول على الانشطار المطلوب من ذرة اليورانيوم 238، وحدوث انفجار صغير للطاقة وانطلاق مزيد من النيوترونات التي تدور حتى تصطدم بذرة أخرى من اليورانيوم. والمفاعل سيزر يمكن تشغيله لعقود دون الحاجة إلى إعادة تزويده بالوقود.

وهناك مفاعلات البحوث العلمية وهي أبسط من مفاعلات الطاقة وتعمل في درجات حرارة ووقود أقل من اليورانيوم عالي التخصيب 20٪ من اليورانيوم 235 على الرغم من أن بعضاً من المفاعلات البحثية الأقدم تستخدم 93٪ من اليورانيوم 235 ومفاعلات الطاقة يحتاج قلب مفاعل البحث للتبريد، ومهدئ من الماء الثقيل أو بالجرافيت لتهدئة النيوترونات وتعزيز الانشطار. ومعظم مفاعلات البحث تحتاج أيضاً إلى عاكس من الجرافيت أو البيريليوم لتخفيض فقدان النيوترونات من قلب المفاعل. و تستخدم للبحث والتدريب واختبار المواد أو إنتاج النظائر المشعة من أجل الاستخدام الطبي والصناعي. وهذه المفاعلات أصغر من مفاعلات الطاقة. ويوجد 283 من هذه المفاعلات تعمل في 56 دولة كمصدر للنيوترونات من أجل البحث العلمي. وشكل (2-26) يعرض قلب مفاعل نووي بحثي بالولايات المتحدة الأمريكية.



شكل (2-26): قلب مفاعل نووي - الولايات المتحدة الأمريكية

والطاقة النووية تزود دول العالم بأكثر من 16٪ من الطاقة الكهربائية فهي تمد 35% من احتياجات دول الاتحاد الأوروبي. واليابان تحصل على 30٪ من احتياجاتها من الكهرباء من الطاقة النووية. أما بلجيكا وبلغاريا والمجر واليابان وسلوفاكيا وكوريا الجنوبية والسويد وسويسرا وسلوفينيا وأوكرانيا فتعتمد على الطاقة النووية لتزويد ثلث احتياجاتها من الطاقة الكهربائية. ولأن كمية الوقود النووي المطلوبة لتوليد كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية أقل بكثير من كمية الفحم أو البترول اللازمة لتوليد نفس الكمية فتقريبا طن واحد من اليورانيوم يقوم بتوليد طاقة كهربائية أكبر من عدة ملايين من براميل البترول أو ملايين الأطنان من الفحم. وكان اتجاه دول عديدة في العالم للطاقة النووية نظرا لأن الوقود النووي اليورانيوم كان متوفرا وسهل الحصول عليه ونقله بينما مصادر الفحم والبترول محدودة وقد تنضب يوما ما.

واستخدام الطاقة النووية بسبب إنتاج النفايات ذات الإشعاعات النووية العالية التي تخزن في بحيرات لتبريدها بامتصاص حرارة الوقود المستهلك وتخفيض درجة إشعاعيته. ويتم إعادة معالجة الوقود النووي لاسترجاع اليورانيوم والبلوتونيوم غير المنشطين واستخدامهما من جديد كوقود للمفاعل أو في إنتاج الأسلحة النووية. وبعض العناصر الموجودة في النفايات كالبلوتونيوم، ذات خاصية إشعاعية كبيرة وتظل لمدة آلاف السنين. ولا يوجد نظام آمن للتخلص من هذه النفايات. والمفاعلات النووية أصبحت سيئة السمعة منذ التسرب الإشعاعي في محطة الطاقة النووية في تشيرنوبل بأوكرانيا عام 1986 فقد أدى هذا التسرب إلى مقتل 31 شخصاً وتعريض مئات الآلاف للإشعاع الذي يستمر تأثيره على عدة أجيال.

## 2-10-4 إعادة معالجة الوقود النووي

تم تطوير تقنية إعادة المعالجة النووية من أجل فصل واستخلاص البلوتونيوم القابل للانشطار كيميائياً من الوقود النووي المشع. وإعادة المعالجة تخدم أغراضاً متعددة تغيرت أهميتها النسبية مع مرور الوقت. واستخدمت إعادة المعالجة أصلاً فقط لاستخراج البلوتونيوم لإنتاج سلاح نووي. ويمكن أيضاً إعادة استخدام اليورانيوم المعاد تصنيعه والذي يشكل الجزء الأكبر من مواد الوقود المستنفذ ولكن ذلك ليس اقتصادياً حيث أسعار اليورانيوم مرتفعة والتخلص منها باهظ التكلفة. وإعادة المعالجة النووية تقلل من حجم النفايات عالية المستوى ولكنها بحد ذاتها لا تقلل من النشاط الإشعاعي أو توليد الحرارة، وبالتالي لا تلغي الحاجة إلى مستودع للنفايات الجيولوجية. وقد كانت إعادة المعالجة مثيرة للجدل سياسياً بسبب إمكانية الإسهام في انتشار الأسلحة النووية وكذلك التحديات السياسية المتعلقة بوضع المستودع وهي مشكلة تنطبق بالتساوي على التخلص المباشر من الوقود المستهلك وبسبب تكلفتها العالية مقارنة بدورة الوقود مرة واحدة.

## 2-10-5 محطات الطاقة النووية المستقبلية والاندماج النووي

هناك جيل جديد من التصاميم لمحطات الطاقة النووية المعروفة باسم مفاعل الجيل الرابع، وهي موضوع بحث نشط. فالكثير من هذه التصاميم الجديدة تحاول على وجه التحديد جعل المفاعلات الانشطارية أكثر نظافة وأمانا وأقل خطرا على انتشار الأسلحة النووية مثل تلك المبسطة لمفاعل الماء المغلي التي تم تصميمه ليكون شبه واقى ويجري متابعته. وبدأت عدة بلدان برامج الطاقة النووية القائمة على الثوريوم وهو عنصر أكثر وفرة في قشرة الأرض من اليورانيوم حيث تم العثور على أكثر من 60% من خام الثوريوم في خمسة بلدان وهي أستراليا والولايات المتحدة والهند والبرازيل والنرويج. وهذه الموارد من الثوريوم كافية لتلبية احتياجات الطاقة الحالية لآلاف السنين.

وهناك مشروع نووي مستقبلي يتم إقامته حاليا وهو مشروع اتر-توكاماك ITER Tokamak أي المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي. وهو عبارة عن مشروع بحثي دولي ضخم يقام على فكرة الطاقة النووية بمساعدة حالة البلازما للمادة حيث يستخدم جهاز دمج مغناطيسي تم تصميمه لإثبات جدوى الإنصهار كمصدر للطاقة على نطاق واسع وخالي من الكربون على أساس نفس المبدأ الذي يمد شمسنا والنجوم. ويجرى بناء هذا المفاعل في بروفانس بجنوب فرنسا. ويعتبر أول جهاز انصهار يعمل لفترات طويلة من الزمن. وسيكون هذا المفاعل أول جهاز اندماج لاختبار التقنيات والمواد والأنظمة الفيزيائية المتكاملة اللازمة للإنتاج التجاري للكهرباء القائمة على الاندماج. ويساهم آلاف المهندسين والعلماء في تصميمه منذ إطلاق فكرة التجربة الدولية المشتركة في الاندماج لأول مرة في عام 1985. يشارك نحو سبعة كيانات في هذا المشروع هم الصين والاتحاد الأوروبي والهند واليابان وكوريا الجنوبية وروسيا والولايات المتحدة الأمريكية بنحو 35 دولة حيث سيكون التعاون خلال 35 عاما لبناء وتشغيل هذا المفاعل التجريبي. ويساهم الاتحاد الأوروبي، بصفته الطرف المضيف لمجمع للمشروع بنحو 45% من التكلفة وتساهم الأطراف الستة الأخرى بنحو 55% من التكلفة. في عام 2016 وقعت منظمة مشروع

ITER اتفاقية تعاون تقني مع الوكالة الوطنية للاندماج النووي في أستراليا. وقد بدأ بناء هذا المفاعل في عام 2013 وبلغت تكاليف البناء أكثر من 14 مليار دولار أمريكي في يونيو 2015. ومن المتوقع أن يتم الانتهاء من مرحلة البناء في عام 2025 وسيبدأ تشغيل المفاعل في نفس العام. ومن المقرر البدء بتجارب البلازما الأولية في عام 2025، مع إجراء تجارب الاندماج الكامل للديتريوم والتريتيوم في عام 2035. وقد ساهم آلاف المهندسين والعلماء في تصميم هذا المفاعل منذ إطلاق فكرة التجربة الدولية المشتركة في الاندماج النووي لأول مرة في عام 1985.

وقد تم اقتراح فكرة هذا المفاعل النووي الإندماجي في عام 1987 وتم تصميمه كمفاعل تجريبي حراري دولي، وفقاً للدراسة التي نشرتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام 2002. وبحلول عام 2005، تخلت منظمة مفاعل ITER عن المعنى الأصلي من الاختصار ITER وهو اسم مختصر من International Thermonuclear Experimental Reactor وبدلاً من ذلك اعتمدت معنى جديداً وهو الكلمة اللاتينية ITER التي تعني الطريق.

وتم تصميم مفاعل الانصهار الحراري النووي التابع لمجمع ITER لإنتاج بلازما انصهار تعادل 500 ميغاواط من الطاقة الحرارية الناتجة لحوالي عشرين دقيقة، في حين يتم حقن 50 ميغاوات من الطاقة الحرارية في المفاعل، مما يؤدي إلى كسب عشرة أضعاف الكمية الأولية لتسخين البلازما. وبالتالي يهدف المفاعل إلى إثبات مبدأ إنتاج طاقة حرارية أكثر من عملية الانصهار عن استخدامها لتسخين البلازما، وهو أمر لم يتحقق بعد في أي مفاعل اندماج آخر. وستراوح الطاقة الإجمالية التي يستهلكها المفاعل والمنشآت من 110 ميغاوات إلى 620 ميغاوات في الذروة لمدة 30 ثانية أثناء تشغيل البلازما. ولم يتم تضمين تحويل الطاقة الحرارية الناتجة إلى طاقة ميكانيكية ثم كهربية لكن هدفه هو التجارب النووية الاندماجية والتي منها الحصول على الطاقة الكهربائية.

ويعتبر مفاعل التوكاماك آلة تجريبية ضخمة مصممة لتسخير طاقة الانصهار. وداخل التوكاماك يتم امتصاص الطاقة الناتجة عن اندماج الذرات كحرارة في جدران

الوعاء. تمامًا مثل مفاعلات الطاقة التقليدية، وفي المستقبل سيتم بناء المحطات النووية الاندماجية بحيث تستخدم هذه الحرارة لإنتاج البخار ثم الكهرباء عن طريق التوربينات والمولدات. وقلب التوكاماك هو حجرة كبيرة مفرغة في داخلها وتحت تأثير الحرارة والضغط الشديدين يصبح وقود الهيدروجين الغازي بلازما وهي البيئة ذاتها التي يمكن فيها جلب ذرات الهيدروجين إلى الصمامات وتوليد الطاقة. ويمكن تشكيل جسيمات البلازما المشحونة والتحكم فيها بواسطة ملفات مغناطيسية ضخمة. فيزيائياً تستخدم هذه الخاصية المهمة لحصر البلازما الساخنة بعيداً عن جدران الأوعية. ويأتي مصطلح توكاماك إلينا من اختصار روسي يشير إلى حجرة حلقيّة ذات ملفات مغناطيسية.

وتم تطوير فكرة التوكاماك كمفاعلات نووية اندماجية لأول مرة في العالم في أواخر الستينات من القرن الماضي، وقد تم تبنيها في جميع أنحاء العالم باعتبارها أكثر التكوينات الواعدة لجهاز الانصهار المغناطيسي. ومن هذه الفكرة يأتي مفاعل ITER. ويوضح شكل (2-27) مرحلة بناء مفاعل ITER بجنوب فرنسا.



شكل (2-27): مرحلة بناء مفاعل ITER بجنوب فرنسا

## 2-10-6 الطاقة النووية والبيئة

شهدت تصاميم المفاعلات النووية الحديثة العديد من التحسينات في مجال السلامة منذ الجيل الأول من المفاعلات النووية. وتتطلب معظم المفاعلات التحكم المستمر في درجة الحرارة لمنع الانهيار النووي الذي قد يحدث من خلال حادث أو كارثة طبيعية حيث يكون هناك انفجار وتسرب للإشعاع النووي وجعل المنطقة المحيطة غير صالحة لتواجد الناس.

ويرى المؤيدون للطاقة النووية أنها مصدر للطاقة المستدامة حيث تقلل انبعاثات الكربون ولا تنتج تقريباً تلوثاً للهواء على النقيض من البديل الرئيسي القابل للتطبيق الوقود الأحفوري وأن الطاقة النووية هي الطريق الوحيد القابل للاستمرار لتحقيق استقلال الطاقة بالنسبة لمعظم البلدان الغربية على فرض أن مخاطر تخزين النفايات صغير ويمكن تخفيضها باستخدام أحدث التقنيات في المفاعلات الحديثة. بينما يرى المعارضون أن الطاقة النووية تفرض العديد من التهديدات على الناس والبيئة وتشمل المخاطر الصحية والأضرار البيئية الناجمة عن استخراج اليورانيوم أو نقله والأخطار الناجمة من الانفجارات وتسرب الإشعاعات النووية وأخطار استخدام الأسلحة النووية ومشكلة التخلص من النفايات النووية.

والإشعاع النووي إن لم يكن قاتلاً فهو يتسبب في عاهات وتشوهات وإعاقات تصعب معالجتها. وتنتج من تأثير الإشعاع النووي على مكونات الخلايا الحية نتيجة تفاعلات لا علاقة لها بالتفاعلات الطبيعية في الخلية. وحجم الجرعة المؤثرة يختلف حسب نوعية الكائنات.

وكمية النفايات المشعة نتيجة الانشطار النووي بمحطات إنتاج الكهرباء بالمفاعلات النووية محدودة مقارنة بكمية النفايات بالمحطات الحرارية التي تعمل بالطاقة الأحفورية كالنفط أو الفحم. فالنفايات النووية تصل 3 ملليجرام لكل كيلو وات ساعة مقابل حوالي 700 جرام ثاني أكسيد الكربون لكل كيلو وات ساعة بالمحطات الحرارية العادية. ولكن هذه الكمية الصغيرة جداً من الإشعاع النووي قد تكون قاتلة أو تتسبب في عاهات وتشوهات لا علاج لها. وقد تستمر فاعلية

الإشعاعات لقرون بل لآلاف السنين حتى يخمد هذا الإشعاع أو يصل إلى مستوى يعادل الإشعاع الطبيعي. لهذا يحاول العلماء توليد الطاقة النووية عن طريق الاندماج النووي بدلا من الانشطار النووي الذي فيه ذرات اليورانيوم تنشط وتعطي بروتونات ونيوترونات وجسيمات دقيقة من الطاقة التي تولد الكهرباء كما هو قائم في بناء مفاعل ITER.

وتتكون النفايات المشعة من وقود المفاعل النووي المشع أو المستهلك الذي لم يعد مفيدا لإنتاج الكهرباء. ووقود المفاعل المستهلك يكون في شكل صلب يتكون من حبيبات وقود صغيرة في أنابيب معدنية طويلة وهي قضبان الوقود النووي. وتجدر الإشارة إلى أن تجمعات وقود المفاعل المستهلكة شديدة الإشعاع يجب أن يتم تخزينها في البرك المائية المصممة خصيصا لهذا الغرض فالماء يبرد الوقود ويعمل بمثابة درع ضد الإشعاع.

ويمكن أيضا تخزين تجمعات وقود المفاعل المستهلك في حاويات تخزين جافة مصممة خصيصا لذلك. ويقوم عدد متزايد من مشغلي المفاعلات الآن بتخزين وقودهم المستهلك في مرافق التخزين الجاف باستخدام حاويات خاصة من الخرسانة أو الصلب مع تبريد الهواء.

والإنهاء النووي هو تفكيك محطة للطاقة النووية وإزالة التلوث من الموقع بحيث تتم حماية الناس من الإشعاع. فعندما يتوقف مفاعل نووي عن العمل، يجب إيقاف تشغيله. ويشمل الإخراج من الخدمة بشكل آمن إزالة جميع المعدات التي أصبحت مشعة من المفاعل وتقليل النشاط الإشعاعي إلى مستوى يسمح بالاستخدامات الأخرى لمبنى المفاعل أو إزالته. والفرق الرئيسي مع تفكيك محطات الطاقة الأخرى هو وجود المواد المشعة التي تتطلب احتياطات خاصة للإزالة والنقل بطريقة آمنة إلى مستودع النفايات. ومع ذلك صممت المحطات النووية أصلا من أجل حياة يبلغ متوسطها نحو 30 سنة ويشمل إيقاف التشغيل إجراءات إدارية وفنية كثيرة. ويشمل تنظيف النشاط الإشعاعي والهدم التدريجي للمحطة. وحالما يتم إيقاف تشغيل المفاعل النووي ينبغي ألا يكون هناك خطر وقوع حادث إشعاعي

واتباع تدابير متقدمة خاصة بالأمن النووي.

ولدى لجنة التنظيم النووي في الولايات المتحدة قواعد صارمة تنظم تشغيل محطة الطاقة النووية التي تنطوي على تنظيف أنظمة وهياكل محطات توليد الطاقة الملوثة إشعاعيا وإزالة الوقود المشع.

وقد يؤدي التفاعل النووي غير المنضبط في مفاعل نووي إلى تلوث واسع النطاق للهواء والماء. وخطر حدوث ذلك في محطات الطاقة النووية في الولايات المتحدة ضئيل إلى حد كبير بسبب الحواجز المتنوعة والمكررة والعديد من نظم السلامة القائمة في محطات الطاقة النووية، وتدريب ومهارة مشغلي المفاعلات، وأنشطة الاختبار والصيانة، والمتطلبات التنظيمية والإشراف على لجنة التنظيم النووي الأمريكية. وتحد فرق الأمن المسلح منطقة كبيرة تحيط بمحطات الطاقة النووية وتحرسها. كما تمتلك المفاعلات الأمريكية سفن احتواء مصممة لمواجهة الاحوال الجوية المتطرفة والزلازل. وفي شكل (2-28) صورة الانبعاثات من أبراج المحطات النووية.



شكل (2-28): الانبعاثات من أبراج المحطات النووية

## 2-10-7 الحوادث النووية

ومنذ منتصف القرن الماضي وقعت بعض الحوادث النووية كالعدوان بالسلاح النووي أو تفجيرات التجارب النووية أو الانفجارات الناتجة من أخطاء تشغيل أو بسبب ظروف الطبيعية مثلما حدث مؤخراً في اليابان .

### العدوان الأمريكي النووي على اليابان عام 1945

أُسْتُعْمِلَت القنبلة الذرية مرتين في تاريخ الحروب. وكانتا كلتاهما أثناء الحرب العالمية الثانية عندما قامت الولايات المتحدة الأمريكية بإسقاط قنبلة ذرية على مدينتي هيروشيما وناجازاكي في اليابان في أواخر أيام الحرب. وأوقعت الهجمة النووية على اليابان عدداً مهولاً من الضحايا أكثر من 120 ألف شخص معظمهم من المدنيين وذلك في نفس اللحظة، كما أدت إلى مقتل ما يزيد عن ضعفي هذا العدد في السنوات اللاحقة نتيجة التسمم الإشعاعي أو ما يعرف بمتلازمة الإشعاع الحادة. واستنكرت الكثير من الدول الهجوم النووي الأمريكي على هيروشيما وناجازاكي إلا أن الولايات المتحدة زعمت أنها أفضل طريقة لتجنب أعداد أكبر من القتلى إن استمرت الحرب العالمية الثانية فترة أطول.

والولد الصغير هو الاسم الذي أطلق على أول قنبلة ذرية أُلقيت على مدينة هيروشيما اليابانية في 6 أغسطس سنة 1945 من قاذفة القنابل بي 29 إينولا جاي والتي كان يقودها الكولونيل بول تيببستس من السرب 393 من القوات الجوية الأمريكية. وتعتبر هذه القنبلة هي أول سلاح نووي يتم استخدامه وبعدها بثلاثة أيام تم إلقاء القنبلة الثانية وسميت الرجل البدين على مدينة ناجازاكي .

وقد فُجرت أول قنبلة نووية للاختبار في الولايات المتحدة الأمريكية في 16 يوليو 1945 في منطقة تدعى صحراء ألاموجوردو الواقعة في ولاية نيو مكسيكو في الولايات المتحدة، وسميت القنبلة باسم القنبلة (أ) وكان هذا الاختبار بمثابة ثورة في عالم المواد المتفجرة والأسلحة المدمرة. وهذه العملية فإن شكلاً دائرياً صغيراً بحجم كف اليد يمكن أن يسبب انفجاراً تصل قوته إلى قوة انفجار تحدثه مئات

الآلاف من الأطنان من مادة تي إن تي.

وبعد الهجوم النووي على هيروشيما وناجازاكي وحتى وقتنا الحاضر وقع ما يقارب ألفي انفجاراً نووياً كانت بمجملها انفجارات تجريبية واختبارات قامت بها الدول الثمانية التي أعلنت عن امتلاكها لأسلحة نووية وهي الولايات المتحدة وروسيا وفرنسا والمملكة المتحدة والصين وباكستان والهند وكوريا الشمالية .

### حريق ويندسكيل عام 1957

في سباق التسلح بعد الحرب العالمية الثانية، حاولت المملكة المتحدة تطوير قنابل نووية خاصة بها، وتحقيقاً لهذه الغاية بنت مفاعلين نوويين باسم «ويندسكيل» 1 و2. واندلع حريق في المفاعل الأول خلال عملية تحضير الصلب، ولم ينجحوا في السيطرة عليه، ليترك وراءه ما يقرب من 200-240 حالة سرطان.

### حادثة «ثري مايل آيلاند» بالولايات المتحدة 1979

في عام 1979 ضربت أسوأ كارثة نووية في التاريخ الأميركي جزيرة (ثري مايل) في بنسلفانيا. وقد لعبت حجرة الاحتواء دوراً رئيسياً في تحجيم الخسائر، وأن المبنى الاحتياطي للمحطة كان سبباً في الانبعاثات الضعيفة التي أثرت على البيئة. وتقول لوحة معدنية على أحد شوارع الجزيرة تصف ما حدث عام 1979 بأن هذا الانفجار أحدث تغييرات في صناعة محطات توليد الطاقة النووية حول العالم.

### حادثة «تشرنوبيل» في أوكرانيا 1986

السبب الأول للحدث كان المفاعل نفسه: إذ لم تأخذ السلطات السوفياتية اعتبارات السلامة الكافية خلال تصميم المفاعل الذي يعمل بغليان المياه. أما السبب الثاني فيعود إلى كونها تجربة جديدة لنظام جديد للتبريد في قلب المحطة . وخلال هذه التجربة لم يلتزم المشغلون بالتوصيات الأمنية وعطلوا بعض أنظمة التوقف والتبريد، وفي النهاية لم يعرف الطاقم كيفية استباق الحادث المدمر وتعطيله، حتى إنه فاقم الكارثة من خلال تصرفات غير ملائمة. واجتمعت عوامل عدة قاتلة وانشطرت وحدات الوقود كما انفجرت كريات اليورانيوم التي تحتويها بفعل

الحرارة. وهو انفجار هائل لدرجة أنه تسبب في رفع الغطاء العلوي للمفاعل والذي يزن 2000 طن . وبما أن المحطة لم تكن مزودة بحوض للاحتواء خلافا لمفاعل جزيرة ثري مايل و فوكوشيما، بات قلب مفاعل تشرنوبيل في الهواء الطلق في احتكاك مباشر مع الهواء الخارجي . توفي شخصان على الفور و 28 آخرون في الأسابيع التالية. وما بين 1987 و 2004 توفي 17 شخصا ونحو 600 ألف عسكري ومدني توالوا إلى الموقع في السنوات التي تلت الانفجار . إلا أن تقييم الأثر على صحتهم كان صعبا بسبب غياب المتابعة الدقيقة، كما الحال بالنسبة للخمسة إلى الستة ملايين شخص الذين يعيشون على الأراضي الأكثر تضررا من الانبعاثات الإشعاعية. وبحسب الأمم المتحدة، أدى الحادث إلى سقوط 4 آلاف قتيل. إلا أن الحصيلة قد تبلغ عشرات آلاف الضحايا بحسب التقديرات غير الرسمية لمنظمات غير حكومية عدة .

### **حادثة «غويانيا» بالبرازيل**

في عام 1985 بمدينة «غويانيا» وسط البرازيل، قُتل 4 أشخاص وجرح 28 فضلاً عن 200 حالة تسمم في حادث تلوث إشعاعي بالمدينة بسبب انفجار أحد المفاعلات .

### **مفاعل «فوكوشيما» في اليابان 2011**

تعد تلك الحادثة أكبر كارثة نووية شهدتها العالم في منطقة مساحتها 30 كيلومتر مربع مدمرة تماماً ومازالت غير مأهولة حتى وقتنا الحالي. ويعود سبب الحادث إلى زلزال بقوة 8.9 درجات هو الأقوى في تاريخ الزلازل التي تم تسجيلها في اليابان، وموجة التسونامي التي نجمت عنه. وقد أدى الزلزال إلى قطع التغذية الخارجية بالتيار الكهربائي في المحطة وفي ستة من مفاعلاتها، من بينها ثلاثة مفاعلات متوقفة عن العمل للصيانة، ما أدى إلى تعطيل نظام التبريد الرئيسي. ووصل مستوى النشاط الإشعاعي الذي تم رصده حول الموقع الذي أحيط بمنطقة أمنية، وتم إجلاء القاطنين فيها إلى 20 كيلومتر.

ويعرض شكل (2-29) صورة لانفجار مفاعل «فوكوشيما» في اليابان.



شكل (2-29): صور لانفجار مفاعل «فوكوشيما» في اليابان

## 8-10-2 السلاح النووي

هو سلاح تدمير فتاك يستخدم عمليات التفاعل النووي، يعتمد في قوته التدميرية على عملية الانشطار النووي أو الاندماج النووي. ونتيجة لهذه العملية تكون قوة انفجار قنبلة نووية صغيرة أكبر بكثير من قوة انفجار أضخم القنابل التقليدية، حيث أن بإمكان قنبلة نووية واحدة تدمير أو إلحاق أضرار فادحة بمدينة بكاملها. لذا تعتبر الأسلحة النووية أسلحة دمار شامل ويخضع تصنيعها واستعمالها إلى ضوابط دولية حرجة ويمثل السعي نحو امتلاكها هدفاً تسعى إليه دول كثيرة.

وفي الوقت الحاضر توجد خمس دول أعلنت أنها دول تمتلك أسلحة نووية، وقامت بتوقيع معاهدة الحد من انتشار الأسلحة النووية وهذه الدول هي الولايات

## الطاقة وتغير المناخ...

المتحدة والاتحاد السوفيتي (روسيا حاليا) وفرنسا والمملكة المتحدة والصين. هناك دولتان أعلنتا امتلاكهما لأسلحة نووية دون أن توقعا على معاهدة الحد من انتشار الأسلحة النووية وهما باكستان والهند. وكوريا الشمالية أعلنت رسميا عن امتلاكها لأسلحة نووية لكنها لم تقدم أدلة ملموسة حول إجراء اختبار لقبيلتها النووية، ويحيط الكثير من الغموض بالملف النووي الكوري. وعلى النقيض من كوريا الشمالية كانت جنوب أفريقيا تمتلك في السابق ترسانة نووية لكنها قررت تدميرها. ويعرض شكل (2-30) صورقنابل نووية أمريكية نوع مارك 6 والنوع مارك 39.



قنبلة نووية نوع مارك 39

قنبلة نووية نوع مارك 6

شكل (2-30): قنابل نووية أمريكية نوع مارك 6 (1951 - 1955) ناتج 160

كيلوطن والنوع مارك 39 (1957 - 1966) بناتج 4 ميغا طن

ووجهت مؤخرا اتهامات إلى إيران من قبل الولايات المتحدة وبعض الحكومات الغربية بامتلاكها قنابل المواد المخصبة وهي نوع من الأسلحة النووية الانشطارية، ولكن إيران نفت هذه الاتهامات كما أصدرت فتوى بتحريم السلاح النووي من قبل المرشد الأعلى للثورة الإسلامية في إيران في عام 2003 تعتبر استخدام هذه الأسلحة

وسائر صنوف أسلحة الدمار الشامل كالأسلحة الكيماوية والبيولوجية خطراً حقيقياً على البشرية وبالتالي حراماً. وقامت منظمة الوكالة الدولية للطاقة الذرية بإجراء عمليات تفتيش على مختلف المفاعلات النووية الإيرانية عدة مرّات، منها مفاعل أراك في يوليو 2007 ومنشأة فوردو في أكتوبر 2009 .

وهناك شكوك كبيرة في امتلاك إسرائيل لأسلحة نووية، غير أن الحكومات الإسرائيلية لم تعلن أو تنكر رسمياً امتلاكها لأسلحة نووية حتى الآن. ولإسرائيل مفاعل نووي هو مفاعل ديمونة .وفي عام 1986 كشف أحد العلماء الإسرائيليين واسمه مردخاي فعنونو معلومات عن مفاعل ديمونة بعد أن قام بتصوير 60 صورة من أقسام سرية للمفاعل تقع تحت الأرض. وبعد فحص الصور والمعلومات من قبل مختصين قاموا بتأكيد أن إسرائيل استطاعت تصنيع 200 قنبلة نووية حتى عام 1986. ونتيجة لذلك تم اختطافه واعتقاله من قبل الموساد الإسرائيلي. وهناك اعتقاد سائد بأن إسرائيل قد قامت في عام 1979 بإجراء تفجير اختباري دون أن تتوفر الأدلة لإثبات هذه المزاعم. ومن الجدير بالذكر أن إسرائيل لم توقع على اتفاقية منع انتشار أسلحة الدمار الشامل والسلاح النووي. ولم تنفي أو تؤكد إذا كانت تمتلك قنابل نووية أم لا. ولكن البعض يعتقد أن إسرائيل تحيط ملفها النووي بكثير من الغموض لأهداف سياسية مع الدول العربية المجاورة مثله مثل الحرب النفسية وأن إسرائيل ليست مؤهلة تكنولوجيا لصناعة القنابل النووية وأنها لو كانت ممتلكة قنابل نووية فإنها أمريكية الصنع.

## الفصل الثالث

### المصادر المتجددة للطاقة

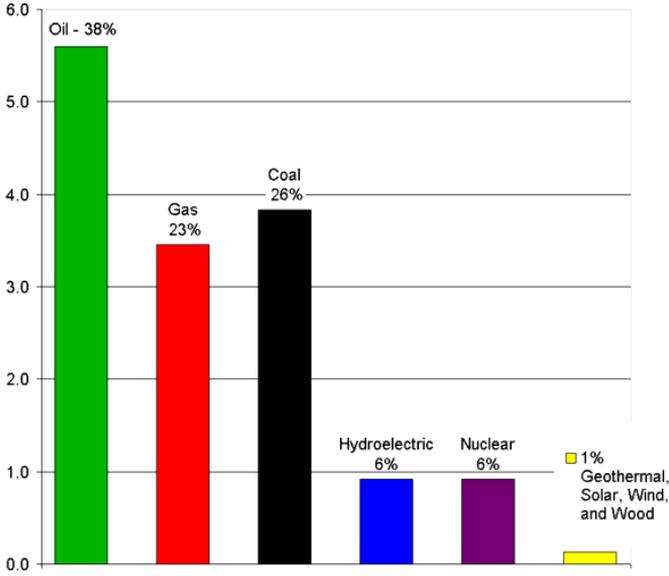




### 3-1 الطاقة المتجددة

الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أو التي لا يمكن أن تنفذ أي الطاقة المستدامة. ومصادر الطاقة المتجددة، تختلف جوهريا عن الوقود الأحفوري البترول والفحم والغاز الطبيعي، أو الوقود النووي الذي يستخدم في المفاعلات النووية. ولا تنشأ عن الطاقة المتجددة في العادة مخلفات كثاني أكسيد الكربون أو غازات ضارة أو تعمل على زيادة الاحتباس الحراري كما يحدث عند احتراق الوقود الأحفوري أو المخلفات الذرية الضارة الناتجة من مفاعلات القوي النووية. والطاقة المتجددة تُشتق من عمليات طبيعية والتي تتجدد باستمرار في أشكال مختلفة. وهي مشتقة مباشرة من الشمس، أو من الحرارة المتولدة في أعماق الأرض. ومن ضمن تعاريفها أنها هي الطاقة الكهربائية والحرارة المتولدة من الشمس، الرياح، الكتلة الحيوية، الموارد الحرارية الأرضية، والوقود الحيوي، والهيدروجين المشتق من الموارد المتجددة.

وحالياً أكثر إنتاج للطاقة المتجددة يُنتج في محطات القوي الكهرومائية بواسطة السدود العظيمة أينما وجدت الأماكن المناسبة لبنائها على الأنهار ومساقط المياه. وتستخدم الطرق التي تعتمد على الرياح والطاقة الشمسية على نطاق واسع في البلدان المتقدمة وبعض البلدان النامية. ووسائل إنتاج الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة أصبحت مألوفة في الآونة الأخيرة. وهناك بلدان عديدة وضعت خططاً لزيادة نسبة إنتاجها للطاقة المتجددة بحيث تغطي احتياجاتها من الطاقة بنسبة 20٪ من استهلاكها عام 2020. وفي مؤتمر كيوتو باليابان اتفق معظم رؤساء الدول علي تخفيض إنتاج ثاني أكسيد الكربون في الأعوام القادمة وذلك لتجنب التهديدات الرئيسية لتغير المناخ بسبب التلوث واستنفاد الوقود الأحفوري، بالإضافة للمخاطر الاجتماعية والسياسية للوقود الأحفوري والطاقة النووية. وشكل (3-1) يعرض نسب مصادر الطاقة في العالم لعام 2014.



شكل (3-1): نسب مصادر الطاقة في العالم لعام 2014

ويزداد مؤخراً ما يعرف باسم تجارة الطاقة المتجددة الذي هي نوع من الأعمال التي تتعلق بتحويل الطاقات المتجددة إلى مصادر للدخل والترويج لها، التي على الرغم من وجود الكثير من العوائق غير التقنية التي تمنع انتشار الطاقات المتجددة بشكل واسع مثل كلفة الاستثمارات العالية الابتدائية وغيرها إلا أن ما يقارب 65 دولة تخطط للاستثمار في الطاقات المتجددة، وعملت على وضع السياسات اللازمة لتطوير وتشجيع الاستثمار في الطاقات المتجددة.

وطاقة الرياح تنمو بمعدل 30% سنوياً وهي تستخدم على نطاق واسع في أوروبا، آسيا، والولايات المتحدة. ومحطات الطاقة الفولتوضوئية المعتمدة على ضوء الشمس منتشرة في ألمانيا وإيطاليا والصين واليابان وتوجد محطات الطاقة الشمسية

الحرارية في الولايات المتحدة وإسبانيا. وتمتلك البرازيل واحداً من أكبر برامج الطاقة المتجددة في العالم، حيث تقوم بإنتاج وقود الإيثانول من قصب السكر حيث يوفر الإيثانول الآن 18٪ من وقود السيارات هناك. وكذلك وقود الإيثانول متاح على نطاق واسع في الولايات المتحدة.

وحتى عام 2011، كانت الأنظمة الفولتوضوئية الشمسية الصغيرة توفر الكهرباء لضع ملايين الأسر في الهند، وأكثر من 44 مليون أسرة تستخدم الغاز الحيوي في الإضاءة والطبخ، وأكثر من 166 مليون أسرة تعتمد على الجيل الجديد من أفران الطبخ الأكثر كفاءة والتي تعمل بالكتلة الحيوية .

والتطور السريع للطاقة المتجددة وكفاءتها والتنوع التكنولوجي لمواردها من شأنه أن يؤدي إلى تأمين الطاقة وفوائدها الاقتصادية . وحلت الطاقة المتجددة محل الوقود التقليدي في أربعة مجالات مهمة وهي توليد الكهرباء والسخانات والدفايات، ووقود السيارات، وخدمات الطاقة الريفية.

والطاقة المتجددة توفر 19٪ من توليد الكهرباء في العالم. فمولدات الطاقة المتجددة تنتشر في بلدان كثيرة، وطاقة الرياح بمفردها تساهم بالفعل بحصة كبيرة في الكهرباء في بعض المناطق على سبيل المثال 14٪ في ولاية أوهايو الأمريكية، 40٪ في ولاية شلسفيج-هولشتاين شمال ألمانيا، و49٪ في الدنمارك. بعض البلدان تحصل على معظم حاجتها من الطاقة عن طريق الطاقة المتجددة، وتشمل أيسلندا 100٪، النرويج 98٪، البرازيل 86٪، النمسا 62٪، نيوزيلندا 65٪، السويد 54٪. وقد وصلت نسبة استخدام الطاقة المتجددة إلى 32٪ من إجمالي الطاقة في دول الاتحاد الأوروبي حيث نقصت نسبة استخدام الفحم إلى 30٪ عام 2012 ثم إلى 6٪ عام 2018 ونقصت نسبة انبعاث ثاني أكسيد الكربون إلى 40٪ عام 2012 ثم إلى 5٪ عام 2018.

والسخانات الشمسية تقوم بإسهام كبير في التسخين في الكثير من البلدان، أشهرها الصين، والتي تمتلك حالياً 70٪ من إجمالي العالمي . فمعظم هذه الأنظمة مثبتة على مباني يسكنها عائلات وتلبي جزءاً من احتياجات المياه الساخنة لما يقدر بحوالي 60

مليون أسرة في الصين. واستمر في النمو استخدام الكتلة الحيوية للتسخين كما في السويد، لاستخدامها لطاقة الكتلة الحيوية وتفوقها على استخدامها للنفط.

والوقود الحيوي المتجدد ساهم في تراجع كبير لاستهلاك النفط في الولايات المتحدة منذ 2006. ففي عام 2009 كان الانتاج العالمي للوقود الحيوي 93 بليون لتر ليحل محل ما يكافئ 68 بليون لتر من البنزين، يساوي حوالي 5٪ من الانتاج العالمي من البنزين .

وعلى المستوى القومي، على الأقل 30 بلداً حول العالم لديها بالفعل طاقة متجددة تساهم في أكثر من 20٪ من إمدادات الطاقة. والأسواق القومية للطاقة المتجددة من المتوقع أن تستمر في النمو بقوة في العقد القادم وما وراءه، وحوالي 120 بلد لديها أهداف سياسية مختلفة لإسهام طويل المدى في الطاقة المتجددة، وتشمل استهداف 20٪ من إجمالي الكهرباء المتولد في الاتحاد الأوروبي بحلول 2020. وبعض البلدان لديها أهداف سياسية طويلة المدى أعلى بكثير لأكثر من 100٪ من الطاقة المتجددة. ففي خارج أوروبا، مجموعة متنوعة من بلدان أخرى تستهدف إسهامات طاقة متجددة في الإطار الزمني 2020 إلى 2030 ويتراوح بين 10٪ إلى 50٪ من استهلاكها للطاقة.

وفي استطلاعات رأي عامة دولية كان هناك تأييد قوي لتعزيز الموارد المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وتتطلب مرافقا لاستخدام المزيد من الطاقة المتجددة وتقديم حوافز ضريبية لتشجيع التطوير واستخدام مثل هذه التكنولوجيا. وهناك تفاوت كبير بأن الإستثمارات في مجال الطاقة المتجددة ستؤتي ثمارها الاقتصادية على المدى الطويل.

ومخاوف التغير المناخي والاحترار العالمي، والتي تزامنت مع أسعار النفط المرتفعة والدعم الحكومي المتزايد، دفعت لزيادة التشريعات المتعلقة بالطاقة المتجددة مع الحوافز والاستخدام التجاري. فالإنفاق الحكومي الجديد والتنظيم والسياسات ساعدت الصناعة في ظل الأزمة المالية العالمية وكانت أفضل من الكثير من القطاعات الأخرى. وحسب تخطيط 2011 من الوكالة الدولية للطاقة

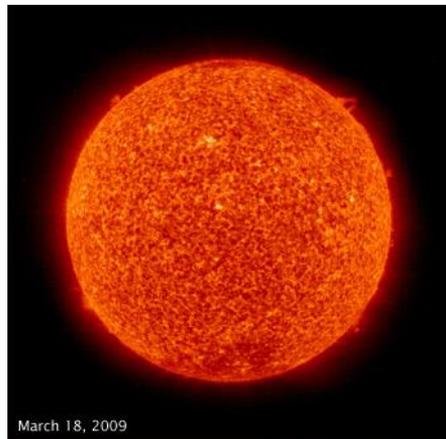
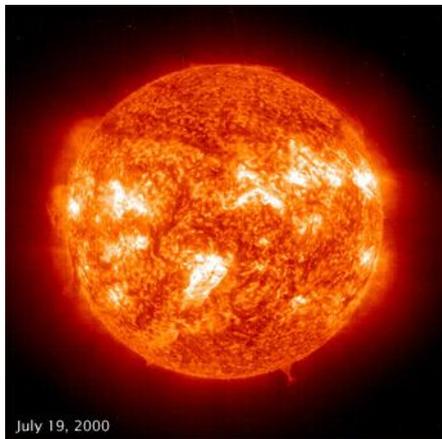
## الطاقة وتغير المناخ...

فمولدات الطاقة الشمسية قد تنتج معظم الكهرباء في العالم في غضون 50 سنة مما سيقلل بشكل كبير من انبعاثات الغازات الدفيئة التي تضر البيئة.

وموارد الطاقة المتجددة، والتي تشتق طاقتها من الشمس، سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، مثل الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح، من المتوقع أن تكون قادرة على توفير الطاقة لمدى زمني كبير.

### 2-3 الطاقة الشمسية

الشمس هي النجم المركزي للمجموعة الشمسية. وهي تقريباً كروية وتحوي بلازما حارة متشابكة مع المجال المغناطيسي. ويبلغ قطرها حوالي 1392684 كيلومتر، وهو ما يعادل 109 أضعاف قطر الأرض، وكتلتها  $2 \times 10^{30}$  كيلوجرام وهو ما يعادل 330000 ضعف كتلة الأرض مما يشكل نسبة 99.86٪ من كتلة المجموعة الشمسية. يمثل شكل (2-3) صورة مأخوذة للشمس من وكالة ناسا الأمريكية.



شكل (2-3): صورة مأخوذة للشمس بالتصوير فوق البنفسجي

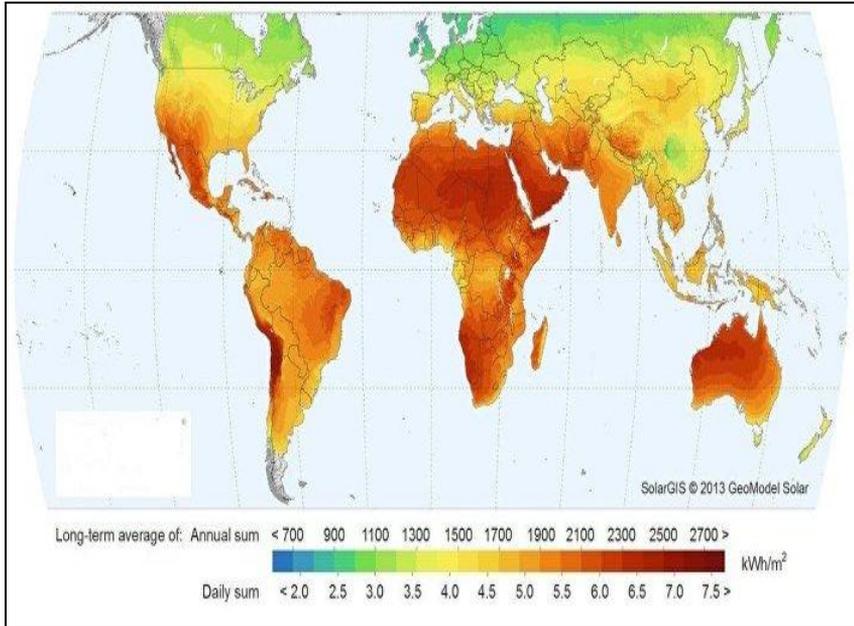
للتلسكوب (EIT) - وكالة ناسا

والشمس هي إحدى نجوم مجرتنا مجرة درب التبانة التي تحوي نحو 200 مليار نجم تقريباً، ومجرتنا نفسها تتبع مجموعة مجرات أخرى تسمى المجموعة المحلية . ويبلغ الفضاء الكوني الذي تشغله تلك المجموعة كرة نصف قطرها نحو 10 ملايين سنة ضوئية هذا بالمقارنة بسرعة الضوء الذي يصلنا من الشمس مستغرقا نحو 8 دقائق . ومن الناحية الكيميائية يشكل الهيدروجين ثلاثة أرباع مكونات الكتلة الشمسية، أما البقية فهي في معظمها هليوم مع وجود نسبة 1.69% وتقريباً تعادل 5628 من كتلة الأرض من العناصر الأثقل متضمنة الأكسجين والكربون والنيون والحديد وعناصر أخرى . والطاقة الشمسية هي الضوء والحرارة المنبعثان من الشمس ويصل بعضهما إلى الأرض فوجود الشمس عامل أساسي في استمرار الحياة على هذا الكوكب . وقد استفاد الإنسان من هذه الطاقة الشمسية منذ عصور قديمة باستخدام مجموعة من الوسائل التي تتطور باستمرار . وتضم تقنيات استخدام الطاقة الشمسية استغلال الطاقة الحرارية للشمس سواء للتسخين المباشر أو ضمن عملية تحويل ميكانيكي لحركة أو لطاقة كهربائية أو لتوليد الكهرباء عبر الظواهر الكهروضوئية باستخدام ألواح الخلايا الضوئية . بالإضافة إلى التصميمات المعمارية التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية، وهي تقنيات تستطيع المساهمة بشكل بارز في حل الكثير من مشاكل احتياج الطاقة في العالم .

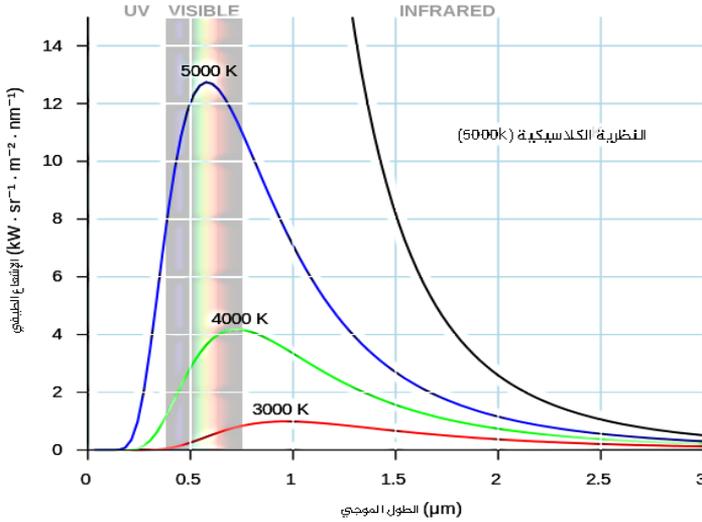
وتعزى معظم مصادر الطاقة المتجددة المتوفرة على سطح الأرض إلى الإشعاعات الشمسية مثل طاقة الرياح وطاقة الأمواج والطاقة الكهرومائية والكتلة الحيوية بالإضافة إلى مصادر الطاقة الثانوية . ومن الأهمية هنا أن نذكر أنه لم يتم استخدام سوى جزء صغير من الطاقة الشمسية المتوفرة في حياتنا . ويتم توليد طاقة كهربائية من الطاقة الشمسية بواسطة محركات حرارية أو محولات كهروضوئية . وبمجرد أن يتم تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية يكون متاح للإنسان التحكم في استخداماتها . ومن التطبيقات التي تتم باستخدام الطاقة الشمسية نظم التسخين والتبريد خلال التصميمات المعمارية التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية، والماء الصالح للشرب والزراعة خلال التقطير والتطهير أو التحلية ، واستغلال ضوء النهار، وتسخين المياه، والطهو بالطاقة الشمسية، والحصول على الطاقة الحرارية المطلوبة

لأغراض صناعية.

وشكل (3-3) يبين خريطة الإشعاع الشمسي في العالم. وشكل (3-4) يوضح علاقة الطول الموجي والإشعاع الصادر من الشمس.



شكل (3-3): خريطة الإشعاع الشمسي في العالم



شكل (3-4): علاقة الطول الموجي والاشعاع الصادر من الشمس

وتعد الطاقة الشمسية أهم مصدر حميد للطاقة على الكرة الأرضية. ويتكون الإشعاع الشمسي الكلي الذي يصل الأرض من جزئين الأول هو الإشعاع المباشر الصادر عن الشمس نفسها الذي يمكن تركيزه بواسطة العدسات أو المرايا التي يمكن أن تُصمم بحيث تتبع مسار الشمس تتبعاً كاملاً على مدار العام، أو تكون ذات ميل ثابت يمكن تغييره دورياً على حسب فصول السنة. أما الجزء الثاني هو الإشعاع المتشتت أو المنعكس سواء عند سطح الأرض أو من هواء الغلاف الجوي.

ويمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية عن طريق المنظومات الحرارية التي تجمع الإشعاع الشمسي لرفع درجة حرارة مائع ما في الغالب الماء أو عن طريق المنظومات الضوئية التي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى طاقة كهربائية. وتحدد درجة الحرارة المطلوبة نوع المنظومة الحرارية المناسبة للاستخدام. ففي التطبيقات التي تحتاج لدرجة حرارة منخفضة مثل تطبيقات تسخين المياه والهواء يمكن استخدام المجمعات المسطحة التي تستفيد من الإشعاع الشمسي الكلي. أما في التطبيقات التي تحتاج إلى درجات حرارة متوسطة أو عالية مثل توليد الكهرباء فتستخدم المركبات

الشمسية وهي مرايا مقعرة تركز الإشعاع المباشر . ونجد أهمية كبيرة لمعرفة خصائص الإشعاع الشمسي والعوامل الأخرى المرتبطة به في الموقع المزمع إقامة منظومة لتحويل الطاقة الشمسية به وهي قيم الإشعاع الشمسي على مدار العام فلا تكفي المتوسطات السنوية لتصميم منظومة اقتصادية وذات كفاءة للطاقة الشمسية . ونظراً لتغير نمط الإشعاع الشمسي اليومي والشهري والفصلي من عام إلى آخر، فإن القياسات يجب أن تكون مستمرة للوصول إلى ما يسمى بالسنة المناخية النمطية لإستخدامها في تصميم منظومات الطاقة الشمسية.

### 3-2-1 أهمية الإشعاع الشمسي

يستقبل كوكب الأرض 174 بيتا وات من الإشعاعات الشمسية القادمة إليه عند طبقة الغلاف الجوي العليا. وينعكس ما يقرب من 30% من هذه الإشعاعات عائدة إلى الفضاء بينما تُمتص النسبة الباقية بواسطة السحب والمحيطات والكتل الأرضية. ويتنشر معظم طيف الضوء الشمسي الموجود على سطح الأرض عبر المدى المرئي وبالقرب من مدى الأشعة تحت الحمراء بالإضافة إلى انتشار جزء صغير منه بالقرب من مدى الأشعة فوق البنفسجية. وتمتص مسطحات اليابسة والمحيطات والغلاف الجوي الإشعاعات الشمسية، ويؤدي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارتها فيرتفع الهواء الساخن الذي يحتوي على بخار الماء الصاعد من المحيطات مسبباً دوران الهواء الجوي أو انتقال الحرارة بخاصية الحمل في اتجاه رأسي. وعندما يرتفع الهواء إلى قمم المرتفعات، حيث تنخفض درجة الحرارة، يتكثف بخار الماء في صورة سحب تمطر على سطح الأرض، ومن ثم تتم دورة الماء في الكون. وتزيد الحرارة الكامنة لعملية تكثف الماء من انتقال الحرارة بخاصية الحمل، مما يؤدي إلى حدوث بعض الظواهر الجوية، مثل الرياح والأعاصير والأعاصير المضادة. وتعمل أطيايف ضوء الشمس التي تمتصها المحيطات وتحتفظ بها الكتل الأرضية على أن تصبح درجة حرارة سطح الأرض في المتوسط 14 درجة مئوية. ومن خلال عملية التمثيل الضوئي الذي تقوم به النباتات الخضراء، يتم تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية، مما يؤدي إلى إنتاج الطعام والأخشاب والكتل الحيوية التي يُستخرج منها الوقود الأحفوري .

## 2-2-3 الطاقة الشمسية والتخطيط المدني والمعماري

لقد أثر ضوء الشمس على تصميم المباني منذ بداية التاريخ المعماري. ولقد تم استخدام وسائل التخطيط المدني والمعماري المتطورة التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية لأول مرة بواسطة اليونانيين والصينيين الذين قاموا بإنشاء مبانيهم بحيث تكون لواجهة الجنوب للحصول على الضوء والدفء. ومن الخصائص الشائعة للتخطيط المعماري الذي يعتمد على تقنية الطاقة الشمسية إنشاء المباني بحيث يمكن استغلال هذه الطاقة وعند توافر الخصائص المناسبة مع البيئة والمناخ المحلي يمكن تشييد مباني جيدة الإضاءة ذات مدى متوسط من درجات الحرارة. ويعتبر منزل الفيلسوف اليوناني سقراط الذي يسمى ميجارون مثالاً نموذجياً للتصميمات المعمارية التي تعتمد على تقنيات الطاقة الشمسية. وتستخدم التطبيقات الحديثة الخاصة بالتصميمات المعمارية التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية بتصميمات يتم تنفيذها على الكمبيوتر بحيث تجمع بين نظم تكييف الهواء بالطاقة الشمسية والتسخين بالطاقة الشمسية التدفئة والإضاءة التي تعتمد على ضوء النهار أو الإضاءة الشمسية في تصميم معماري لاستغلال الطاقة الشمسية وبشكل متكامل. ومن الممكن أن تعوض المعدات التي تعتمد على الطاقة الشمسية مثل المضخات والمراوح والنوافذ المتحركة والتصميمات وتحسن من أداء النظام.

والمناطق الحرارية الحضرية هي مناطق يعيش فيها الإنسان وتكون درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة البيئة المحيطة بها. وتُعزى درجات الحرارة المرتفعة في هذه المناطق إلى الامتصاص المتزايد لضوء الشمس بواسطة المكونات التي تميز هذه المناطق مثل الخرسانة والأسفلت والتي تكون ذات قدرة أقل على عكس الضوء وسعة حرارية أعلى من تلك الموجودة في البيئة الطبيعية. ومن الطرق المباشرة لمعادلة تأثير الجزر الحرارية طلاء المباني والطرق باللون الأبيض وزراعة النباتات. وشكل (3-5) يعرض صورة تخطيط عمراني مع استخدام الطاقة الشمسية.



شكل (3-5): التخطيط العمراني مع استخدام الطاقة الشمسية

### 3-2-3 الطاقة الشمسية والزراعة

يسعى المعنيون بتنمية الزراعة وتطويرها إلى زيادة قدر الاستفادة من الطاقة الشمسية بهدف زيادة معدل إنتاجية النباتات المزروعة. فبعض التقنيات التي تنظم مواسم الزراعة حسب أوقات العام تقوم بتعديل اتجاه صفوف النباتات المزروعة وتنظم الارتفاعات بين الصفوف وتخلط أصناف نباتية مختلفة مما يعمل على تحسين إنتاجية المحصول. وضوء الشمس مصدرًا وفيرًا من مصادر الطاقة وكذلك له أهمية رئيسية بالنسبة للزراعة. ففي المواسم التي كانت فيها المحاصيل تنمو قصيرة خلال الفترة الجليدية زرع الفلاحون الإنجليز والفرنسيون مجموعات من أشجار فاكهة طويلة لزيادة كمية الطاقة الشمسية التي يتم تجميعها إلى الحد الأقصى. وتعمل هذه الأشجار ككتل حرارية، كما أنها تزيد من معدل نضج الفاكهة عن طريق الاحتفاظ بالفاكهة في وسط دافئ. وقديمًا كان يتم زراعة هذه الأشجار عمودية على

الأرض وفي مواجهة الجنوب ولكن بمرور الوقت تم وضعها مائلة لاستغلال ضوء الشمس على وجه أفضل. وفي عام 1699 اقترح «نيكولاس فاشيو دي دويلير» استخدام أحد الآلات التي من الممكن أن تدور على محور بحيث تتبع أشعة الشمس. وإضافة لزراعة المحاصيل تشمل تطبيقات الطاقة الشمسية في مجال الزراعة استخدامها في إدارة ماكينات ضخ الماء وتجفيف المحاصيل وتفريخ الدجاج وتجفيف السماد العضوي للدجاج الذي يستخدم للنباتات. وفي العصر الحديث تم استخدام الطاقة المتولدة بواسطة الألواح الشمسية في عمل عصائر الفاكهة. وتقوم الصوب الزجاجية بتحويل ضوء الشمس إلى حرارة، مما يؤدي إلى إمكانية زراعة جميع المحاصيل على مدار العام، حيث هناك أنواع من المحاصيل والنباتات لا يمكن لها أن تنمو في المناخ المحلي. وقد تم استخدام الصوب الزجاجية لأول مرة في العصر الروماني لزراعة الخيار حتى يمكن توفيره على مدار العام بأكمله للإمبراطور الروماني «تيريوس». ولقد تم بناء أول صوبة زجاجية حديثة لأول مرة في أوروبا في القرن السادس عشر من أجل الاحتفاظ بالنباتات الغريبة التي كان يتم جلبها من خارج البلاد بعد فحصها. ومن الجدير بالذكر أن الصوب الزجاجية ظلت تعتبر جزءاً مهماً من زراعة البساتين حتى وقتنا الحالي، وقد تم استخدام المواد البلاستيكية الشفافة أيضاً في الأنفاق المتشعبة وأغطية صفوف النباتات المزروعة لنفس الهدف.

وشكل (3-6) يعرض الزراعة في البيوت الشمسية وشكل (3-7) يوضح طريقة الري بالطاقة الشمسية.



شكل (3-6): الزراعة في البيوت الشمسية (البيوت الخضراء)



شكل (3-7): الري بالطاقة الشمسية

## 3-2-4 الإضاءة بالطاقة الشمسية

الشمس هي مصدر الضوء الطبيعي الرئيسي الأكثر استخدامًا على مر العصور. وقد عرف الرومانيون حقهم في الاستفادة من الضوء منذ القرن السادس الميلادي. وفي القرن العشرين أصبحت الإضاءة باستخدام الوسائل الصناعية المصدر الرئيسي للإضاءة الداخلية، ولكن ظلت التقنيات التي تعتمد على استغلال ضوء النهار ومحطات الإضاءة الهجينة التي تعتمد على ضوء الشمس وغيره من طرق تقليل معدل استهلاك الطاقة .

وتقوم نظم الإضاءة التي تعتمد على ضوء النهار بتجميع وتوزيع ضوء الشمس لتوفير الإضاءة الداخلية. هذا وتقوم وسائل التكنولوجيا التي تعتمد على الطاقة الشمسية بصورة مباشرة بتعويض استخدام الطاقة عن طريق استخدام الإضاءة الصناعية بدلاً منها، كما تقوم بتعويض بصورة غير مباشرة استخدام الطاقة غير الشمسية عن طريق تقليل الحاجة إلى تكييف الهواء. واستخدام الإضاءة الطبيعية له أيضًا فوائد عضوية ونفسية بالمقارنة مع الإضاءة الصناعية. وتشتمل تصميمات الإضاءة التي تعتمد على ضوء النهار على اختيار دقيق لأنواع النوافذ وحجمها واتجاهها، كما قد يتم الأخذ في الاعتبار وسائل التظليل الخارجي. وتتضمن التطبيقات الفردية من هذا النوع من الإضاءة الطبيعية وجود أسقف مسننة ونوافذ علوية للإضاءة وتثبيت أرفف على النوافذ لتوزيع الإضاءة وفتحات إضاءة في أعلى السقف وأنايب ضوئية. ويمكن تضمين هذه التطبيقات في تصاميم موجودة بالفعل، ولكنها تكون أكثر فاعلية عندما يتم دمجها في تصميم شامل يعتمد على الطاقة الشمسية بحيث يهتم ببعض العوامل مثل سطوع الضوء وتدفق الحرارة والاستغلال الجيد للوقت. وعندما يتم تنفيذ هذه التطبيقات بصورة سليمة، فمن الممكن أن يتم تقليل حجم الطاقة اللازمة للإضاءة بنسبة 25٪.

وتعتبر نظم الإضاءة الشمسية الهجينة من سبل استغلال الطاقة الشمسية الإيجابية في الإضاءة الداخلية. وتقوم هذه النظم بتجميع ضوء الشمس باستخدام مرايا عاكسة متحركة تبعًا لحركة الشمس، كما تتضمن أليفاً ضوئية لنقل الضوء إلى داخل المبنى

## الطاقة وتغير المناخ...

لزيادة الإضاءة العادية. وفي التطبيقات التي يتم الاستعانة بها في المباني ذات الطابق الواحد، تكون هذه النظم قادرة على نقل 50٪ من ضوء الشمس المباشر الذي يتم استقباله. وتعتبر الإضاءة المستمدة من الشمس التي يتم اختزانها في أثناء النهار واستخدامها للإضاءة في الليل من الأشياء المألوفة رؤيتها على طول الطرق وممرات المشاة في الدول المتقدمة.

وشكل (3-8) يوضح إضاءة الطرق بالطاقة الشمسية أما شكل (3-9) يبين إضاءة الحدائق بالطاقة الشمسية.



شكل (3-8): إضاءة الطرق بالطاقة الشمسية



شكل (3-9): إضاءة الحدائق بالطاقة الشمسية

### 3-2-5 تسخين الماء بالطاقة الشمسية

تستخدم نظم التسخين التي تعمل بالطاقة الشمسية ضوء الشمس في تسخين الماء. ففي المنخفضات الجغرافية التي تقع تحت 40 درجة مئوية. يمكن أن يتم توفير ما يتراوح من 60 إلى 70٪ من الماء الساخن المستخدم في المنازل بدرجات حرارة ترتفع إلى 60 درجة مئوية بواسطة نظم التسخين التي تعمل بالطاقة الشمسية. ويعتبر من أكثر أنواع سخانات المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية الأنابيب المفرغة 44٪ والألواح المستوية المصقولة 34٪ التي تستخدم بصفة عامة لتسخين الماء في المنازل، وكذلك الألواح البلاستيكية غير المصقولة 21٪ التي تستخدم بصفة رئيسية في تدفئة مياه حمامات السباحة.

### 3-2-6 التدفئة والتبريد والتهوية

في الولايات المتحدة الأمريكية، تحتل نظم التدفئة والتبريد والتكييف نسبة 30٪

من الطاقة المستخدمة في أماكن العمل. ويمكن استخدام تقنيات نظم التدفئة والتبريد والتهوية التي تعتمد على الطاقة الشمسية لتعويض قدر من هذه الطاقة.

ويُقصد بالكتلة الحرارية أية مادة يمكن استخدامها لتخزين الحرارة المنبعثة من الشمس. وتشتمل هذه المواد على الحجارة والأسمنت والماء. ومن الناحية التاريخية، لقد تم استخدام هذه المواد في المناطق ذات المناخ الجاف أو المناخ المعتدل الدافئ للاحتفاظ ببرودة المباني في فترات النهار عن طريق امتصاص الطاقة الشمسية في أثناء النهار وإطلاق الحرارة المخزنة في الأجواء الباردة في فترات الليل. وعلى أية حال، يمكن استخدام هذه المواد أيضًا في المناطق الباردة بشكل متوسط للاحتفاظ بالدفء فيها. ويتوقف حجم ومكان الخامات المستخدمة في تخزين حرارة الشمس على عدة عوامل، مثل الظروف المناخية والإضاءة في فترات النهار والظل. وعندما يتم تضمين هذه المواد في التصميمات، تعمل الكتلة الحرارية على الحفاظ على درجة حرارة المكان في مدى مناسب وتقلل من الحاجة إلى وسائل إضافية للتدفئة أو التبريد. وتعتبر المدخنة التي تعمل بالطاقة الشمسية أو المدخنة الحرارية، في هذا السياق إحدى نظم التهوية التي تعمل بالطاقة الشمسية والتي تتألف من عمود رأسي متصل بداخل المبنى وخارجه. فعندما ترتفع درجة حرارة المدخنة، فإن الهواء الموجود داخل المبنى يتم تسخينه لذلك ينتج عنه تيار هواء صاعد يرتفع لأعلى ويحل محله هواء بارد.

ويمكن أن يتم تحسين نتائج المدخنة عن طريق استخدام مواد ذات كتلة حرارية وأسطح مصقولة بطريقة تحاكي طريقة عمل الصوب الزجاجية. ويتم استخدام النباتات والأشجار كوسيلة للتحكم في نظم التدفئة والتبريد التي تعمل بالطاقة الشمسية. فعند زراعة هذه النباتات تقوم أوراقها بتوفير الظل للمكان في أثناء فصل الصيف، بينما تسمح الأغصان غير المورقة لضوء الشمس بالدخول إلى المبنى في أثناء فصل الشتاء. ونظرًا لأن الأشجار غير المورقة تقوم بحجب من ثلث إلى نصف الإشعاعات الشمسية الساقطة، فهناك توازن بين فوائد الظل في فصل الصيف والاحتياج إلى التدفئة في فصل الشتاء. وعموما زراعة مثل هذه الأشجار على الناحيتين الشرقية والغربية من المبنى توفر قدر من الظل في فصل الصيف دون التأثير بشكل ملحوظ على الطاقة الشمسية التي يتم الحصول عليها في فصل الشتاء.

## 3-2-7 معالجة الماء بالطاقة الشمسية

يُستخدم التقطير الشمسي لجعل الماء المالح والماء متوسط الملوحة صالحًا للشرب. وأول من استخدم هذا الأسلوب علماء الكيمياء العرب في القرن السادس عشر. هذا وقد تم تأسيس أول مشروع تقطير شمسي ضخيم في عام 1872 في مدينة لاس ساليناس التشيلية المتخصصة في التعدين. واستطاع المصنع، الذي تبلغ مساحة منطقة تجميع الطاقة الشمسية الموجودة به 4700 متر مربع، إنتاج ما يصل إلى 22.700 لتر من الماء النقي يوميًا لمدة 40 عامًا. ومن أنواع التصميمات الفردية لأجهزة التقطير الشمسي الأجهزة ذات السطح المنحدر المفرد والمزدوج (التي تشبه الصوبة الزجاجية) والأجهزة الرأسية والمخروطية وذات الألواح الماصة العكسية ومتعددة التأثير. ومن الممكن أن تعمل هذه الأجهزة في وضع نشط أو غير نشط أو مختلط. وتُعد أجهزة التقطير ذات السطح المنحدر المزدوج الأقل تكلفة ويمكن استخدامها في الأغراض المنزلية، بينما تُستخدم الأجهزة متعددة التأثير في التطبيقات واسعة النطاق. وتعتمد عملية تطهير الماء باستخدام الطاقة الشمسية على تعريض زجاجات مملوءة بالماء الجاري الذي يتعرض لضوء الشمس لعدة ساعات. وتختلف مدة التعريض للشمس حسب حالة الجو، وتتراوح من 6 ساعات كحد أدنى إلى يومين في أسوأ الظروف الجوية. وتنصح منظمة الصحة العالمية بالقيام بعملية تطهير الماء باستخدام الطاقة الشمسية كأسلوب بسيط لمعالجة الماء في المنازل والتخزين الآمن لها. ومن الجدير بالذكر أن أكثر من مليوني شخص في البلاد النامية يستخدمون عملية تطهير الماء باستخدام الطاقة الشمسية لمعالجة ماء الشرب العادية المستخدمة يوميًا.

ويمكن استخدام الطاقة الشمسية مع برك الماء الراكدة لمعالجة ماء الصرف دون استخدام مواد كيميائية أو الكهرباء. ومن المميزات البيئية الأخرى لهذا الأسلوب أن الطحالب تنمو في مثل هذه البرك وتستهلك ثاني أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي. علاوة على ذلك، يتم استخدام الطاقة الشمسية أيضًا في إزالة السموم من الماء الملوث بواسطة التحلل الضوئي. وشكل (3-10) يعرض وحدة معالجة مياه بالطاقة الشمسية.



شكل (3-10): وحدة معالجة مياه بالطاقة الشمسية

### 3-2-8 الطهو بالطاقة الشمسية

الطبخ الشمسي عبارة عن جهاز يستخدم ضوء الشمس في الطهو أو التجفيف أو البسترة. وتنقسم أنواعه إلى ثلاث فئات صناديق تحبس الحرارة ومواقد مكثفات منحنية ومواقد مسطحة على شكل ألواح. وأبسط الأنواع هو الصناديق الحابسة للحرارة. وتتكون صناديق الطهو الحابسة للحرارة بشكل أساسي من وعاء معزول وغطاء شفاف. ويمكن استخدامه بشكل فعال في الظروف الجوية السيئة حيث ترتفع درجة حرارته بشكل كبير لتصل إلى ما يتراوح بين 90 و150 درجة مئوية. أما بالنسبة لمواقد الطهو المسطحة الشمسية على شكل ألواح، فإنها تتكون من لوح عاكس لتوجيه أشعة الشمس إلى الوعاء المعزول، وينتج عنها درجة حرارة مرتفعة تصل إلى درجات مشابهة لتلك التي تصل إليها صناديق الطهو الحابسة للحرارة. أما مواقد المكثفات المنحنية الشمسية فتحتوي على الطبقة والوعاء والمرآة التي تعمل

على تجميع أشعة الشمس وتركيزها على وعاء الطهو. وينتج عن هذا النوع من المواقد درجة حرارة مرتفعة تصل إلى 315 درجة مئوية وأكثر، ولكنها تحتاج إلى ضوء مباشر لكي تعمل بشكل سليم ويجب أن يتم تغيير وضعها بحيث تكون مواجهة للشمس. أما بالنسبة للوعاء المجمع للطاقة الشمسية، فهو عبارة عن وسيلة لتركيز أشعة الشمس تم استخدامها في المطبخ الشمسي في أروفييل في الهند، حيث تم استخدام عاكس كروي الشكل ثابت يركز الضوء على طول خط عمودي على السطح الداخلي للكورة. وشكل (3-11) يعرض جهاز طبخ صغير يعمل بالطاقة الشمسية.



شكل (3-11): جهاز طبخ بالطاقة الشمسية

### 3-2-9 المتطلبات الحرارية من الطاقة الشمسية

وسائل تركيز الطاقة الشمسية مثل وحدة التجميع الشمسي على شكل قطع مكافئ من الممكن أن توفر معالجة حرارية للأغراض الصناعية والتجارية. وقد كان أول نظام تجاري هو مشروع الطاقة الشمسية المتكاملة في شيناندو في ولاية جورجيا في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث تم استخدام 114 وحدة تجميع شمسي على

شكل قطع مكافئ، واستطاعوا توفير 50٪ من متطلبات عملية المعالجة الحرارية والمتطلبات الكهربائية ومتطلبات تكييف الهواء لأحد مصانع الملابس. وقد وفر جهاز استهلاك الطاقة لإنتاج الحرارة أو الكهرباء والمتصل بالشبكة 400 كيلو واط من الكهرباء بالإضافة إلى طاقة حرارية في صورة بخار قدره 401 كيلو واط ومياه مبردة. وكما كانت له القدرة على تخزين الحرارة لمدة ساعة واحدة كحد أقصى .

ومن ناحية أخرى، فإن برك التبخير عبارة عن برك ضحلة تعمل على تركيز المواد الصلبة المذابة خلال عملية التبخر وتستخدم هذه البرك للحصول على الملح من ماء البحر، ويُعد ذلك من أقدم الاستخدامات للطاقة الشمسية.

أما الاستخدامات الحديثة لها، فتتمثل في زيادة تركيز المحاليل الملحية المستخدمة في عملية التعدين بالترشيح وإزالة المواد الصلبة المذابة من الأبخرة. وتعمل أحبال الغسيل والمناشر المتحركة والحوامل على تجفيف الملابس من خلال التبخير بواسطة الرياح وضوء الشمس دون استهلاك الكهرباء أو الغاز الحيوي. وفي عدد من الولايات الأمريكية، هناك بعض القوانين التي تحمي حق تجفيف الملابس. وحوائط التجميع بالارتشاح غير المصقولة عبارة عن حوائط مثقبة تواجه الشمس وتستخدم في تسخين الهواء المستخدم في التهوية مسبقاً. ومن الممكن أن ترفع هذه الحوائط من درجة حرارة الهواء الداخل إلى 22 درجة مئوية بينما ترفع درجة حرارة الهواء الخارج إلى ما يتراوح بين 45 و60 درجة مئوية.

وتطويع الطاقة الشمسية الحرارية هي تقنيات تعمل على استخدام الطاقة الحرارية من الشمس مباشرة لتسخين ناقل أو حامل الحرارة والتي تكون في معظم الأحيان مياه. والماء الساخن الناتج يمكن أن يستخدم للأغراض المنزلية والصناعية، ولا توجد انبعاثات تقريباً لأكاسيد الكربون لأنه لا يتم حرق وقود لتسخين المياه.

### 3-2-10 توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية

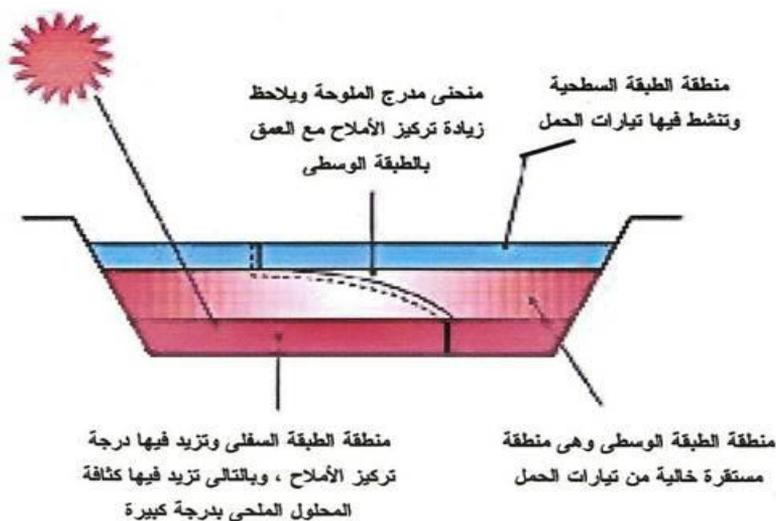
يمكن تحويل ضوء الشمس المباشر إلى كهرباء باستخدام المحولات

كهروضوئية أو الخلايا الشمسية. وكذلك تستخدم عملية تركيز الطاقة الشمسية (CSP) للحصول على طاقة حرارية قادرة على تدوير توربينات ومولدات كهربية. وتستخدم المحولات أو الخلايا الكهروضوئية بشكل أساسي لإمداد الأجهزة الصغيرة والمتوسطة بالكهرباء، بدءاً من الآلة الحاسبة التي يتم تشغيلها بواسطة خلية شمسية واحدة إلى المنازل التي لا تحتوي على شبكة كهرباء والتي يتم إمدادها بالكهرباء بواسطة مجموعة من الخلايا الكهروضوئية.

### 3-2-11 البرك الشمسية

البركة الشمسية عبارة عن بركة من المياه المالحة وغالباً ما يتراوح عمقها بين 1 و2 متر تعمل على تجميع وتخزين الطاقة الشمسية. وكان أول من طرح فكرة البرك الشمسية الدكتور «رودولف بلوك» في عام 1948 بعد أن قرأ تقارير حول بحيرة في الجبل ترتفع فيها درجة الحرارة كلما اتجهنا إلى الأعماق. وقد نتج ذلك عن الأملاح الموجودة في ماء البحيرة، والتي أدت إلى زيادة الكثافة ومنع تيارات الحمل الحراري. وتم عمل نموذج أولي في عام 1958 على شاطئ البحر الميت بالقرب من مدينة القدس. كانت هذه البركة تتكون من طبقات من المياه تتدرج درجة ملوحتها من محلول ملحي ضعيف في الأعلى إلى محلول ملحي قوي في الأسفل. وكانت هذه البركة الشمسية تتسم بإمكانية رفع درجة حرارة طبقاتها السفلية إلى 90 درجة مئوية كما تتمتع بالقدرة على توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية. وتقوم الأجهزة الكهربائية إلى الحرارة أو الكهروضوئية بتحويل الفرق في درجة الحرارة بين المواد المختلفة إلى تيار كهربائي. وفي القرن التاسع عشر قد تم استخدام هذا الأسلوب لتخزين الطاقة الشمسية بواسطة أحد رواد هذه الصناعة «موتشوت».

وشكل (3-12) يوضح مخطط للبركة الشمسية.



شكل (3-12): مخطط للبركة الشمسية

### 3-2-12 التفاعلات الكيميائية الشمسية

تستخدم الطاقة الشمسية لإنتاج تفاعلات كيميائية. وتعتبر هذه التفاعلات الكيميائية مصدرًا بديلاً للطاقة التي كان من الممكن أن تأتي من مصدر آخر، ومن الممكن أن تحوّل الطاقة الشمسية إلى وقود قابل للتخزين والنقل. ويمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية التي تدخل فيها الطاقة الشمسية إلى تفاعلات كيميائية حرارية وتفاعلات كيميائية ضوئية. تُعد تقنيات إنتاج الهيدروجين من أهم المجالات المتعلقة بالتفاعلات الكيميائية الشمسية منذ سبعينيات القرن العشرين. وبعيدًا عن التحليل الكهربائي الناتج عن الخلايا الكهروضوئية أو الكيميائية الضوئية، تم اكتشاف العديد من التفاعلات الكيميائية الحرارية أيضًا. وإحدى هذه الطرق تتمثل في استخدام أجهزة

التركيز في شطري الماء إلى أكسجين وهيدروجين في درجات حرارة عالية جداً تتراوح من 2300 إلى 2600 درجة مئوية. وكما أن هناك أسلوب آخر يستخدم الحرارة الناتجة عن أجهزة تركيز الطاقة الشمسية لإعادة تشكيل الأبخرة الناتجة عن الغاز الطبيعي، مما يزيد من النسبة الكلية للهيدروجين مقارنةً بأساليب إعادة التشكيل العادية.

وبالنسبة للدورات الكيميائية الحرارية التي تتسم بتفكيك وإعادة تكوين المواد المتفاعلة الداخلة في التفاعل، فإنها تُعتبر وسيلة أخرى لإنتاج الهيدروجين. وعملية تحليل أكسيد الزنك باستخدام الطاقة الشمسية والتي تحت التطوير في معهد وايزمان للبحث العلمي تستخدم فرن شمسي قدرته 1 ميغاوات لتحليل وتفكيك أكسيد الزنك في درجات حرارة أعلى من 1200 درجة مئوية. ويعمل هذا التفاعل الأولي على إنتاج زنك نقي، والذي يمكنه أن يتفاعل بعد ذلك مع الماء لإنتاج الهيدروجين. وتتمثل تقنية معامل «سانديا» في مشروع «صن شاين للبترو» في استخدام درجات الحرارة العالية الناتجة عن تركيز أشعة الشمس مع مادة حفازة مثل مركبات الزركونيوم أو مركب الفيرايت لتحليل ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو إلى أكسجين وأول أكسيد الكربون. و بعد ذلك يمكن استخدام أول أكسيد الكربون لتكوين الوقود العادي مثل الميثانول والجازولين ووقود الطائرات. والجهاز الكهربائي الضوئي عبارة عن بطارية يعمل المحلول الموجود بها أو ما يحل مكانه كوسط كيميائي غني بالطاقة عند إضاءة البطارية. وهذه المركبات الوسيطة الغنية بالطاقة يمكن أن يتم تخزينها لكي تتفاعل بعد ذلك مع أقطاب الخلية لإنتاج جهد كهربائي. وتُعتبر الخلية الكيميائية المكونة من ثيونين الفيرايت مثلاً على هذه التقنية. وتتكون الخلايا الكيميائية الكهربائية الضوئية من شبه موصل، وغالباً ما يكون ثاني أكسيد التيتانيوم أو أحد مركباته مغموراً في محلول إلكتروليتي. وعندما يسري تيار كهربائي ينشأ عن فرق جهد كهربائي فيضئ شبه الموصل. وهناك نوعان من الخلايا الكهربائية أو الكيميائية الضوئية. ويتمثل النوع الأول في الخلايا الكهربائية الضوئية التي تحوّل الضوء إلى كهرباء، بينما يتمثل النوع الثاني في الخلايا الكيميائية الضوئية التي تستخدم الضوء في إنتاج تفاعلات كيميائية مثل التحليل الكهربائي.

### 3-2-13 الطاقة الشمسية في المركبات والأقمار الصناعية

السيارة الشمسية عبارة عن مركبة مزودة بألواح شمسية على سطحها تقوم باستقبال أشعة الشمس وتحويلها إلى طاقة كهربية. وتمر هذه الطاقة خلال دوائر تحكم وتنظيم للتيار الكهربائي بما يناسب المحرك أو المحركات التي تدير عجلات هذه العربة، مع الاهتمام أثناء تصميم مثل هذه العربة بمراعاة عدة أمور منها خفة الوزن والمتانة والاعتمادية في اختيار المواد المكونة لمثل هذه العربة. وهذه العربة تعتمد على الشمس فقط في إدارة محركها لذلك تسمى السيارة الشمسية. ولقد كان اختراع سيارة تعمل بالطاقة الشمسية من أهم الأهداف في مجال الهندسة منذ ثمانينيات القرن العشرين. وهناك بعض السيارات العادية التي تحمل معها ألواح الطاقة الشمسية للحصول على المزيد من الطاقة، لتستخدمها على سبيل المثال للتكييف الهوائي داخلها مما يقلل من استهلاك الوقود .

وتم إنشاء أول قارب يعمل بالطاقة الشمسية في إنجلترا في عام 1975. وفي عام 1995، بدأت قوارب المسافرين التي تحتوي على الألواح الكهروضوئية في الظهور، والتي تُستخدم الآن بشكل واسع.

وفي عام 1974، تعتبر «صن رايز 2»، وهي طائرة غير مزودة بطاقم عمل بشري، أول طائرة بالطاقة الشمسية تقوم برحلة طيران. وفي التاسع والعشرين من أبريل عام 1979، تعتبر «سولار رايز» أول طائرة تقوم بأول رحلة باستخدام الطاقة الشمسية، مع التحكم فيها بشكل كامل ووجود طاقم عمل كامل ووصلت إلى ارتفاع 12 م. وفي عام 1980، كانت طائرة «جوسمار ألباتروس» التي تعمل بالطاقة الشمسية «أول طائرة تقوم برحلات سابقة من نوعها بواسطة طيار باستخدام الطاقة الكهروضوئية. وجاءت كثير من التطورات مما أدى إلى ظهور مرة أخرى طائرات غير مزودة بطاقم عمل بشري وتعمل بالطاقة الشمسية حيث تتمثل أول عودة لهذه الطائرات في طائرة باث فايندر التابعة لوكالة ناسا للفضاء عام 1997، ثم توالى بعد ذلك العديد من التصميمات الأخرى، وأهمها طائرة هليوس التي سجلت رقمًا قياسيًا في الارتفاع في الجو بالنسبة لطائرة لا تدفعها الصواريخ، حيث وصل ارتفاعها إلى 10 كم في عام

2001. وتُعد الطائرة «زيفايير» آخر الطائرات التي تعمل بالطاقة الشمسية والتي سجلت أرقامًا قياسية، ولقد قامت بتطويرها شركة «بي إي إي» حيث طارت لمدة 54 ساعة في الجو في عام 2007.

وبالنسبة للمنطاد الشمسي، فهو عبارة عن منطاد أسود مملوء بهواء عادي وعندما تشرق أشعة الشمس على المنطاد، يسخن الهواء الموجود داخله ويتمدد مما يؤدي إلى وجود قوة دافعة لأعلى، مثل المنطاد المملوء بالهواء الذي يتم تسخينه صناعيًا. وبعض المناطيد الشمسية تكون كبيرة بدرجة كافية تسمح بحمل الإنسان. وأما سفن الفضاء التي تعمل بالطاقة الشمسية والتي يتم دفعها باستخدام مرايا رقيقة للاستفادة من الطاقة الناتجة عن الشمس. وعلى العكس من الصواريخ، فإن السفن الفضائية التي تعمل بالطاقة الشمسية لا تحتاج إمدادها بالوقود. وعلى الرغم من أن قوة الدفع لأعلى ضعيفة بالمقارنة بتلك التي تخص الصواريخ، فإن السفينة تستمر في الصعود طوال فترة إشراق الشمس عليها ويمكن أن تحقق سرعات عالية في الفضاء. تجدر الإشارة إلى أن المناطيد المزودة بمحرك والتي تصل لارتفاعات عالية عبارة عن طائرة غير مزودة بطاقم عمل بشري وتستمر في الطيران لمدة طويلة كما أن وزنها أخف من وزن الهواء وتستخدم غاز الهليوم لرفعها وخلايا شمسية ذات طبقة رقيقة لإمدادها بالطاقة.

وتعتمد الأقمار الصناعية التي ترسل في مدارات حول الأرض على الطاقة الشمسية وكذلك المسبارات التي ترسل إلى كواكب المجموعة الشمسية القريبة تعتمد على ألواح ضوئية جهدية لإمدادها بالكهرباء عن طريق الأشعة الشمسية. أما بالنسبة للمسبارات التي ترسل إلى الكواكب البعيدة فيضعف الإشعاع الشمسي بحيث يتعذر الحصول على الطاقة الكهربائية المطلوبة، ولهذا تستخدم مولدات حرارية تعمل بالنظائر المشعة في تلك المناطق البعيدة عن الشمس. وشكل (3-13) يعرض سيارة تعمل بالطاقة الشمسية أما شكل (3-14) نموذج لقمر صناعي.



شكل (3-13): سيارة تعمل بالطاقة الشمسية



شكل (3-14): نموذج لقمر صناعي

### 3-2-14 أساليب تخزين الطاقة الشمسية

بالطبع، لا يمكن الحصول على الطاقة الشمسية خلال الليل. ومن ثم، يُعد تخزين الطاقة أمرًا ضروريًا لأن أنظمة الطاقة الحديثة تحتاج إلى مصدر طاقة متاح طوال الوقت .

وإن نظم الكتل الحرارية تستطيع تخزين الطاقة الشمسية في صورة حرارة في درجات حرارة مفيدة للأغراض المنزلية سواءً بشكل يومي أو على مدار الموسم. وتستخدم أجهزة تخزين الحرارة بشكل عام المواد المتاحة بالفعل ذات سعة حرارية نوعية عالية، مثل الماء والتراب والأحجار. وتستطيع الأجهزة جيدة الصنع أن تقلل توقعات الطلب القصوى من الطاقة وتحول مدة الاستخدام إلى الاستخدام في غير ساعات الذروة وتقلل من متطلبات التسخين والتبريد الكلية. تُعد المواد متغيرة الطور مثل شمع البرافين وملح جلوبير ومحلول مولتن من مصادر تخزين الطاقة الحرارية أيضًا. وهذه المواد تكون غير مكلفة وجاهزة للاستخدام ويمكنها الوصول إلى درجات حرارة مفيدة للأغراض المنزلية. فيمكن تخزين الطاقة الشمسية بدرجات حرارة عالية جدًا باستخدام الأملاح المذابة. وتُعد الأملاح وسيلة فعالة للتخزين لأنها منخفضة التكلفة ولها سعة حرارية نوعية عالية ويمكن أن تجعل درجة الحرارة تصل إلى درجات مناسبة لتلك الخاصة بأجهزة تخزين الطاقة العادية. والطاقة الكهرومائية التي يتم تخزينها عن طريق الضخ تعمل على تخزين الطاقة في صورة ماء يتم ضخه عندما يكون هناك مصدر للطاقة من خزان قليل الارتفاع إلى خزان مرتفع. ويتم استعادة الطاقة عندما تكون هناك حاجة إلى مزيد من الطاقة عن طريق تحرير الماء لتجري خلال مولد طاقة كهربي مائي.

### 3-2-15 التطوير والتوزيع والاقتصاد

بدءًا بالاستخدام المتزايد للفحم الذي تزامن مع الثورة الصناعية، تحول استهلاك الطاقة بشكل ثابت من الخشب والكتل الحيوية إلى الوقود الاحفوري. ونتج التطور المبكر لتقنيات استخدام الطاقة الشمسية، والذي بدأ في ستينيات القرن التاسع عشر، عن توقع احتمالية ندرة الفحم في وقت قريب. ومع ذلك، فقد أصبح تطور تقنيات استخدام الطاقة الشمسية أبطء في بدايات القرن العشرين نظرًا لزيادة استخدام الفحم والبتروول ولوفرته ورخص ثمنه. كما أدى حظر استخدام النفط في عام 1973 وأزمة الطاقة التي حدثت في عام 1979 إلى إعادة تنظيم سياسات استهلاك الطاقة حول العالم وإعادة الاهتمام مجددًا بتطوير تقنيات استخدام الطاقة الشمسية. وقد ركزت استراتيجيات توزيع الطاقة على البرامج المحفزة مثل برنامج

«استخدام الطاقة الكهروضوئية» في الولايات المتحدة الأمريكية وبرنامج «صن شاين» في اليابان. كذلك، ومن مظاهر الجهود التي بذلت أيضًا إنشاء أماكن ومعامل للبحث العلمي في الولايات المتحدة الأمريكية والمعروفة حاليًا بالمعامل القومية لمصادر الطاقة المتجددة وفي اليابان منظمة تطوير تكنولوجيا الصناعة والطاقة الجديدة وفي ألمانيا؛ جمعية فراونهوفر للطاقة .

وبدأت سخانات الماء التجارية التي تعمل بالطاقة الشمسية بالظهور في الولايات المتحدة الأمريكية في تسعينيات القرن التاسع عشر. وشهدت الأجهزة استخدامًا متزايدًا حتى عشرينات القرن العشرين، ولكن تم استبدالها بالتدريج بوقود تسخين أرخص ثمناً وأكثر فاعلية. وكما هو الحال بالنسبة للأجهزة التي تعمل بالطاقة الفولتوضوئية، فإن سخانات الماء التي تعمل بالطاقة الشمسية جذبت الانتباه مجددًا إليها نتيجةً لأزمة النفط في سبعينيات القرن العشرين، ولكن تقلص حجم هذا الاهتمام في ثمانينيات القرن العشرين بسبب هبوط أسعار البترول. واستمر تطور أجهزة تسخين الماء التي تعمل بالطاقة الشمسية بشكل مطرد على مدار التسعينيات وأصبح متوسط معدل النمو 20٪ في السنة منذ عام 1999.

### 3-2-16 الطاقة الشمسية الحرارية

يتم استغلال الطاقة الشمسية الحرارية باستخدام مجمع الطاقة الشمسية الحرارية وهو مجمع يتم تصميمه لتجميع الحرارة عن طريق امتصاص أشعة الشمس. والمجمع هو جهاز يهدف لتحويل الطاقة الحرارية الموجودة في أشعة الشمس أو الإشعاع الشمسي إلى صورة أكثر قابلية للاستخدام والتخزين. وهذه الطاقة تكون على هيئة أشعة كهرومغناطيسية تتراوح أطوالها الموجية بين الأشعة تحت الحمراء إلى الأشعة فوق بنفسجية. وتصل كمية الطاقة الشمسية التي تضرب سطح الأرض إلى حوالي 1000 وات لكل متر مربع تحت السماء الصافية وهذا يتوقف على الظروف الجوية والموقع واتجاه السطح .

وتعتبر الألواح الشمسية المستخدمة لتسخين المياه المعروفة بالسخانات الشمسية أحد الأشكال الشائعة لمجمعات الطاقة الشمسية الحرارية المستخدمة في

المنازل، ولكن مصطلح «مجمع الطاقة الشمسية الحرارية» قد يشير أيضاً إلى تركيبات أكثر تعقيداً لتركيز وتجميع الطاقة الشمسية الحرارية مثل مراكز الطاقة الشمسية أو أحواض الطاقة الشمسية أو أبراج الطاقة الشمسية، أو يشير إلى تركيبات أقل تركيزاً للحرارة وأقل تعقيداً مثل التدفئة الشمسية للهواء وبرج شمسي للتيار الهوائي الصاعد. كما تستخدم محطات الطاقة الشمسية عادة المجمعات الأكثر تعقيداً لتوليد الكهرباء عن طريق تسخين الماء لإنتاج البخار والذي يحرك توربين متصل بمولد كهربائي. وعادة ما تستخدم المجمعات الأقل تعقيداً في المباني السكنية والتجارية للتدفئة الإضافية للمباني. وشكل (3-15) يوضح تسخين المياه بالطاقة الشمسية.



شكل (3-15): تسخين المياه بالطاقة الشمسية

### 3-2-17 أنواع المجمعات الشمسية المستخدمة لتجميع الحرارة

تقع المجمعات الشمسية في فئتين عامتين وهما المجمعات غير المركزة والمجمعات المركزة. وفي النوع غير المركز، تكون منطقة التجميع أي المنطقة التي تعترض الإشعاع الشمسي هي نفس منطقة الامتصاص أي المنطقة التي تمتص الإشعاع. وفي مثل هذه الأنواع، يمتص المجمع الطاقة الشمسية بأكملها. ومنها مجمعات الألواح المسطحة ومجمعات الأنابيب المفرغة لتجميع الحرارة لأغراض تدفئة المباني أو لتدفئة المياه المنزلية أو للتبريد باستخدام مبردات الامتصاص.

### 3-2-18 مجمع التخزين المتكامل

التخزين بالمجمع المتكامل هو وسيلة لتخزين الطاقة الحرارية داخل مجمع. وعلى الرغم من أن المجمع الحراري القياسي لديه بعض السعة التخزينية داخل الأنابيب الخاصة به، إلا أن مجمع التخزين المتكامل يعمل من خلال إمّا أنابيب كبيرة الحجم أو قنوات في صندوق مستطيل كبير من أجل زيادة السعة التخزينية للسائل داخل المجمع. وهذا يسمح لتوفر قدرة حرارية إضافية دون الحاجة إلى خزان معزول منفصل. وشكل (3-16) يعرض مجمع التخزين المتكامل.



شكل (3-16): مجمع التخزين المتكامل

## 3-2- 19 مجمعات الألواح المسطحة

مجمعات الألواح المسطحة، التي تم تطويرها بواسطة هوتيل وويلير عام 1950، تعد النوع الأكثر شيوعاً. وهي تتكون من لوح مسطح داكن لامتصاص الطاقة الشمسية، وغطاء شفاف يسمح للطاقة الشمسية بالمرور ولكنه يقلل من فقدان الحرارة، وسائل لنقل الحرارة غالباً يكون الماء لامتصاص الحرارة من اللوح، وداعم أو غطاء لعزل الحرارة. ويتكون لوح الامتصاص من طبقة امتصاص رقيقة من بوليمرات ثابتة حرارياً، ألومنيوم، صلب أو نحاس، والتي يتم طلاؤها بطلاء أسود لامع أو انتقائي مدعومة في كثير من الأحيان بشبكة أو ملف من أنابيب بها سائل موضوع في غلاف معزول من الزجاج أو غطاء من البولي كربونات. وفي ألواح تسخين المياه، عادة ما يتم تمرير السائل خلال أنابيب لنقل الحرارة من لوح الامتصاص إلى خزان مياه معزول. وقد يتحقق ذلك مباشرة أو عن طريق مبادل حراري. فمعظم الشركات المصنعة لمجمعات تسخين الهواء وبعض الشركات المصنعة لمجمعات تسخين المياه لديها لوح امتصاص مكون من لوحين من المعدن يمر بينهما السائل. ولأن منطقة التبادل الحراري أكبر، فإنها قد تكون أكثر كفاءة قليلاً من ألواح الامتصاص التقليدية .

وهنا يمر ضوء الشمس عبر الواجهات الزجاجية ويضرب لوح الامتصاص، والذي حينما يسخن يحول الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية. ويتم نقل الحرارة إلى السائل الذي يمر خلال الأنابيب المتصلة بلوح الامتصاص. وعادة ما يتم طلاء ألواح الامتصاص «بطلاءات انتقائية»، والتي بدورها تمتص وتحفظ بالحرارة بدرجة أفضل من الطلاء الأسود العادي. وعادة ما تصنع ألواح الامتصاص من معدن النحاس أو الألومنيوم لأن لتوصيلهما الجيد للحرارة. ويعتبر النحاس أكثر تكلفة ولكنه موصل أفضل وأقل عرضة للتآكل مقارنة بالألومنيوم.

ومعظم مجمعات الألواح المسطحة لديها متوسط عمر متوقع أكثر من 25 سنة . والإستخدام الرئيسي لهذه التقنية يكون في المباني السكنية حيث يكون الطلب على الماء الساخن له تأثير كبير على فواتير الطاقة. وهذا يعني بشكل عام الوضع في عائلة

## الطاقة وتغير المناخ... ---

كبيرة، أو الحالة التي يكون فيها الطلب على الماء الساخن متزايدا أو مفرطا بسبب الغسيل المتكرر. وتشمل التطبيقات التجارية المغاسل، وغسيل السيارات، ومرافق غسيل الملابس العسكرية، ومؤسسات الأعممة. ويمكن استخدام هذه التقنية أيضا لأغراض التدفئة إذا كان المبنى موجود خارج نطاق الشبكة أو إذا كانت طاقة الاستخدام معرضة للانقطاع المتكرر. ونظم تسخين المياه بالطاقة الشمسية من المرجح أن تكون فعالة من حيث التكلفة مقارنة بأنظمة تسخين المياه والتي تعد مكلفة التشغيل، أو مع عمليات مثل المغاسل أو المطابخ والتي تتطلب كميات كبيرة من الماء الساخن. ويشيع استخدام المجمعات السائلة الغير مطلية لتسخين المياه في حمامات السباحة. ولأن هذه المجمعات لا تحتاج تحمل درجات حرارة عالية، فإنها يمكن أن تستخدم مواد أقل تكلفة مثل البلاستيك أو المطاط. وشكل (3-17) يعرض مجمع الألواح المسطحة.



شكل (3-17): مجمع الألواح المسطحة

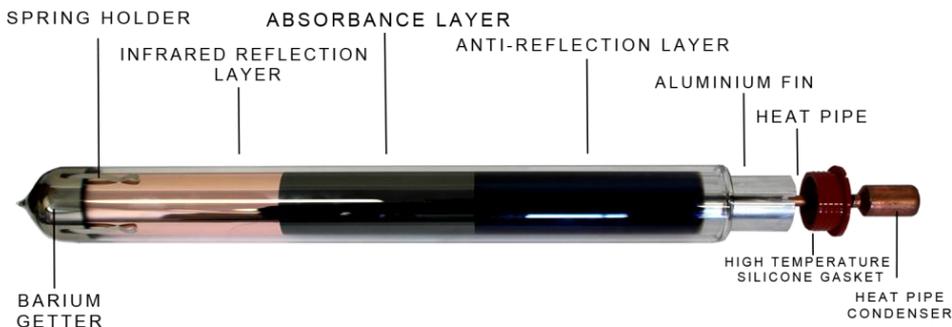
## 3-2-20 مجمعات الأنابيب المفرغة

معظم مجمعات الأنابيب المفرغة المستخدمة في أوروبا الوسطى تستخدم أنابيب الحرارة لجوهرها بدلا من تمرير سائل مباشرة من خلالها. ويعتبر التدفق المباشر هو الأكثر شيوعا في الصين. وتتكون أنابيب الحرارة المفرغة من أنابيب زجاجية مفرغة عديدة كل منها يحتوي على لوح امتصاص مدمج أو ملتحم بأنبوبة حرارية. ويتم نقل الحرارة من الطرف الساخن للأنابيب الحرارية إلى الماء. والفراغ الذي يحيط بخارج الأنبوبة يقلل إلى حد كبير من الحمل الحراري والتوصيل وفقدان الحرارة إلى الخارج، لذلك يحقق قدر أكبر من الكفاءة من مجمعات الألواح المسطحة، وخاصة في الأحوال الجوية الأكثر برودة. ويتم فقدان هذه الميزة إلى حد كبير في الظروف المناخية الحارة، إلا في الحالات التي يكون فيها الماء الساخن جدا مرغوب فيه، على سبيل المثال مياه العمليات التجارية. ودرجات الحرارة المرتفعة التي يمكن أن تحدث قد تتطلب تصميم نظام خاص لمنع السخونة الزائدة.

وبعض الأنابيب المفرغة يتم صنعها من طبقة واحدة من الزجاج والتي تلتحم أو تندمج بالأنبوبة الحرارية في النهاية العلوية وتحيط بالأنبوبة الحرارية وبلوح الامتصاص في الفراغ. والبعض تكون مصنوعة من طبقة مزدوجة من الزجاج ملتحمة ببعضها عند إحدى أو كلا النهايات داخل الفراغ ما بين الطبقات حيث يكون لوح الامتصاص والأنبوبة الحرارية موجودين في الضغط الجوي العادي. وشكل (3-18) يوضح مجمع الأنابيب المفرغة أما شكل (3-19) فيبين تركيب الأنبوبة المفرغة.



شكل (3-18): مجمع الأنابيب المفرغة

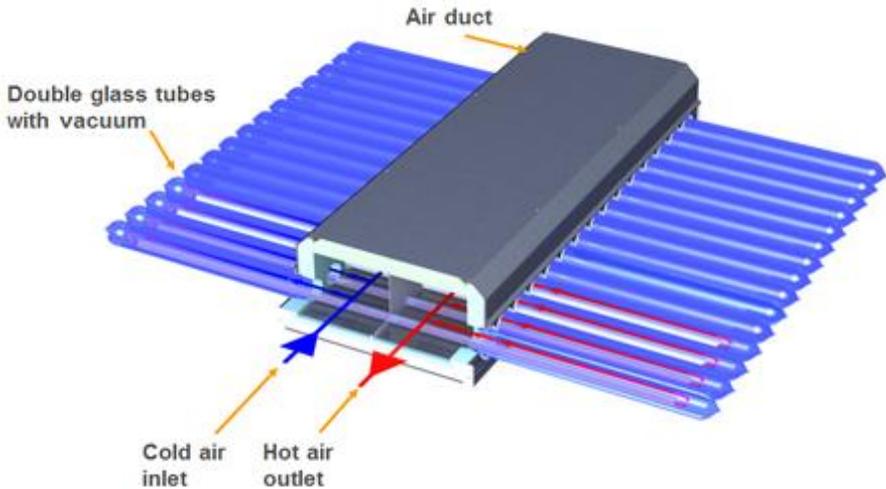


شكل (3-19): تركيب الأنبوبة المفرغة

### 21-2-3 مجمعات تسخين الهواء

مجمعات الطاقة الشمسية لتسخين الهواء هي مجمعات تسخن الهواء بشكل مباشر، ودائما تستخدم لأغراض التدفئة. كما أنها تستخدم أيضا في التسخين المسبق للهواء في بعض الأنظمة الصناعية والتجارية. كما إنها تقع في فئتين هي المطلية وغير المطلية. فالأنظمة المطلية لها طبقة علوية شفافة وكذلك جانب معزول وألواح

خلفية للتقليل من فقدان الحرارة إلى الجو المحيط. ويمكن لألواح الامتصاص في الألواح الحديثة أن تمتلك امتصاصية أكبر من 93٪. ويمر الهواء عادة على طول الجهة الأمامية أو الخلفية من لوح الامتصاص عندما يتم فصل الحرارة مباشرة منه. ويمكن بعد ذلك أن يتم توزيع الهواء المسخن مباشرة لبعض التطبيقات مثل أغراض التدفئة والتجفيف أو قد يتم تخزينه لاستخدامه في وقت لاحق. والأنظمة غير المطلية، أو الأنظمة الهوائية الظاهرة، تتكون من لوح امتصاص يعبر من خلاله الهواء حيث أنه يفصل الحرارة من لوح الامتصاص. وتستخدم عادة هذه الأنظمة في التسخين المسبق للهواء في المباني التجارية. وتعد هذه التقنيات من بين التقنيات الشمسية المتاحة والاقتصادية والأكثر كفاءة والتي يمكن الاعتماد عليها. وعمر الألواح الشمسية المطلية لتسخين الهواء قد يكون لمدة أقل من 15 سنة تبعاً للوقود الذي يتم استبداله. وشكل (3-20) يوضح نموذج المجمع الشمسي لتسخين الهواء.



شكل (3-20): المجمع الشمسي لتسخين الهواء

### 22-2-3 المجمع الطبقي

هو أحد مجمعات الطاقة الشمسية الحرارية والتي تعمل على غرار طبق القطع المكافئ، ولكن بدلا من استخدام مرآة تعقب مكافئة ذات جهاز استقبال ثابت، يمتلك المجمع مرآة كروية ثابتة ذات جهاز استقبال تباعي. وهذا يقلل من كفاءتها ولكن يجعلها أقل ثمناً لكي يتم بنائها وتشغيلها. ويطلق عليها المصممون مرآة ثابتة موزعة لنظام للطاقة الشمسية المركزة. ويتمثل السبب الرئيسي لتطويرها في تقليل تكاليف تحريك مرآة كبيرة لتعقب الشمس كما هو الحال في أنظمة المجمعات ذو شكل الطبقي.

والمرآة الثابتة المكافئة تكون صورة مختلفة للشمس وهي تتحرك في عرض السماء. فقط عندما توجه المرآة مباشرة للشمس، حيث يتركز الضوء في نقطة واحدة. وهذا هو السبب في أن أنظمة طبق القطع المكافئ تتبع الشمس. وتقوم المرآة الكروية الثابتة بتركيز الضوء في نفس المكان غير معتمدة على موضع الشمس. ومع ذلك، فإنه لا يتم توجيه الضوء إلى نقطة واحدة ولكن يتم توزيعه على خط من سطح المرآة لأحد أنصاف قطرها (على طول الخط الذي يمر عبر مركز الكرة والشمس. وشكل (21-3) المجمع الشمسي الطبقي.



شكل (21-3): المجمع الشمسي الطبقي

وبما أن الشمس تتحرك عبر السماء، فإن فتحة العدسة لأي مجمع ثابت تتغير. وهذا يسبب تغيرات في كمية ضوء الشمس الملتقطة، منتجة ما يسمى بالتأثير الجيبي لإنتاج الطاقة. فالمؤيدين لتصميم يدعون بأنه يمكن تعويض انخفاض ناتج الطاقة الإجمالي مقارنة بمرايات القطع المكافئ المتتبعه عن طريق خفض تكاليف النظام. وضوء الشمس المركز على الخط المحوري للعاكس الكروي يتم تجميعه باستخدام جهاز استقبال تباعي. ويتمحور جهاز الاستقبال حول خط الاتصال وعادة ما يتم مواجهته. وقد يتكون هذا الجهاز من أنابيب تحمل السوائل من أجل النقل الحراري أو خلايا كهروضوئية للتحويل المباشر للضوء إلى كهرباء. وقد نتج تصميم المجمع الشمسي الطبقة من مشروع لقسم الهندسة الكهربائية لجامعة تكساس التقنية لتطوير مشروع لإنتاج طاقة مقدارها 5 ميغا وات.

### 3-2-23 المجمعات الشمسية المستخدمة لتوليد الكهرباء

تستخدم أحواض القطع المكافئ والأطباق والأبراج بشكل حصري في محطات توليد الطاقة الشمسية أو للأغراض البحثية. وعلى الرغم من بساطتها، إلا أن هذه المراكز الشمسية لا تزال بعيدة تماما عن التركيز الأقصى النظري. فعلى سبيل المثال، تركيز أحواض القطع المكافئ هي حوالي ثلث الحد الأقصى النظري. وقد يتم تحقيق الإقتراب من الحد الأقصى النظري عن طريق استخدام مراكز أكثر تطورا.

### 3-2-24 حوض القطع المكافئ

يستخدم عادة هذا النوع من المجمعات في محطات الطاقة الشمسية. حيث يتم استخدام عاكس قطع مكافئ على شكل حوض لتركيز أشعة الشمس على أنبوب معزول، موضوع عند نقطة الاتصال، وتحتوي على سائل تبريد والذي يعمل على نقل الحرارة من المجمعات إلى الغلايات في محطة توليد الكهرباء وشكل (3-22) يوضح مجمع القطع حوض المكافئ.



شكل (3-22): مجمع حوض القطع المكافئ

### 3-2-25 طبق القطع المكافئ

هذا هو النوع الأكثر قوة من المجمعات. حيث يقوم واحد أو أكثر من الأطباق مكافئة المقطع بتركيز الطاقة الشمسية عند نقطة اتصال واحدة، بطريقة مشابهة لتلسكوب عاكس والذي يقوم بتركيز ضوء النجوم، أو لطبق هوائي يستخدم لتركيز موجات الراديو اللاسلكية. ويمكن استخدام هذه الهندسة في أفران الطاقة الشمسية ومحطات توليد الطاقة الشمسية. هناك نوعان من الظواهر الرئيسية يمكن فهمهما لاستيعاب تصميم طبق مكافئ المقطع. وإحدهما هي أن شكل القطع المكافئ يتم تعريفه بحيث أن الأشعة الواردة والتي هي موازية لمحور الطبق سوف يتم عكسها تجاه البؤرة، بغض النظر عن مكان وصولها على الطبق. المفتاح الثاني هو أن أشعة الضوء من الشمس والتي تصل لسطح الأرض تكاد تكون متوازية تماما. لذا، إذا كان

الطبق محاذيا مع محوره مشيرا إلى الشمس، فإنه سوف يتم انعكاس تقريبا كل الأشعة الواردة تجاه نقطة البؤرة للطبق، حيث أن الطبق يتم تصميمه عموما ليكون صغيرا ويكون هذا العامل غير ذي أهمية في يوم مشمس. وفي تصاميم محطات توليد الطاقة باستخدام الأطباق مكافئة المقطع، يتم وضع محرك ستيرلينج بالإضافة إلى دينامو في بؤرة الطبق، والتي تمتص الحرارة من الإشعاع الشمسي الحاد وتحوّله إلى كهرباء.

وشكل (3-23) يوضح حقل من مجمعات طبق القطع المكافئ.

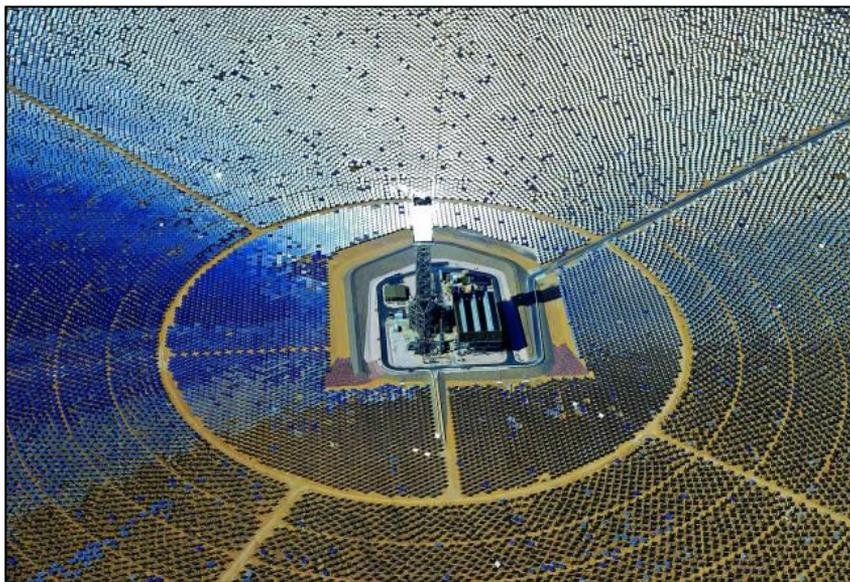


شكل (3-23): حقل مجمعات طبق القطع المكافئ

### 3-2-26 برج الطاقة الشمسية

برج الطاقة هو عبارة عن برج كبير محاط بمرايا للتتبع يُطلق عليها هليوستات. وتلك المرايا تحاذي بعضها البعض وتركز أشعة الشمس على جهاز الاستقبال عند الجزء العلوي من البرج، ويتم تحويل الحرارة المجمعة إلى محطة توليد الكهرباء

بالأسفل. وشكل (3-24) يعرض حقل برج الطاقة الشمسية في كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية.



شكل (3-24): حقل برج الطاقة الشمسية في كاليفورنيا - الولايات المتحدة الأمريكية

### 3-2-27 مزايا إنتاج الكهرباء بالمركبات الشمسية

هنا يتم الوصول إلى درجات حرارة عالية جدا. فدرجات الحرارة المرتفعة تكون مناسبة لتوليد الكهرباء باستخدام الطرق التقليدية مثل التوربين البخاري أو بعض التفاعلات الكيميائية عالية الحرارة المباشرة مثل الملح السائل. ومن مزايا إنتاج الكهرباء بمركبات الطاقة الشمسية.

• الكفاءة الجيدة، عن طريق تركيز أشعة الشمس. فإن أنظمة تركيز الطاقة الشمسية غالبا لها كفاءة أفضل من الخلايا الشمسية البسيطة.

• يمكن تغطية مساحة أكبر باستخدام المرايا غير المكلفة نسبياً بدلاً من

استخدام الخلايا الشمسية المكلفة.

- يمكن إعادة توجيه الضوء المركز إلى موقع مناسب عبر كابل الألياف البصرية وعلى سبيل المثال المباني المضيئة.
- يتم تحقيق تخزين الحرارة لإنتاج الطاقة أثناء الظروف الجوية الغائمة وخلال الليل في الغالب بواسطة صهريج تخزين تحت الأرض من السوائل الساخنة. وقد استخدمت الأملاح المنصهرة للحصول على طاقة دائمة.

### 3-2-28 عيوب إنتاج الكهرباء بالتركيزات الشمسية

- أنظمة التركيز تتطلب وجود نظام تتبع للشمس للحفاظ على تركيز أشعة الشمس على المجموع.
- عدم القدرة على توفير الطاقة في ظروف انتشار الضوء. الخلايا الشمسية قادرة على توفير بعض الإنتاج حتى لو كانت السماء غائمة قليلاً، ولكن ناتج الطاقة من أنظمة التركيز ينخفض بشكل كبير في الظروف الغائمة حيث أنه لا يمكن تركيز الضوء المنتشر بشكل سلبي.

### 3-2-29 أنظمة الطاقة الكهروضوئية

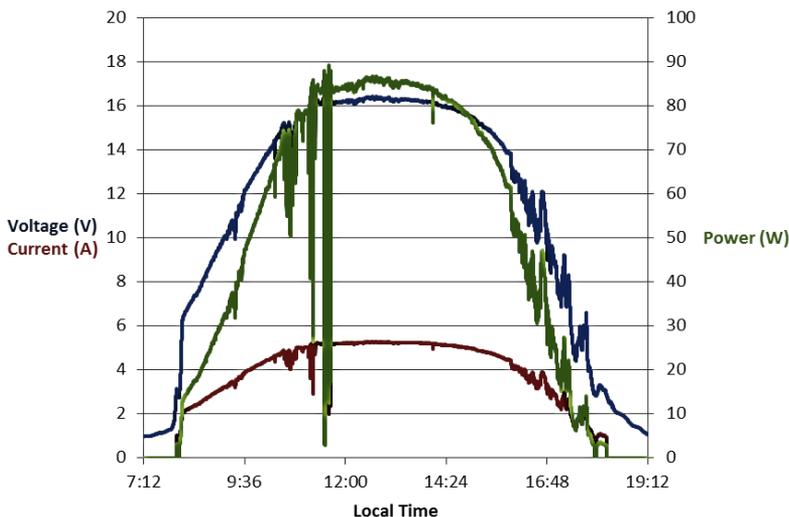
ساهمت الطاقة الشمسية بالفعل الى حد 94٪ من استخدام كوكبنا للطاقة. وتقوم الأشعة الشمسية بتدفئة سطح الارض وغلافها الجوي من درجة حرارة الفضاء البالغة من 273- درجة مئوية إلى +14.5 درجة مئوية في المتوسط، وبهذا هي تمكن جميع أنواع الحياة. ومن دون الطاقة الشمسية، ستكون الارض قطعة صخرية في الفضاء بدرجة حرارة قريبة من الصفر المطلق.

والتقنية الكهروضوئية هي التطبيق الأكثر تنوعاً للطاقة الشمسية، حيث تمكّن القدرة الكهربائية الشمسية المتولدة عن طريق التحويل المباشر لضوء الشمسية الى كهرباء. وفي الوقت الحاضر تقوم الأنظمة الكهروضوئية بتحويل 15٪ من الأشعة الشمسية القادمة على الاقل الى كهرباء مستدامة على جميع أجزاء الأرض بعمر افتراضى 30 عاما لكل خلية. فعندما يسقط ضوء الشمس على الخلية فإن جزء معين منها داخل المادة الشبه موصلة يقوم بامتصاص الضوء وتنطلق الإلكترونات والتدفق

كثيار في اتجاه معين. ويمكننا أن نسحب التيار للاستعمال الخارجي وذلك بوضع وصلات معدنية في قمة وأسفل الخلايا الكهروضوئية. والتيار مع الجهد الكهربائي للخلية يقومان بتحديد القدرة الكهربائية التي يمكن أن تنتجها الخلية الشمسية. وشكل (3-25) يوضح استخدام الخلايا الفولتوضوئية فوق أسطح المنازل لتوليد الكهرباء. أما شكل (3-26) فيوضح الكهرباء الناتجة من خلية كهروضوئية خلال اليوم.



شكل (3-25): استخدام الخلايا الفولتوضوئية فوق أسطح المنازل لتوليد الكهرباء



شكل (3-26): الكهرباء المنتجة من خلية ضوئية خلال اليوم

## 3-2-30 أنواع الخلايا الشمسية

الخلايا الغير متصلة بالشبكة الكهربائية وتتكون من وحدات كهروضوئية ونظام تخزين يضمن توفير الطاقة الكهربائية أثناء الليل. وهذه الخلايا مفيدة من الناحية الفنية والمالية لأنها يمكن أن تحل محل مجموعات المولدات الكهربائية عندما تكون الشبكة الكهربائية غير موجودة أو عندما لا يكون من السهل الوصول إليها. ومن تطبيقات هذا النوع ضخ معدات المياه، تشغيل الرادارات، في محطات رصد الطقس أو الزلازل ونقل البيانات، أنظمة البرق، نظم الإشارات للطرق والموانئ والمطارات، المنشآت الإعلانية، محطات الإرسال وشبكات الهاتف. أما الخلايا الكهروضوئية المتصلة بالشبكات بشكل دائم الطاقة فانها تغذي الشبكة خلال الساعات التي لا يستطيع فيها مولد الطاقة الكهروضوئية إنتاج الطاقة اللازمة لتلبية احتياجات المستهلك. على العكس من ذلك، إذا كان النظام الكهروضوئي ينتج طاقة كهربائية زائدة، فإن الفائض يوضع في الشبكة. ومن مميزات هذا النوع من الخلايا تقديم ميزة التوزيع بدلاً من التوليد المركزي، حيث أن الطاقة المنتجة بالقرب من منطقة الاستهلاك لها قيمة أعلى من تلك المنتجة في محطات الطاقة الكبيرة التقليدية، لأن خسائر الإرسال محدودة ومصروفات النقل الكبيرة وإرسال الأنظمة الكهربائية يتم تخفيضها. بالإضافة إلى ذلك، يسمح إنتاج الطاقة في ساعات التشميس بخفض متطلبات الشبكة خلال النهار، أي عندما يكون الطلب أعلى .

والخلايا الشمسية المتحركة تحتوي على المتبع الشمسي وهو جهاز يعمل على تحريك الخلية من الشرق الى الغرب لاستغلال أطول مدة زمنية من أشعة الشمس. وفي التطبيقات الكهروضوئية المسطحة يمكن استخدام أجهزة التعقب هذه أو المتتبعات الشمسية لتقليل زاوية الحدوث بين ضوء الشمس القادم والخلايا الضوئية. وهذا يزيد من كمية الطاقة الكهربائية المنتجة. وفي التطبيقات الكهروضوئية المعيارية. وشكل (3-27) يوضح حقل خلايا كهروضوئية متحركة.



شكل (3-27): حقل خلايا كهروضوئية متحركة

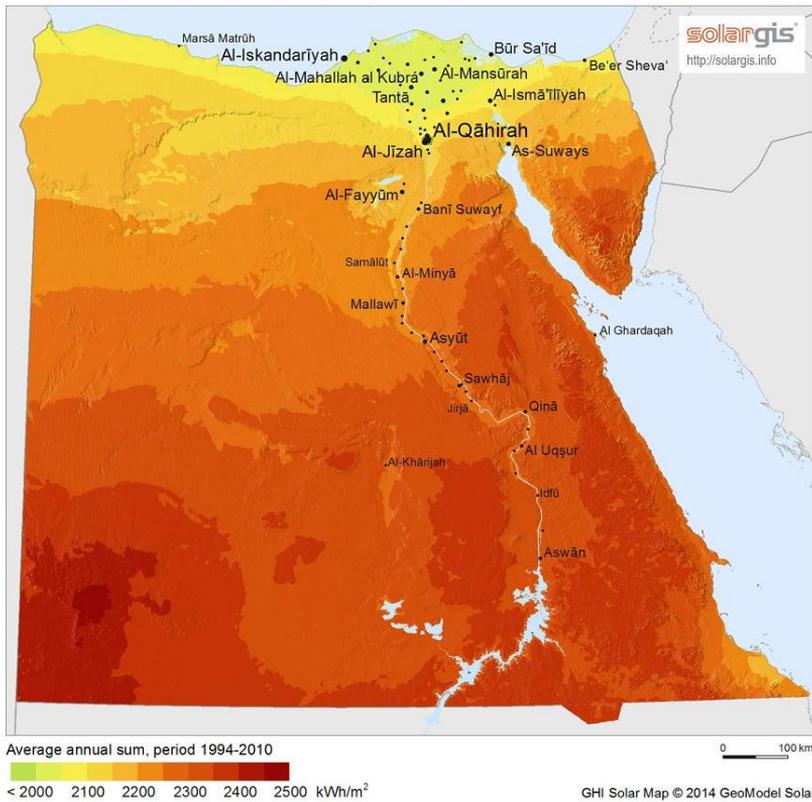
### 3-2-31 الطاقة الشمسية في مصر

تقع مصر جغرافياً بين خطي عرض 22 و31.5 شمالاً، وبهذا فإن مصر تعتبر في قلب الحزام الشمسي العالمي. وبذلك فإنها تعد من اغنى دول العالم بالطاقة الشمسية. وشكل (3-28) يعرض خريطة الاشعاع الشمسي في مصر.

تتلقى معظم أنحاء البلاد بداية من القاهرة وحتى أقصى الجنوب إشعاعاً يتجاوز 6 كيلووات في الساعة على المتر المربع. وتقل الأيام التي تظهر فيها السحب أغلب ساعات النهار عن 20 يوم في العام. وبتزايد الإشعاع الكلي من الشمال للجنوب حيث تبلغ قيمته 5 كيلووات في الساعة على المتر المربع بالقرب من الساحل الشمالي وتزيد عن 7 كيلووات في الساعة على المتر المربع في بعض المناطق الجنوبية. ويصل عدد ساعات سطوع الشمس إلى ما يتجاوز 4000 ساعة سنوياً. وتعد هذه الأرقام من أعلى المعدلات في العالم.

وتحتاج بعض القطاعات الصناعية كميات كبيرة من الطاقة الحرارية ومنها صناعة الغزل والنسيج، والصناعات الغذائية، والصناعات الكيماوية والدوائية،

والصناعات المعدنية، والصناعات الحرارية مثل صناعة الطوب الحراري. كذلك تحتاج المنازل إلى سخانات المياه ولكن من أهم العوامل التي أدت إلى قلة استخدام السخانات الشمسية مقارنة بالسخانات الأخرى المركبة في المنازل، والتي تعمل بالغاز والكهرباء هو ارتفاع التكلفة الاستثمارية للسخانات الشمسية. فالسخان الشمسي النمطي يصل إلى ضعف أو ثلاثة أضعاف ثمن سخان الغاز أو السخان الكهربائي المناظر.



شكل (3-28): خريطة الإشعاع الشمسي في مصر

ورغم أن تكلفة التشغيل للسخانات منخفضة حيث لا تحتاج إلى وقود أو كهرباء لتشغيلها، وتقتصر تكلفة التشغيل على بعض الصيانات البسيطة، إلا أن التكلفة الاستثمارية تعتبر مرتفعة بالنسبة للمستهلك العادي نظراً لضعف القدرة الشرائية بالنسبة لعامة الشعب المصري، الأمر الذي يجعل المستهلك يفضل شراء السخانات الأخرى الأقل تكلفة على أن يتحمل تكلفة تشغيل شهرية أكبر .

وقد تم بناء محطة ريادية لتوليد الكهرباء بالتوربينات البخارية وتشغيلها بواسطة الطاقة الحرارية الناتجة عن استخدام المركبات الشمسية في منطقة الكريمت بمحافظة الجيزة حيث تعطي 20 ميغاوات من الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية وحوالي 120 ميغاوات بالطاقة باستخدام الغاز الطبيعي.

أما في مجال الخلايا الضوئية الشمسية فإنها تمثل بديلاً مشجعاً للغاية حيث أنها لا تشمل على أي أجزاء متحركة ولا تسبب تلوثاً بيئياً. وترتبط صناعة الخلايا الشمسية ارتباطاً وثيقاً بالصناعات الإلكترونية المتطورة التي نشأت بالارتباط مع غزو الفضاء ورغم أن تكلفتها تنخفض باستمرار عاماً بعد عام إلا أنها لازالت بديلاً مكلفاً، بالرغم من اقتصادها مشجع للأحمال الصغيرة بالأمكان النائية البعيدة عن الشبكة الكهربائية الموحدة . والاستخدامات الحالية في مصر من الخلايا الشمسية تتم على مستوى تجريبي، وتتضمن توليد الكهرباء اللازمة لضخ المياه وإزاحة الملوحة والتبريد والاتصالات وإضاءة بعض الطرق.

### 3-3 الطاقة المائية

الطاقة المائية هي الطاقة المستمدة من حركة المياه المستمرة. وهي من أهم مصادر الطاقة المتجددة. ومنذ العصور القديمة استخدم الإنسان طاقة حركة الماء في الري وطحن الحبوب وصناعة النسيج تشغيل المناشير وغيرها من العمليات الحياتية.

وتم استغلال طاقة المياه لقرون طويلة. ففي امبراطورية روما، كانت الطاقة المائية تستخدم في مطاحن الدقيق وإنتاج الحبوب ، كما في الصين وبقية بلدان الشرق الأقصى والعصر الذهبي للحضارة الإسلامية. وتستخدم حركة الماء الهيدروليكية في

تحريك عجلة لضخ المياه في قنوات الري وهو ما يعرف بالسواقي كالتى استخدمت في مصر منذ عهد النبي يوسف عليه السلام.

وكان نقل الطاقة الميكانيكية مباشرة يتطلب وجود الصناعات التي تستخدم الطاقة المائية قرب شلال أو جريان للماء. وخاصة خلال النصف الأخير من القرن التاسع عشر، واليوم يعتبر أهم استخدامات الطاقة المائية هو توليد الطاقة الكهربائية، مما يوفر الطاقة المنخفضة التكلفة حتى لو استخدمت في الأماكن البعيدة من المجرى المائي. وأنواع الطاقة المائية هي:

- السواقي التي استخدمت لمئات من السنين في الري وتشغيل المطاحن وتسيير الآلات.
- الطاقة الكهرومائية والمقصود هنا السدود والمنشآت النهرية التي تنتج الكهرباء.
- طاقة المد والجزر وهي استغلال طاقة المد والجزر في الاتجاه الأفقي.
- طاقة التيار المدي وهي استغلال طاقة المد والجزر في الاتجاه العمودي.
- طاقة الأمواج التي تستخدم الطاقة على شكل موجات.
- 

### 3-3-1 الطاقة الكهرومائية

الطاقة الكهرومائية اسم مشتق من كلمتي كهرباء وماء وهي الطاقة التي يستفاد في توليدها من الطاقة المائية. وهي بذلك تعد من أشكال الطاقة النظيفة المستخدمة في نطاق عالمي. وتعتمد طريقة التوليد على تحويل طاقة المياه الكامنة إلى طاقة حركية ثم إلى شغل آلي ثم طاقة كهربية. ولكل عملية تحويل تقنياتها الخاصة والأكثر شيوعا هو بناء سد على مجرى مائي فتتكون بحيرة اصطناعية بسعة مائية كبيرة. وعند فتح المنفذ المائي في السد تندفق المياه بتأثير الجاذبية وتتحول طاقة الماء الكامنة إلى طاقة حركية. وتقوم الطاقة الحركية للمياه بشغل آلي هو تدوير المولد الكهربائي. ويتم نقل الطاقة الكهربائية المولدة إلى شبكة التغذية بجهد عال لتقليل الفقد الناجم عن

مقاومة التيار الكهربائي في الأسلاك.

### 2-3-3 محطات توليد الطاقة الكهرومائية

هناك تنوع كبير في محطات الطاقة الكهرومائية اعتمادا على تكوين المجرى المائي، والتضاريس، وارتفاع الماء أمام السد. فالمحطات متوسطة الحجم ذات التدفق العالي ومع ارتفاع منخفض من 10 إلى 15 متر ولكن تدفق عال جدا. غالبا في الكميات الكبيرة للمياه ت ضخ المياه إلى خزان علوي عند توفر فائض من الإنتاج ثم استعمال هذه المياه المخزنة لتولد الطاقة عند ذروة الطلب. وهذه الدورة يمكن أن تكون يومية أو أسبوعية أو فصلية وتسمى بتقنية الطاقة الكهرومائية بالضخ والتخزين. وشكل (29-3) يوضح سد محطة التبت للطاقة الكهرومائية بالصين.



شكل (29-3): محطة التبت للطاقة الكهرومائية - الصين

## 3-3-3 الطاقة الكهرومائية في مصر

سد أسوان العالي أو السدّ العالي هو سد مائي على نهر النيل في جنوب مصر، وقد ساعد السوفيت في بنائه وهو ثاني سد يتم بنائه على النيل بأسوان، حيث تم بناء السد الأول بين عامي 1898 و 1902 بواسطة المصريين والإنجليز وسمي سد أسوان حيث كان هدف السد هو تقليل أثار فيضان النيل الذي يأتي كل عام وكان يغرق الكثير من قرى مصر. أما السد الثاني سمي السد العالي وقد ساهم أيضا في التحكم في تدفق المياه وتوليد الكهرباء في مصر. وطول السد العالي 3600 متر، وعرض القاعدة 980 متر، عرض القمة 40 مترا، والارتفاع 111 متر. حجم جسم السد 43 مليون متر مكعب من إسمنت وحديد ومواد أخرى، ويمكن أن يمر خلال السد تدفق مائي يصل إلى 11000 متر مكعب من الماء في الثانية. وبدأ بناء السد في عام 1960 وعمل في بنائه الخبراء المصريين مع 400 خبير سوفيتي وأكمل بناؤه في 1968. وتم تركيب آخر 12 مولد كهربائي في 1970 وافتتح السد رسمياً في عام 1971. ولكن أدى السد العالي إلى تقليل خصوبة نهر النيل وعدم تعويض المصبات في دمياط ورأس البر بالطمي. وتجدر الإشارة هنا إلى أن أول من اشار ببناء سد على النيل هو العالم العربي المسلم الحسن بن الحسن بن الهيثم ولد عام 965م وتوفي عام 1029م في عهد الدولة الفاطمية والذي لم تتح له الفرصة لتنفيذ فكرته وذلك بسبب عدم توفر الآلات اللازمة لبنائه.

وتوجد محطة الكهرباء عند مخارج الأنفاق حيث يتفرع كل نفق إلى فرعين مركب على كل منهما توربين لتوليد الكهرباء وعدد التوربينات 12 توربين قدرة التوربين 175 ميغاوات القدرة الإجمالية للمحطة 2100 ميغاوات الطاقة الكهربائية المنتجة 10مليار كيلووات ساعة سنويا. وشكل (3-30) صورة للسد العالي بأسوان للطاقة الكهرومائية بمصر.



شكل (3-30): السد العالي بأسوان للطاقة الكهرومائية - مصر

### 3-3-4 طاقة المد والجزر

طاقة المد والجزر هي شكل من أشكال الطاقة المائية التي تحول المد والجزر إلى أشكال مفيدة للطاقة، وخاصة الكهرباء. حيث تحمل حركة المحيط طاقة على شكل مد وجزر وموجات وتيارات مائية وهناك اهتمام ثابت في تسخير قدرة المد والجزر وتم تركيز الاهتمام على مصبات الأنهار حيث تعبر حجوم كبيرة من الماء خلال قنوات ضيقة مما يزيد من سرعة الجريان ولكن كان هناك مشاكل بيئة كبيرة واجهت العلماء لتنفيذ هذه التقنية. لذلك لجأ العلماء إلى النظر إلى إمكانية استخدام التيارات الساحلية وفي التسعينيات تم انتشار الأسبجة المدية في القنوات بين الجزر الصغيرة وكان ذلك خيارا فعالا أكثر من وجودهما على مصبات الأنهار. وشكل (3-31) يعرض محطة لارانس للمد والجزر بفرنسا، والتي بدأ تشغيلها عام 1966.



شكل (3-31): محطة لارانس لطاقة المد والجزر - فرنسا

ومبدأ عمل المحطات المدية الجزرية يشبه إلى حد ما المحطات الكهرومائية. وتتكون المحطة المدية الجزرية من الحوض المدي أو المصب وإيجاد المكان المناسب الذي يحتوي على المصب ضروري لنجاح هذه المحطة وهذا المصب لا يكون من صنع الإنسان وإنما يكون طبيعياً والحوض المدي يكون ميزة جغرافية وليس من السهولة إيجاده أو تصنيعه. فالمصب المناسب يجب أن يكون مجسماً ضخماً من الماء المحاط كلياً بالأرض مع فتحة صغيرة إلى البحر وكمية الطاقة التي يمكن أن تولدها من هذه المحطة يتبع لحجم المصب فكلما زاد حجم المصب تزيد كمية الطاقة. والحاجز المدي هذا الحاجز يبدو مثل الحائط الذي يفصل الحوض المدي عن باقي البحر أسفل هذا الحاجز يكون مثبتاً على قاع البحر وقيمة هذا الحاجز تكون فوق أعلى مستوى يمكن أن يصل إليه الماء من أكبر مد. والحاجز المدي يؤدي غرض قطع مياه البحر عن الماء في مصب النهر لذا فالماء يمكن أن يحصر بطريقة أو أسلوب مفيد من أجل أحداث الطاقة المدية.

وبوابات التحكم وهي مناطق من الحاجز يستطيع الماء أن يتدفق بحرية من وإلى خارج المصب وهذه البوابات ليست مفتوحة بشكل دائم حيث يتم التحكم بها بواسطة مشغلي مركز الطاقة لتحديد التدفق المناسب من الماء إلى التوربينات المدية. والتوربينات المدية نفسها هذه التوربينات مرتبة ضمن الحاجز المدي وتستقر بالقرب من قاع أرضية البحر وتصمم هذه التوربينات بأسلوب مماثل للتوربينة البخارية. وتقع التوربينات بين موضع بوابات التحكم على كلا المصب وجانب البحر من الحاجز المدي عندما تفتح هذه البوابات يندفع الماء خلالها إلى التوربينات لتدور وتولد الكهرباء.

### 3-4 طاقة الرياح

يتم تحويل طاقة حركة الرياح إلى طاقة كهربية باستخدام التوربينات التي تحرك مولدات كهربائية . واستخدمت طاقة الرياح في الحضارات القديمة فقد استخدمها الفراعنة في تسيير المراكب في نهر النيل كما استخدمها الصينيون عن طريق طواحين الهواء ولضخ المياه الجوفية. ويتم تركيب توربينات الرياح في حقول بأماكن فيها الرياح تقريبا دائمة طوال العام. وقد تستخدم التوربينات الصغيرة لتوفير الكهرباء للمنازل الريفية او شبكات المناطق النائية. وتعتبر طاقة الرياح آمنة فضلا عن أنها طاقة متجددة، فهي طاقة صديقة بيئية لا يصدر منها ملوثات مضرّة بالبيئة.

### 3-4-1 توربين الرياح

المكونات الرئيسية لتوربين الرياح هي أذرع دوّارة تحمل على عمود ومولد يعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربية، فعندما تمر الرياح على أذرع التوربين يسبب دورانها وهذا الدوران يشغل المولد فينتج طاقة كهربية، كما جهزت تلك التوربينات بجهاز تحكم في دوران التوربين لتنظيم معدل الدوران.

تعتمد كمية الطاقة المنتجة من توربين الرياح على سرعة الرياح وقطر دوران أذرع التوربين لذلك توضع التوربينات التي تستخدم لتشغيل المصانع أو للإنارة فوق أبراج لأن سرعة الرياح تزداد مع الارتفاع عن سطح الأرض، ويتم وضع تلك التوربينات

بأعداد كبيرة على مساحات واسعة من الأرض لإنتاج أكبر كمية من الكهرباء. وعادة يتم تخزين الكهرباء الزائدة عن الاستخدام في بطاريات، ولأن هناك بعض الأوقات التي تقل فيها سرعة الرياح، مما يصعب معه إنتاج الطاقة الكهربائية، فإن مستخدمي طاقة الرياح يجب أن يكون لديهم مولدًا احتياطيًا يعمل بالديزل أو بالطاقة الشمسية لاستخدامه في تلك الأوقات.

المكان الأفضل لوضع التوربينات يجب ألا يقل متوسط سرعة الرياح فيه سنويًا عن 10 متر في الثانية. وأيضًا توربينات الرياح يمكنها إنتاج طاقة ميكانيكية تستخدم في عدد كبير من التطبيقات، مثل ضخ المياه، والري، وتجفيف الحبوب وتسخين المياه. وتنتج دول كثيرة الطاقة الكهربائية باستخدام توربينات الرياح مثل الولايات المتحدة حقول الرياح فيها موجود معظمها في كاليفورنيا، ومصر يوجد حقول توربينات الرياح بمنطقة الزعفرانة - البحر الأحمر. وشكل (3-32) يعرض محطة طاقة رياح بالدنمارك، أما شكل (3-33) يعرض توربينات رياح بحرية.



شكل (3-32): محطة طاقة رياح - الدنمارك



شكل (3-33): توربينات رياح بحرية

### 3-5 طاقة الحرارة الأرضية

باطن الأرض الساخن يعتبر كمصدر طاقة بديل نظيف ومتجدد، والطاقة الناتجة هي طاقة حرارية كبيرة و ذات منشأ طبيعي تكون مخترنة في صخور الماجما في باطن الأرض. حيث يقدر أن أكثر من 99% من كتلة الكرة الأرضية عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها 1000 درجة مئوية. ويستفاد من هذه الطاقة الحرارية بشكل أساسي في توليد الكهرباء. وفي بعض الأحيان تستخدم للتدفئة عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الأرض أو على صورة ينابيع حارة.

وتكمن الحرارة الجوفية في باطن الأرض والتي يمكن أن يستفيد منها الإنسان باستخدامها كطاقة بديلة في الأجزاء السطحية التي يمكن أن تصل إليها أعمال الحفر الآلي. وشكل (3-34) يعرض محطة نـسـجـافـلـير للطاقة الحرارية الأرضية في آيسلاندا.



شكل (3-34): محطة نسجافلير للطاقة الحرارية الأرضية في آيسلندا

وثمة ظواهر طبيعية تشير إلى سخونة باطن الأرض، أهمها النشاطات البركانية التي ترافقها انفجارات وأبخرة وغازات ومقذوفات بركانية وتدفق حمم منصهرة وينابيع معدنية حارة. ويتعرض الإنسان إلى حرارة باطن الأرض مباشرة حين يتعمق داخل الحفر، مثل منجم وسترن ديب ليفل لاستثمار الذهب في جنوب إفريقيا، والذي تصل أعماقه إلى نحو 3500 متر، إذ تبلغ الحرارة في أعماقه ما يقرب من 40° درجة مئوية، على الرغم من استخدام أجهزة التهوية والتكييف. كما يلاحظ هذا التزايد الحراري بوضوح في عمليات الحفر الآلي العميق في أثناء عمليات التنقيب عن النفط.

ويقدر العلماء بناء على قياسات أجريت في أثناء التعمق بالحفر في باطن الأرض،

تزايد درجة الحرارة مع العمق بنحو 25 إلى 30 درجة مئوية لكل 1000 متر، وهو ما يعرف بالتدرج الحراري الأرضي. ويزيد هذا المعدل عادة أو يتضاعف في أماكن النشاط الناري أو النشاط البركاني. فإذا كانت القياسات المباشرة لهذا التدرج الحراري تقتصر على أعماق سطحية جداً من الأرض، إذ إن أعماق الآبار الآلية التي حفرت لا تزيد إلا قليلاً على 1000 متر، فإنه يتوقع، إذا استمر تزايد الحرارة وفق هذا المعدل، أن تصل درجة الحرارة في مركز الأرض، على عمق 6500 كيلومتر، إلى حوالي 2 مليون درجة، وهي درجة أعلى من درجة حرارة سطح الشمس ولذلك يعتقد أن معدل هذا التزايد الحراري، في معظم أعماق الأرض، أقل بكثير مما ذكر.

وتقسم مصادر الحصول على الطاقة الحرارية الأرضية إلى قسمين الأول هو المياه الحارة الجوفية والثاني هو الصخور الحارة التي توجد في المناطق النشطة بركانياً أو في الأعماق البعيدة تحت سطح الأرض ويمكن الاستفادة من المياه الجوفية الحارة والصخور الحارة في توليد الطاقة الكهربائية وتسخين المياه التي تستخدم في التدفئة بالإضافة إلى استعمالها في الكثير من ميادين الصناعة والزراعة الأخرى. وأحياناً تستخدم الطاقة الحرارية الأرضية في تدفئة المنازل عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الأرض أو على صورة ينابيع حارة. ففي أيسلندا تنتشر هذه الينابيع الحارة، وتستعمل لأغراض التدفئة والتسخين.

### 3-5-1 محطات الطاقة الحرارية الأرضية

هناك ثلاثة أنواع من محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية، والنوع الأول هو محطات البخار الجاف وهي أقدم الطرق وأكثرها انتشاراً وهي نفس الطريقة التي استخدمت في إيطاليا سنة 1904م. وتستخدم هذه المحطات الماء الموجود بشكل طبيعي في الطبقات الأرضية العميقة والموجود تحت تأثير ضغط وحرارة عاليين فيتم استخراجها بواسطة حفر آبار عميقة فيخرج على شكل بخار ماء بسبب حرارته العالية وبسبب فرق الضغط. ويسير هذا البخار في أنابيب ثم يعرض لتوربينات لتشغيل المولدات الكهربائية التي تنتج الطاقة الكهربائية. ويضخ الماء المتكثف إلى الأرض عبر بئر آخر يسمى بئر الحقن.

والنوع الثاني هو محطات التبخير وتستخدم السوائل الموجودة بضغط عال تحت الأرض حيث يتم تركزها في وعاء ذي ثقب صغير يؤدي إلى وعاء آخر ذي ضغط معتدل فعند تحرك السائل من الوعاء الأول إلى الثاني عبر الثقب يتبخر بسبب السرعة وفرق الضغط العالي. يحرك البخار التوربين فيحرك بدوره المولدات الكهربائية التي تنتج الكهرباء ثم يسخن الماء المتكثف المتبقي إلى الأرض عبر بئر الحقن.

والنوع الثالث هو محطات الدائرة المزدوجة وتستخدم هذه المحطات السوائل الموجودة تحت الأرض ذات درجة الغليان المرتفعة حوالي 200 مئوية حيث يتم ضخها إلى الأعلى فتقوم بتسخين الماء الأقل في درجة الحرارة في أنبوب آخر يمر بمحاذاة الأنبوب الساخن في عملية تبادل حراري. فيتبخر الماء الذي تم تسخينه بسبب درجة الحرارة المرتفعة للسائل في الأنبوب الآخر. ثم يحرك البخار توربين المولد الكهربائي ويتكثف فيعود مجددا إلى محاذاة الأنبوب الساخن ويتحرك بهذه الطريقة في دوران مستمر. ويسخن الماء المستخرج مجددا إلى الأرض عبر بئر الحقن.

### 3-5-2 مصادر الطاقة الجوفية

يعتقد كثير من العلماء أن الأرض قد استمدت سخونتها في أثناء تكونها في النظام الشمسي، ومن تصادم الأجسام النيزكية، يضاف إلى ذلك التسخين المستمر الناتج من الحرارة التي يطلقها تفكك العناصر المشعة كاليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم التي تتوزع في القشرة الأرضية. وكذلك من الحرارة الناجمة من احتكاك الكتل الصخرية الهائلة بالعمليات التكتونية والتفاعلات الكيميائية.

ورغم كل مميزات الطاقة الحرارية الأرضية، والتي جعلتها في طليعة مصادر الطاقة البديلة المستقبلية. إلا أن هناك بعض العوامل التي تصعب انتشارها على الأقل في وقتنا الحالي. ومن أهم هذه الأسباب ارتفاع تكلفة إقامة محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية. ويرجع السبب في ذلك إلى صعوبة حفر آبار بأعماق سحيقة ووسط درجات حرارة مرتفعة جدا. وكذلك عدم توافر أنظمة مائية في كثير من بقاع العالم. ومع أن الطاقة الحرارية الأرضية أقل كلفة من أي مصدر آخر للطاقة إلا أنها قابلة للاستنفاد، وقد تخلق مشكلات بيئية. فهي حين تستنفد في منشأة

ما تؤدي إلى ضياع المنشأة كلها. كما يصدر عن بعض المنشآت كميات كبيرة من الكبريت يمكن أن تعادل ما تطلقه منشآت مماثلة في الحجم تستخدم وقود الفحم الحجري ذي المحتوى العالي من الكبريت.

### 3-6 الطاقة الحيوية

الطاقة الحيوية هي طاقة متجددة متوفرة من موارد مشتقة من المصادر الحيوية. والكتلة الحيوية وهي أي مادة عضوية قامت بتخزين ضوء الشمس في شكل طاقة كيميائية. ومن الممكن أن يتضمن شكل الوقود منها الخشب ونفايات الخشب والقش والسماد وقصب السكر، والعديد من المنتجات الثانوية الأخرى الناتجة عن عمليات زراعية متنوعة .

وإحدى مميزات وقود الكتلة الحيوية هو أنه غالبًا ما يكون منتجًا ثانويًا أو من بقايا أو منتج من نفايات عمليات أخرى، مثل الزراعة أو تربية الماشية أو الغابات. وذلك يعني نظريًا أنه لا يوجد تنافس بين إنتاج الغذاء وإنتاج الوقود، ولكن هذا ليس الحال دائمًا .

والكتلة الحيوية تشتق من العضويات التي كانت حية إلى وقت قريب، وهي تتضمن النباتات والحيوانات ومنتجاتها الثانوية . فالروث ونفايات الحدائق وبقايا المحاصيل تعد جميعها مصادر للكتل الحيوية. وهي مصدر طاقة متجدد يعتمد على دورة الكربون، على عكس الموارد الطبيعية الأخرى مثل النفط والفحم والوقود النووي. وتتضمن المصادر الأخرى روث الحيوانات، والذي يعد ملوثًا مستمرًا ولا يمكن تجنبه وينتج بشكل رئيسي عن الحيوانات التي يتم تربيتها في مزارع تربية الماشية الصناعية ذات الحجم الكبير .

وهناك أيضًا منتجات زراعية يتم زراعتها خصيصًا لإنتاج الوقود الحيوي. وهي الذرة وفول الصويا وإلى حد ما، على مستوى غير تجاري لإجراء الأبحاث، الصفصاف والثمار العصوي بشكل رئيسي في الولايات المتحدة. والسلجم والقمح والشمندر السكري والصفصاف في أوروبا بشكل رئيسي وخاصة في السويد. وقصب

السكر في البرازيل وزيت النخيل والحشيشة الفضية في جنوب شرق آسيا والسورغم والكاسافا في الصين والجزر وفوا في الهند. ولقد ثبتت فعالية القنب أيضًا في العمل كوقود حيوي. و يمكن استخدام المنتجات التي يمكن أن تتحلل حيويًا والنتيجة عن العمليات الصناعية أو الزراعية أو العمل في الغابات أو نفايات المنازل لإنتاج الوقود الحيوي، باستخدام، على سبيل المثال، الهضم اللاهوائي لإنتاج الغاز الحيوي والتغويز لإنتاج غاز التصنيع أو بواسطة الحرق المباشر. وتتضمن أمثلة المخلفات القابلة للتحلل الحيوي القش والخشب والروث وقشور الأرز ومياه الصرف الصحي والمخلفات الغذائية. ومن ثم يمكن أن يساهم استخدام وقود الكتلة الحيوية في إدارة المخلفات وأيضًا توفير الوقود والمساعدة في إيقاف تغير المناخ أو إبطاؤه، ولكنه بمفرده لا يعد حلاً شاملاً لهذه المشكلات .

ومن الممكن تحويل الكتلة الحيوية إلى أشكال أخرى من أشكال الطاقة القابلة للاستخدام مثل غاز الميثان أو وقود النقل مثل الإيثانول أو الديزل الحيوي. كما أن القمامة المتعفنة والنفايات الزراعية والبشرية جميعها تطلق غاز الميثان، والذي يطلق عليه أيضًا «غاز مدافن القمامة» أو «الغاز الحيوي». ويمكن تخمير المحاصيل مثل الذرة وقصب السكر لإنتاج وقود النقل وهو الإيثانول. ويمكن إنتاج الديزل الحيوي، وهو أحد غازات النقل الأخرى من بقايا المنتجات الغذائية مثل الزيوت النباتية والدهون الحيوانية .

ومن الملاحظ حالياً أن الأنواع الأخرى من الطاقة المتجددة تتفوق على الوقود الحيوي من حيث أثر محايدة الكربون، وذلك بسبب ارتفاع استخدام الوقود الاحفوري في إنتاجه. بالإضافة إلى ناتج احتراق الوقود الحيوي من ثاني أكسيد الكربون فضلاً عن الغازات الغير بيئية الأخرى.

والكربون الناتج عن الوقود الحيوي لا يتمثل فقط بنواتج الاحتراق وإنما يضاف إليه ما هو صادر عن النبات خلال دورة نموه. لكن الجانب الايجابي من الموضوع هو أن النبات يستهلك ثاني أكسيد الكربون في عمليات البناء الضوئي في النباتات ومن هنا أتى ما يسمى بتعديل الكربون أو «محايدة الكربون». ومن الواضح أيضاً أن

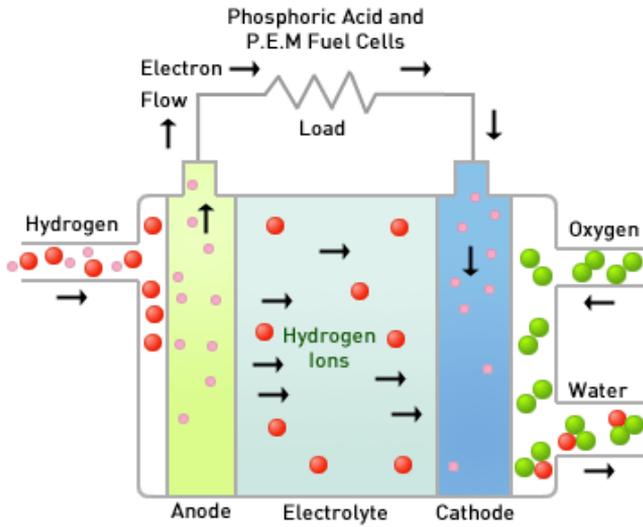
قطع الأشجار في الغابات التي نمت منذ مئات أو آلاف السنين، لاستخدامها كوقود حيوي، دون أن يتم استبدالها لن يساهم في الاثر المحايد للكربون. ولكن يعتقد الكثير أن السبيل إلى الحد من زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي هو استخدام الوقود الحيوي لاستبدال مصادر الطاقة غير المتجددة.

### **3-7 الهيدروجين كمصدر للطاقة**

طاقة الهيدروجين هي طاقة حرارية تنتج عن تفاعل الاتحاد الكيميائي بين الهيدروجين والأكسجين لتكوين الماء في خلايا الوقود المستخدمة لتوليد الكهرباء. حيث أن الهيدروجين لا ينتج عند احتراقه أي انبعاثات ضارة للبيئة، بل إن الانبعاثات الصادرة عنه هي كل ما نسعى إليه مثل الكهرباء أو الحرارة أو الماء النقي.

وخلية الوقود أو خلية الطاقة تُنتج الكهرباء من خلال تفاعل كيميائي باستخدام الهيدروجين والأكسجين. فهذه الخلية الكهروكيميائية تستخدم لإنتاج الطاقة الكهربائية عن طريق تزويد الخلية بغازي الأكسجين والهيدروجين باستمرار. والتيار الكهربائي الناتج يعمل على تشغيل محرك كهربائي يمكن أن يستخدم في مجالات كثيرة خاصة السيارات. أي أن عددا كبيرا من سيارات المستقبل سوف تسير بغاز الهيدروجين بدلا عن البنزين. وتوجد أنواع متعددة من خلايا الوقود والتي يمكن تصنيفها حسب نوع الأقطاب ودرجة الحرارة التي تعمل عليها.

وتعتبر تقنية استغلال الهيدروجين لإنتاج الطاقة الكهربائية من أحسن وسائل توليد الطاقة حفاظا على البيئة حيث لا ينتج عنها إلا التيار الكهربائي والماء. لهذا تحظى تلك التقنية الجديدة باهتمام كبير نحو تطويرها وتسخيرها في تسير السيارات وإمداد المنازل بالتيار الكهربائي. وقد بدأت شركات كبيرة لصناعة السيارات في إنتاج سيارات صغيرة وتعرضها في الأسواق. وبدلا من شحنها بالبنزين أو الديزل يمكن شحنها حوالي 4 كيلوجرام من الهيدروجين تكفيها للسير مسافة نحو 400 كيلومتر. وشكل (3-35) يعرض نموذج لخلية الهيدروجين.



شكل (3-35): نموذج لخلية الهيدروجين

## الفصل الرابع

# الطاقة والمناخ





#### 4-1 الغلاف الجوي

يعتبر كوكب الأرض كوكباً فريداً ليس فقط ضمن كواكب المجموعة الشمسية أو في مجرة درب التبانة فقط بل يمكن أن يكون في الكون بأسره. وهناك العديد من الأسباب وراء هذا التفرد، فكوكب الأرض هو الكوكب الوحيد الذي نعرفه ويحمل جميع مقومات الحياة البشرية من هواء وماء ونبات إضافة إلى ذلك فإن بعده المناسب عن الشمس يوفر ضوءاً وحرارة مناسبتين للحياة. كما يوفر دوران الأرض حول الشمس وحول نفسها، بسرعات متناسبة واختلاف الفصول الأربعة وتعاقب الليل والنهار مما يسبب تنوعاً في ظروف الحياة بطريقة تحافظ على مقومات الحياة على سطح الأرض. وكما أن وجود غلاف جوي حول الأرض بخصائص ومميزات فريدة مقارنة بالأغلفة الجوية المحيطة بكواكب المجموعة الشمسية يعتبر من أهم المميزات الفريدة والمهمة لكوكب الأرض.

يتكون الغلاف الجوي من خليط من الغازات تنقسم إلى قسمين أساسيين، الغازات الأساسية أو النشطة وهي الغازات التي تدخل مباشرة في التفاعلات الحيوية على الأرض وهذه الغازات هي غاز النيتروجين ونسبته 78٪ من مجموع الغازات الموجودة وغاز الأكسجين ونسبته 21٪ وغاز ثاني أكسيد الكربون ومجموعة أخرى من الغازات بنسب ضئيلة.

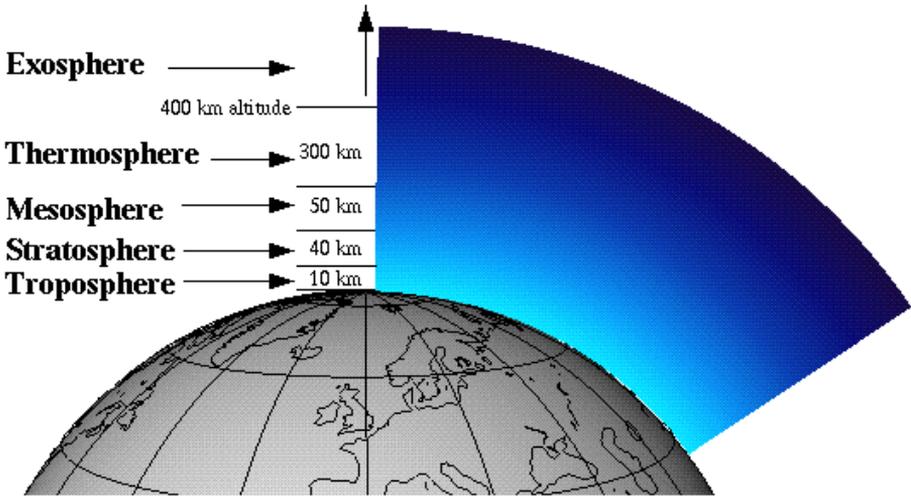
أما القسم الثاني فهي الغازات النادرة أو الخاملة والتي نادراً ما تدخل في التفاعلات الحيوية ومن هذه الغازات غاز الميثان والارجون والهليوم والهيدروجين والأوزون.

بالإضافة إلى الغازات السابقة فإن الغلاف الجوي يتكون من بعض المركبات الكيميائية المهمة مثل بخار الماء الذي تختلف نسبته باختلاف المكان والزمان والحرارة والعوامل الجوية المسببة في تغيره، كما يوجد في الغلاف الجوي نسبة من الغبار العالق المكون في الغالب من المعادن والمركبات العضوية الموجودة على سطح الأرض أو تلك التي في النيازك والتي هي عبارة عن جزيئات صغيرة جداً ميكروسكوبية من الغبار والتي تعمل على تشتت أشعة الشمس والاحتفاظ بدرجة

حرارة الكرة الأرضية و المساهمة في تكثيف بخار الماء لتكوين حبات المطر.

#### 4-1-1 طبقات الغلاف الجوي

تم تصنيف طبقات الغلاف الجوي إلى طبقات مختلفة بناءً على الاختلاف في درجات الحرارة مع الارتفاع عن سطح الأرض. وشكل (4-1) يوضح طبقات الغلاف الجوي.



شكل (4-1): يوضح طبقات الغلاف الجوي.

#### 4-1-1-1 طبقة التروبوسفير أو الطبقة المناخية Troposphere

إن كلمة تروبوسفير هي تسمية يونانية فتروبو تعني متغير وسفير تعني الكرة. طبقة التروبوسفير هي الطبقة السفلي من الغلاف الجوي والملاصقة لسطح الأرض تعتبر هذه الطبقة من أهم طبقات الغلاف الجوي الأرضي بالنسبة لجميع أنواع الحياة على سطح الأرض. يبلغ متوسط سمك هذه الطبقة فوق سطح الأرض حوالي 10 كيلومتر. وبالرغم من صغر سمك طبقة التروبوسفير مقارنة بسمك الغلاف

الجوي فإن حوالي 75٪ من كتلة ومادة الغلاف الجوي الأرضي توجد في هذه الطبقة. ويختلف سمك هذه الطبقة بين خط الاستواء والأقطاب وذلك بسبب الاختلاف في درجات الحرارة في هاتين المنطقتين. وتعتبر طبقة التروبوسفير هي الطبقة الفعالة في تغيرات المناخ، حيث يطلق عليها الطبقة المناخية لأنه يحدث بها جميع الظواهر الجوية كالضباب والغيوم والأمطار والعواصف الرعدية والعواصف الرملية وكذلك حدوث تقلبات المناخ والطقس وما يتبع ذلك من رطوبة وحرارة وضغط. وتحتوي طبقة التروبوسفير أيضاً على معظم بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي لذلك فهذه الطبقة من أهم طبقات الغلاف الجوي.

يبلغ متوسط درجة حرارة سطح الأرض في أسفل هذه الطبقة حوالي 15 درجة مئوية. وتتميز طبقة التروبوسفير بانخفاض في درجة حرارتها مع الارتفاع بمعدل 6 درجات مئوية لكل كيلومتر حيث يقل معدل التناقص هذا إلى ارتفاع 15 كيلومتر إلى أن يتوقف هذا التناقص تماماً على ارتفاع حوالي 10 كيلومتر والتي هي الحد الفاصل بين طبقة التروبوسفير والطبقة التي تليها وهي طبقة الستراتوسفير ويعرف هذا الفاصل بطبقة التروبوبوز حيث تروبو تعني تغير، بوز تعني الاستقرار، أي طبقة وقف التغيرات حيث تعرف طبقتي التروبوسفير والتروبوبوز لدي العلماء بالغلاف الجوي السفلي.

ويعتبر احتباس الأشعة الشمسية التي تصل إلى الأرض أو ما يعرف بظاهرة البيوت الزجاجية هو مصدر الحرارة والتسخين لطبقة التروبوسفير.

### 4-1-2 طبقة الستراتوسفير أو الطبقة الهادئة Stratosphere

تمتد طبقة الستراتوسفير من ارتفاع 10 كيلومتر إلى حوالي 50 كيلومتر فوق سطح البحر بسمك 40 كيلومتر. وتتميز هذه الطبقة بازدياد في درجة الحرارة بشكل عام من حوالي 60 درجة مئوية تحت الصفر في طبقة التروبوبوز إلى حوالي صفر درجة مئوية في أعلى الستراتوسفير وهي طبقة الستراتوبوز. وتتميز طبقة الستراتوسفير بالاستقرار التام في جوها حيث ينعدم فيها بخار الماء وتكون جافة واقل كثافة من التروبوسفير، كما تخلو من الظواهر الجوية كالغيوم والضباب والعواصف

والأمطار. لذا فإن الطيران في هذه الطبقة يعد مثالياً ومريحاً للطائرات. وتحتوي طبقة الستراتوسفير على مجموعة من الغازات التي تكون بصورة ذرية أو جزيئية أو مركبات غازية. في أعلى الستراتوسفير يوجد طبقة غاز الأوزون والتي لها دور كبير في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس وحمايتنا من مخاطرها. وتفصل طبقة الستراتوبوز هذه الطبقة عن الطبقة التي تليها وهي الميزوسفير.

### 4-1-1-3 طبقة الأوزون Ozone

تتواجد طبقة الأوزون على ارتفاع حوالي 35 كيلو متر من سطح الأرض أي في الجزء الأعلى من الستراتوسفير، ويبلغ متوسط سمك طبقة الأوزون حوالي 20 كيلومتر. ويعتبر غاز الأوزون  $O_3$  من أهم مكونات طبقة الستراتوسفير. وتكون طبقة الأوزون أقل سمكاً في المناطق الاستوائية وتكون أكثر كثافة باتجاه قطبي الأرض. ويتنج غاز الأوزون من اتحاد الأكسجين الجزيئي  $O_2$  الموجود في طبقة الستراتوسفير مع الأكسجين الذري  $O$  الناتج من تفكك الأكسجين الجزيئي عن طريق الأشعة فوق البنفسجية. وطبقة الأوزون تمتص الإشعاعات الشمسية فوق بنفسجية ولا تسمح إلا بفاذ جزء صغير منها ولولا وجود طبقة الأوزون لكانت شدة الإشعاعات مهلكة لجميع من في الأرض.

### 4-1-1-4 طبقة الميزوسفير أو الطبقة الوسطى Mesosphere

وهي الطبقة التي تلي طبقة الستراتوسفير وتمتد من ارتفاع 50 كيلومتر إلى حوالي 100 كيلومتر فوق سطح البحر أي بسمك حوالي 50 كيلومتر. وتتميز هذه الطبقة بتناقص مضطرب في درجات الحرارة مع الارتفاع حتى تصبح الحرارة في أعلى هذه الطبقة منخفضة جداً حوالي 100 درجة مئوية تحت الصفر والتي تعتبر أقل درجة حرارة في الغلاف الجوي في أعلى هذه الطبقة. في طبقة الميزوسفير يتم احتراق الأجسام والأحجار الكونية القادمة من الفضاء إلى الأرض والتي تصل إلى سطح الأرض على هيئة نيازك صغيرة نسبياً فتحترق على شكل شهب.

وتصل كثافة الغلاف الجوي في هذه الطبقة حوالي 0.0007% من كثافة الغلاف

الجوي عند سطح الأرض وهذه الكثافة هي في حقيقة الأمر متغيرة نتيجة المتغيرات التي تحصل في هذه الطبقة بسبب التغير في النشاط الشمسي. تفصل طبقة الميزوبوز طبقة الميزوسفير عن الطبقة التي تليها وهي الأيونوسفير ويطلق العلماء على منطقة الستراتوسفير والميزوسفير مع الستراتوبوز والميزوبوز الغلاف الجوي الأوسط.

#### 4-1-1-5 طبقة الثرموسفير أو الطبقة الحرارية Thermosphere

الطبقة الخامسة من الغلاف الجوي هي طبقة الثرموسفير وترتفع فوق سطح البحر من 100 كيلومتر إلى ارتفاع 500 كيلومتر فوق سطح البحر. ولا يوجد بينها وبين الطبقة الجوية التي تليها حد حراري، ولذلك تحدد قمتها بحد ثرموبوز على أساس تركيبها الغازي. تثبت درجة حرارتها عند درجة الحرارة 93 درجة مئوية تحت الصفر لعدة كيلومترات في أسفلها ثم تتزايد تدريجياً مع الارتفاع خلالها، إذ تبلغ نحو 700° مئوية عند ارتفاع 600 كيلومتر لكنها قد تناهز 2000° مئوية عندما تكون الشمس نشيطة وتظل درجة الحرارة على وضعها حتى نهاية المتكور الحراري وخلال الطبقة الجوية التي تليها. ويكون الهواء رقيقاً في هذه الطبقة، وتحدث ظاهرة الشفق القطبي الأورورا aurora أي الأنوار التي تظهر في القطب الشمالي والقطب الجنوبي. وتقع محطة الفضاء الدولية في هذه الطبقة.

#### 4-1-1-6 طبقة الأيونوسفير أو الطبقة المتأينة Ionosphere

وتقع هذه الطبقة خلال طبقة الثرموسفير. وتمتد طبقة الأيونوسفير من ارتفاع حوالي 100 كيلومتر إلى 300 كيلومتر فوق سطح البحر أي بسمك يصل بين 200 كيلومتر. وسميت هذه الطبقة بالطبقة المتأينة لأنها تحتوي على كميات كبيرة من الأكسجين والنيتروجين المتأين. والسبب الرئيسي في تأين مكونات هذه الطبقة هو امتصاص غازات طبقة الأيونوسفير للأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية القادمة ضمن الإشعاع الشمسي حيث تعمل هذه الأشعة على تحرير إلكترونات المستوى الخارجي لذرات هذه الغازات وتركها في حالة أيونات.

وتتميز هذه الطبقة بارتفاع درجة حرارة الهواء في قسمها السفلي ثم تنخفض

بالتدرج مع الارتفاع إلى أعلى النهايات العليا للطبقة ووجود عدد كبير من الإلكترونات والأيونات في هذه الطبقة جعل هناك إمكانية في أن تكون طبقة الايونوسفير طبقة عاكسة لموجات الراديو و اللاسلكي الطويلة التي يزيد طولها الموجي عن 15 متر ، الأمر الذي يساعد على إرسال إشارات الراديو من مكان إلى آخر على سطح الأرض فلو لم تكن هناك طبقة الايونوسفير في الغلاف الجوي الأرضي لتعذر الاتصال اللاسلكي بالأمواج الراديوية ولانطلقت هذه الأمواج ونفذت إلى الفضاء الخارجي .

تختلف درجة التأين في طبقة الايونوسفير من ارتفاع إلى آخر من يوم لآخر ومن شهر إلى شهر ومن فصل إلى فصل، والسبب في هذا الاختلاف هو ارتباط تكون طبقة الايونوسفير بالشمس وما يحدث بها من تهيجات وهدوء. وهذا التغير في أحوال الشمس هو أيضا السبب في التشويش أو الانقطاع أحيانا في إرسال أو استقبال الموجات اللاسلكية والراديوية على سطح الأرض وبناءً عليه يمكن تقسيم طبقة الايونوسفير إلى مجموعة طبقات طبقا للاختلاف في درجة تأينها.

#### 4-1-1-7 طبقة الإكسوسفير أو الطبقة الخارجية Exosphere

طبقة الإكسوسفير هي الطبقة الأخيرة الخارجية من الغلاف الجوي. وتمتد طبقة الإكسوسفير مرتفعة فوق طبقة ثيرموسفير من الترموبوز وحتى نهاية الغلاف وتصبح جزيئات الهواء نادرة الوجود في طبقة الإكسوسفير إلى حد إنها تعد غير موجودة.

#### 4-1-2 أهمية الغلاف الجوي

يعتبر وجود الغلاف الجوي حول الأرض عاملاً أساسياً ومهماً جداً في نشأة الحياة على الأرض. فالغلاف الجوي بمكوناته الغازية يوفر المواد الأساسية اللازمة للحياة كالأكسجين وغاز ثاني أكسيد الكربون وغاز النيتروجين الذي يعتبر حجر الأساس في كل صور الحياة الموجودة على سطح الأرض، كما أن هناك غازات ومركبات كيميائية أخرى مهمة تدخل بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في معظم أنشطة الإنسان على سطح الأرض.

وتتسبب حركة الغلاف الجوي سواء على مستوى الكرة الأرضية أو على

المستوى الإقليمي المحدود في حدوث الكثير من الظواهر الطبيعية مثل تجانس مكونات الهواء وتكون السحب والمطر وهبوب الرياح، وكذلك حفظ كوكب الأرض من التغيرات الكبيرة والمفاجئة في درجات الحرارة.

بالإضافة إلى ما سبق فإن الغلاف الجوي الأرضي يعمل على حمايتنا من الأشعة الشمسية الضارة كالأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية الصادرة والمنطلقة من الشمس بصفة مستمرة، وكذلك الأشعة الكونية القادمة من الفضاء الخارجي والتي لولا إرادة الله تعالى بخلق غلاف جوي حول الأرض لأنت هذه الأشعة جميع أنواع الحياة البشرية الممكنة على سطح الأرض. والأهم من ذلك كله أن الغلاف الجوي يشكل سقفاً فوق الأرض يعمل على حمايتها من النيازك الكونية التي تحترق في أعلى الغلاف الجوي وتظهر على هيئة شهب لامعة.

### 2-4 المناخ

المناخ مجمل حالة الطقس في منطقة ما لفترة طويلة من الزمن. يصف علماء المناخ حالة المناخ على أساس درجات الحرارة والأمطار والثلوج والرطوبة والرياح وغيرها من المظاهر الجوية. كذلك يصف العلماء التغيرات التي تطرأ على المناخ من سنة لأخرى وتتسبب في الفترات الرطبة والفترات الجافة. فقد يتغير الطقس من يوم لآخر وقد يكون اليوم عاصفاً وبارداً بينما يكون اليوم التالي مشرقاً ودافئاً.

ولتحديد المناخ في منطقة معينة، يعتمد العلماء على دراسة الأحوال اليومية للطقس ولمدة طويلة تستغرق عدة سنوات. ولكل منطقة على سطح الأرض، مهما تضاءلت مساحتها، مناخها الخاص. وقد تشترك أقطار متباعدة في مناخ مماثل، وقد يختلف المناخ أيضاً بين منطقة جبلية مرتفعة وأخرى منخفضة مجاورة لها. ويختلف المناخ أيضاً بين المدينة وضواحيها.

### 2-4 1 تصنيف المناخ

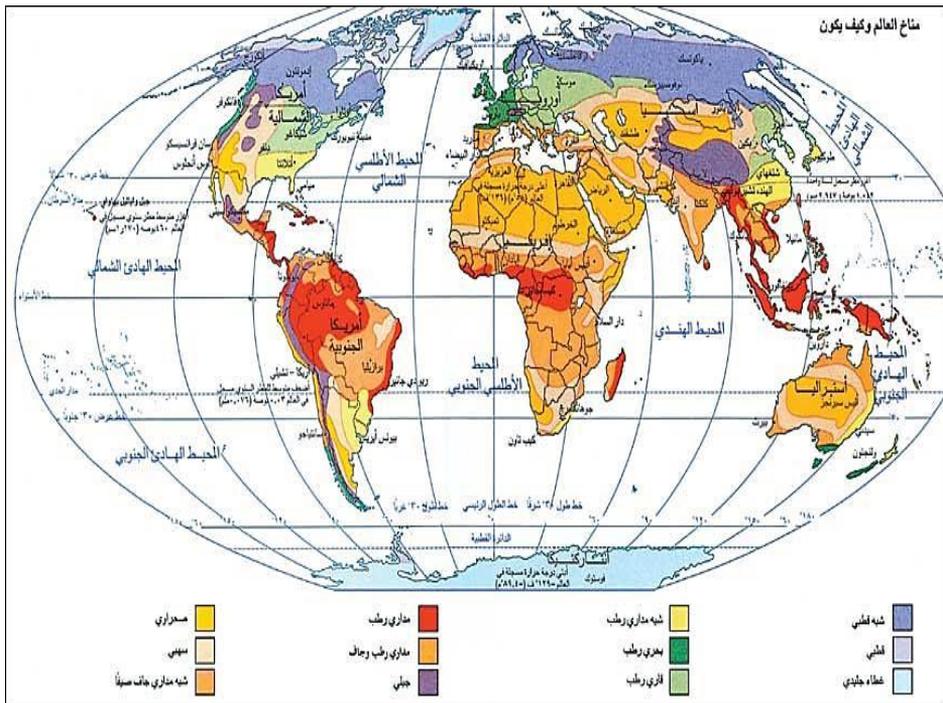
أوجد علماء المناخ أنظمة كثيرة لتصنيف المناخ، إلا أن معظم الباحثين يركزون على اثني عشر نمطاً، وهي:

- 1- المناخ المداري الرطب.
- 2- المناخ المداري الرطب والجاف.
- 3- المناخ الجبلي.
- 4- المناخ الصحراوي.
- 5- المناخ الشهيبي (شبه القاحل).
- 6- المناخ شبه المداري الجاف صيفاً.
- 7- المناخ شبه المداري الرطب.
- 8- المناخ المحيطي الرطب.
- 9- المناخ القاري الرطب.
- 10- المناخ شبه القطبي.
- 11- المناخ القطبي.
- 12- الغطاء الجليدي.

إلا أنك لن تجد في الخريطة أي بيان للفروق داخل النمط الواحد من المناخ. مثلاً، نلاحظ أن مدينتين شاطئيتين هما سيدني في أستراليا وولنجتون في نيوزيلندا تخضعان لنظام مناخي واحد هو شبه المداري الرطب حيث تمتاز هاتان المدينتان بوجه عام بمناخ دافئ إلى حار في فصل الصيف رطب في فصل الشتاء وممطر طوال العام. ولكن هناك بعض الفروق بين المناخ في الشواطئ الجنوبية الشرقية من أستراليا وبين المناطق الساحلية في نورث آيلاند.

بالإضافة إلى وصف وتصنيف المناخ، يجتهد علماء المناخ في معرفة الأسباب التي تجعل المناخ يختلف من مكان لآخر. وقد توصلوا إلى بعض الحقائق، منها: 1- الاختلاف في خط العرض، 2- الاختلاف في الرطوبة الجوية، 3- الاختلاف بين درجة حرارة اليابسة والماء، 4- الاختلاف في شكل سطح الأرض. وشكل (4-2)

يعرض خريطة توزيع المناخ في العالم.



شكل (4-2): توزيع المناخ في العالم

#### 2-2-4 الاختلاف في خط العرض

يؤثر هذا الاختلاف في المناخ بطرق شتى، أهمها أن الأماكن البعيدة عن خط الاستواء تستقبل كميات متفاوتة من الطاقة الشمسية، لأن زاوية أشعة الشمس تختلف بحسب بُعدها عن خط الاستواء. ففي المناطق المدارية القريبة من خط الاستواء، أي بين مدار السرطان ومدار الجدي، تصل أشعة الشمس شبه عمودية إلى سطح الأرض طوال العام. وهذه الأشعة مصدر قوي لتوليد الطاقة وارتفاع درجة الحرارة في معظم المناطق القريبة من خط الاستواء.

أما في المناطق القطبية شمالي وجنوبي خط الاستواء فإن الشمس لا ترتفع على خط الأفق إلا قليلاً، حيث يحدث ميل في الأشعة الشمسية وتصير أقل تركيزاً من الأشعة المباشرة العمودية وأقل حرارة على سطح الأرض. وذلك ما يُفسر برودة المناخ في المناطق القطبية. وفي مناطق العرض الوسطى، تكون كمية الأشعة أكبر في فصل الصيف عنها في فصل الشتاء. ويلاحظ طول النهار وقصر الليل في الصيف، والعكس يحدث في الشتاء. وهذا ما يزيد من المفارقات الفصلية في درجات الحرارة. وتمتد مناطق العروض الوسطى بين الدائرة القطبية الشمالية وبين مدار السرطان في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وبين الدائرة القطبية الجنوبية ومدار الجدي في النصف الجنوبي.

وتتأثر المناطق البعيدة عن خط الاستواء بشتى أنواع الرياح، لأن الرياح تنشأ عن الاختلاف في درجة حرارة الجو حول الأرض، فترتفع الرياح الدافئة وتنتشر، ثم تهب رياح لتحل محلها، وتنشأ حركة في كل الجهات، حيث تنطلق الرياح من الشرق إلى الغرب في النطاق المداري، ويحدث خلاف ذلك في العروض الوسطى. وقد تكون هذه الرياح متغيرة الاتجاهات، كما هو الحال في المناطق القريبة من المناطق القطبية. ولأن الرياح تحمل معها الحرارة والرطوبة، فإن آثارها تظهر على أحوال الطقس من تساقط وحرارة ورطوبة وسحب. ولذلك، فإن المناطق التي تهب فيها الرياح من اتجاهات مختلفة قد يسود فيها أكثر من نظام مناخي واحد.

#### 4-2-3 الاختلاف في الرطوبة الجوية

يؤثر التفاوت في الرطوبة كذلك في المناخ. ففي المناطق الحارة قرب خط الاستواء، يمتص الهواء الرطوبة من مياه المحيطات الدافئة، وتحملها الرياح إلى اليابسة، حيث تُسقط أمطاراً. وهكذا فإن المناطق الممطرة هي القريبة من خط الاستواء، وكذلك المناطق التي تهب فيها الرياح من جهة البحر. ويقبل التساقط في المناطق القطبية حيث مياه البحر باردة، وكذلك في المناطق الداخلية البعيدة عن البحر.

#### 4-2-4 الاختلاف بين درجة حرارة اليابسة والماء

قد يختلف المناخ في بقعتين على نفس خط العرض، إذا كانت إحداهما داخلية والأخرى ساحلية. ذلك لأن المناطق الداخلية أكثر حرارة من المناطق الساحلية، والماء في البحر يبرد أو يذوّب ببطء قياساً مع اليابسة. ففي الصيف ترتفع الحرارة في المناطق الداخلية أكثر منها على السواحل التي يتحكم فيها هواء البحر. وفي فصل الشتاء يهب من البحر هواء دافئ فوق المناطق الساحلية، فلا تنخفض الحرارة هنا بقدر ما يحدث في المناطق الداخلية. وتعمل البحيرات عمل المحيط في تأثيرها على المناخ.

فمدينة بيرجن على الساحل الجنوبي الغربي للنرويج تقع على بعد 2115 كيلومتر شمال مدينة أوماها في داخل الولايات المتحدة الأمريكية. ولأن المدينة النرويجية أبعد من الأخرى عن خط الاستواء فقد يظن البعض أنها أكثر برودة وجفافاً منها. غير أن هواء المحيط الدافئ الممتد شمالاً من تيار الخليج، يكيّف معدل الحرارة في بيرجن على مستوى أعلى من المعدل في أوماها الأمريكية في شهر يناير وأكثر انخفاضاً في شهر يوليو. كما تسهم الرياح المحيطية الرطبة لمدينة بيرجن بمعدل تساقط سنوي يبلغ 205 سم من الأمطار، بينما يبلغ معدل التساقط في مدينة أوماها سم فقط.

#### 4-2-5 الاختلاف في شكل سطح الأرض

يؤدي اختلاف طبيعة سطح الأرض، إلى اختلافات في الخصائص المناخية. فكلما ارتفع الهواء وتمدد انخفضت درجة حرارته، كما أن الهواء البارد يحتفظ بكميات من الرطوبة أقل مما يحتفظ به الهواء الدافئ. وهكذا فإذا هبت الرياح فوق منطقة جبلية، فإنها تبرد وتفقد جزءاً من رطوبتها. ولهذا، فإننا نجد المناطق الجبلية أشد برودة وأقل رطوبة من المناطق المنخفضة. وإذا كان سفح الجبل في اتجاه الرياح الرطبة، كانت المنطقة معرضة للأمطار بنسبة أكبر.

تخضع المناطق المرتفعة للنظام المناخي الجبلي وهو نظام يصعب تحديده .

ويؤثر هذا النظام في المناطق المتاخمة له وفقاً لما يلي:

1- الاختلاف في الارتفاع. 2- موقعها من اتجاه الرياح.

وكما أن المرتفعات تؤثر على المناخ في المناطق المنخفضة. ففي الجزر البريطانية مثلاً، تُسقط التيارات الهوائية الغربية الرطبة معظم رطوبتها على المرتفعات الغربية. وحينما تمر هذه الرياح الرطبة فوق المنخفضات الشرقية، فإنها تصبح دافئة وجافة. وعموماً، تسقط الأمطار في مرتفعات إيرلندا وبريطانيا بمعدل 200 سم سنوياً، مقابل 76 سم في السهول الشرقية.

كذلك يحدث الاختلاف في نظام المناخ في وسط بقعة صغيرة مُسطحة، إذا حدث فيها تغير ولو ضئيل في سطح الأرض. كما أن وسط المدن الكبرى أكثر دفئاً من ضواحيها، بسبب الحرارة المنبعثة من السيارات ومن أجهزة التدفئة في المنازل. وبالإضافة إلى ذلك تمتص الأرصفة والجدران كميات من الطاقة الشمسية وترسلها لتدفئ طبقات الهواء السفلى. وفي النصف الشمالي من الكرة الأرضية، يكون المناخ أشد برودة في المنحدرات الشمالية المتجهة نحو القطب، منه في المنحدرات الجنوبية المتجهة نحو خط الاستواء.

### 3-4 تغير المناخ

تحدث التغييرات في المناخ عبر السنين والأحقاب. ففي أمريكا الشمالية، مثلاً، كان المناخ في الستينيات والسبعينيات أشد برودة منه في الثلاثينيات والأربعينيات. والسبب في ذلك راجع إلى الأنماط المناخية الباردة التي أخذت تنتشر في العالم كله في أواخر الأربعينيات. ويعتقد علماء المناخ أن مناخ أمريكا الشمالية أكثر دفئاً مما كان عليه قبل خمسة عشر ألف عام. فالمناطق التي نطلق عليها اليوم اسم كندا وشمالي الولايات المتحدة الأمريكية، كانت تغطيها الثلوج في ذلك العهد.

والتغيرات في المناخ، ترجع إلى عدة أسباب، منها الاختلاف في كميات الطاقة التي تطلقها الشمس، أو تغير مدار الأرض حول الشمس، حيث تنتج عن ذلك اختلافات في كمية الحرارة التي تستقبلها الأرض. والغبار البركاني يُحدث تأثيراً

شديداً عند تفجر البراكين، حيث تصب كميات هائلة من هذا الغبار في الجو وتعلق به سنين عديدة، مما يؤدي إلى تشتت أشعة الشمس، وبذلك تضعف حدة الحرارة التي تنشرها الشمس على الأرض. وهكذا فإن تفجر البراكين، له أثره على البيئة المناخية. كما تنطلق في الجو جسيمات دقيقة من جراء الأنشطة الاقتصادية كالزراعة والصناعة، فيكون لها الأثر نفسه على نمط المناخ.

والسبب الرئيسي في تغير مناخ الأرض هو تأثير الغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون الذي يتكون في الهواء إثر عمليات الحرق في البيوت وفي المصانع. فهذا الغاز يسمح بمرور أشعة الشمس نحو الأرض، لكنه يحجب قدرًا من حرارة سطح الأرض من التسرب خارج الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة بالقرب من سطح الأرض وهو ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحراري.

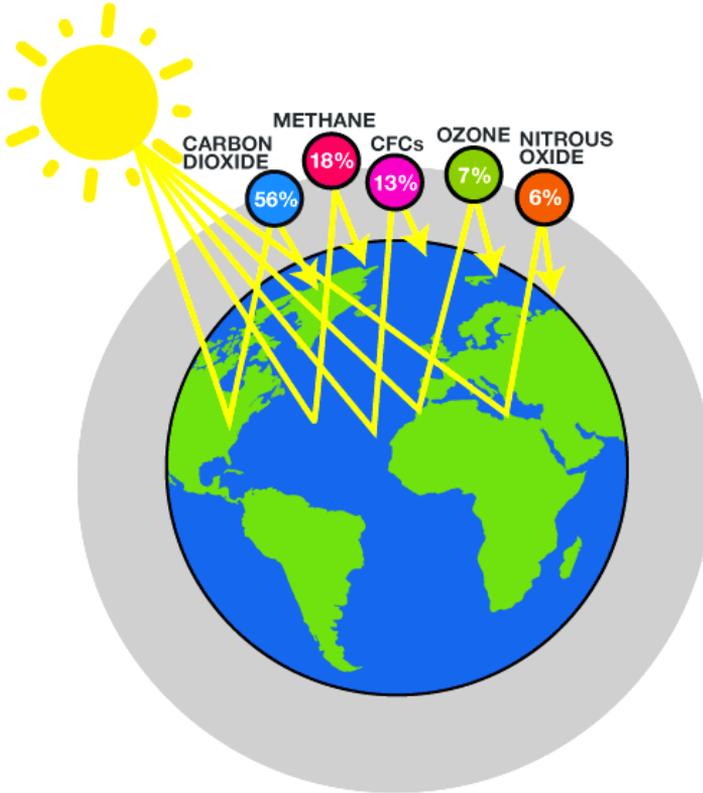
وعلى الرغم مما طرأ في الأربعينيات على النظام العام للمناخ من برودة على مستوى الأرض كلها، إلا أن بعض المناطق أصبحت أكثر دفئًا، ومناطق أضحت رطبة وأخرى أكثر جفافاً. وتغير المناخ هو أي تغير مؤثر وطويل المدى في معدل حالة الطقس يحدث لمنطقة معينة. ومعدل حالة الطقس يمكن ان تشمل معدل درجات الحرارة، معدل التساقط، وحالة الرياح. ولقد أدى تطور حجم الصناعة وكذلك ضخامة عدد السيارات ووسائل النقل في العالم خلال القرن الماضي وحتى الآن إلى استخراج وحرق مليارات الاطنان من الوقود الاحفوري لتوليد الطاقة. هذه الأنواع من الموارد الاحفورية أطلقت غازات تحبس الحرارة كثاني أكسيد الكربون وهذه الغازات من أهم أسباب تغير المناخ. وتمكنت كميات هذه الغازات من رفع حرارة الكوكب إلى 1.2 درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية. ولا بد ان يحاول العالم تجنب العواقب الاسوأ من تغير المناخ وارتفاع درجة الحرارة الكلية للأرض ليبقى دون درجتين مئويتين.

وحيث أن ما حدث ويحدث من سيول وفيضانات وظروف مناخية قاسية ليس بهول ما قد يأتي في المستقبل. فاذا تقاعسنا عن التحرك لكبح سرعة عواقب التغير المناخي سيتفاقم عدد البشر المهددين وسترتفع نسبة الكائنات الحية المعرضة

للانقراض.

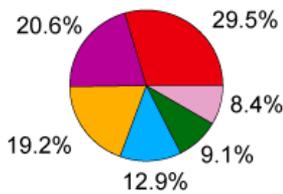
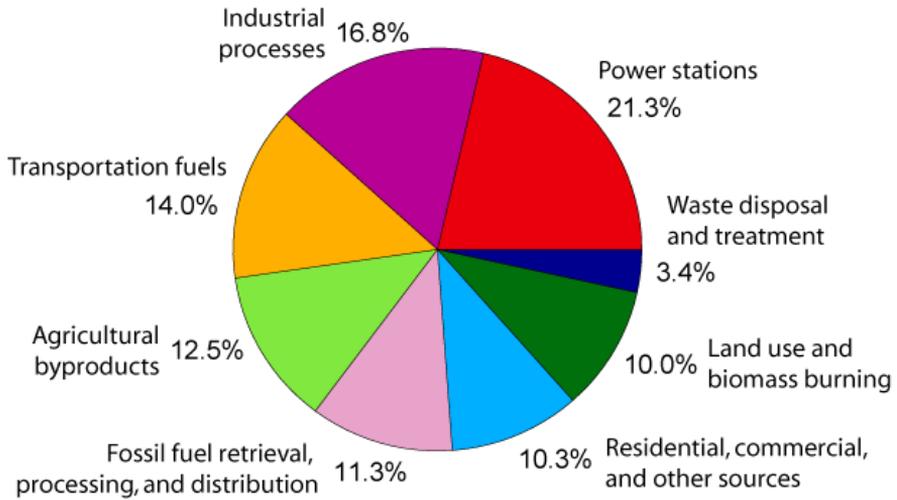
والغازات الدفيئة الرئيسية المسببة للاحتباس الحراري هي غاز ثنائي أكسيد الكربون ، وغاز الميثان وغازات الكلوروفلوروكربون والأوزون وأكاسيد النيتروجين بالإضافة لبخار الماء.

وشكل (3-4) يوضح الغازات الدفيئة ونسب تأثيرها في ظاهرة الاحتباس الحراري. وشكل (4-4) يبين مصادر ونسب انبعاثات الغازات الدفيئة. أما شكل (5-4) يعرض زيادة درجة حرارة الأرض خلال السنين من عام 1979 حتى عام 2018.

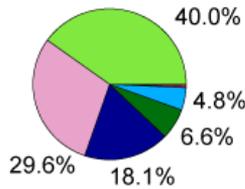


شكل (3-4): الغازات الدفيئة ونسب تأثيرها في ظاهرة الاحتباس الحراري

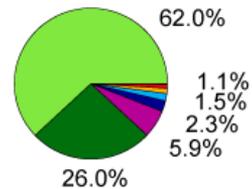
## Annual Greenhouse Gas Emissions by Sector



**Carbon Dioxide**  
(72% of total)

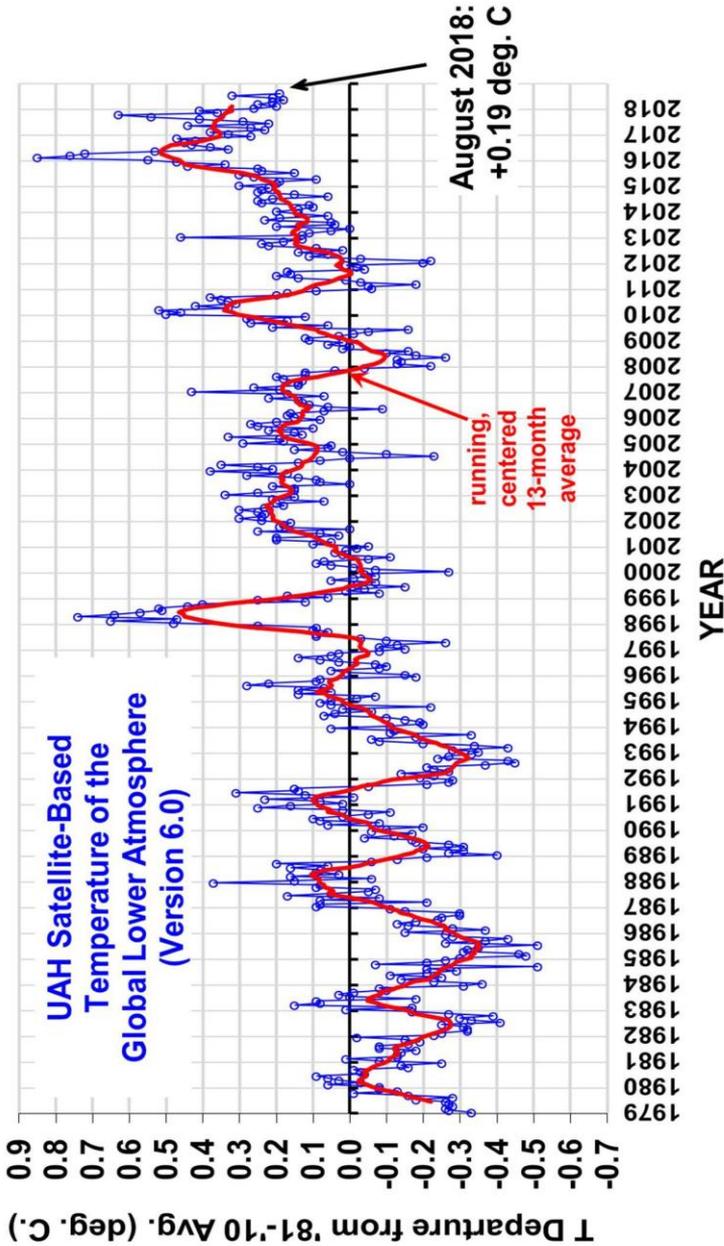


**Methane**  
(18% of total)



**Nitrous Oxide**  
(9% of total)

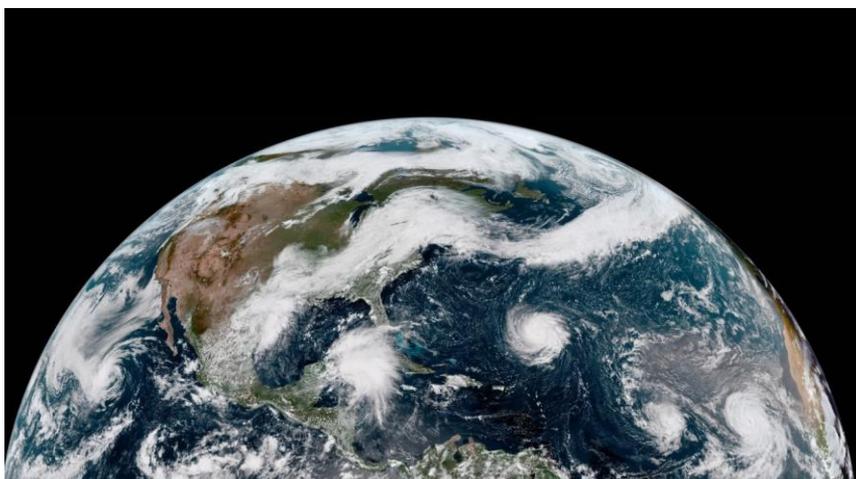
شكل (4-4): مصادر ونسب انبعاثات الغازات الدفينة



شكل (4-5): زيادة درجة حرارة الأرض 1979 – 2018

وتتمثل الظواهر الحادثة نتيجة زيادة درجة حرارة الأرض في التالي:

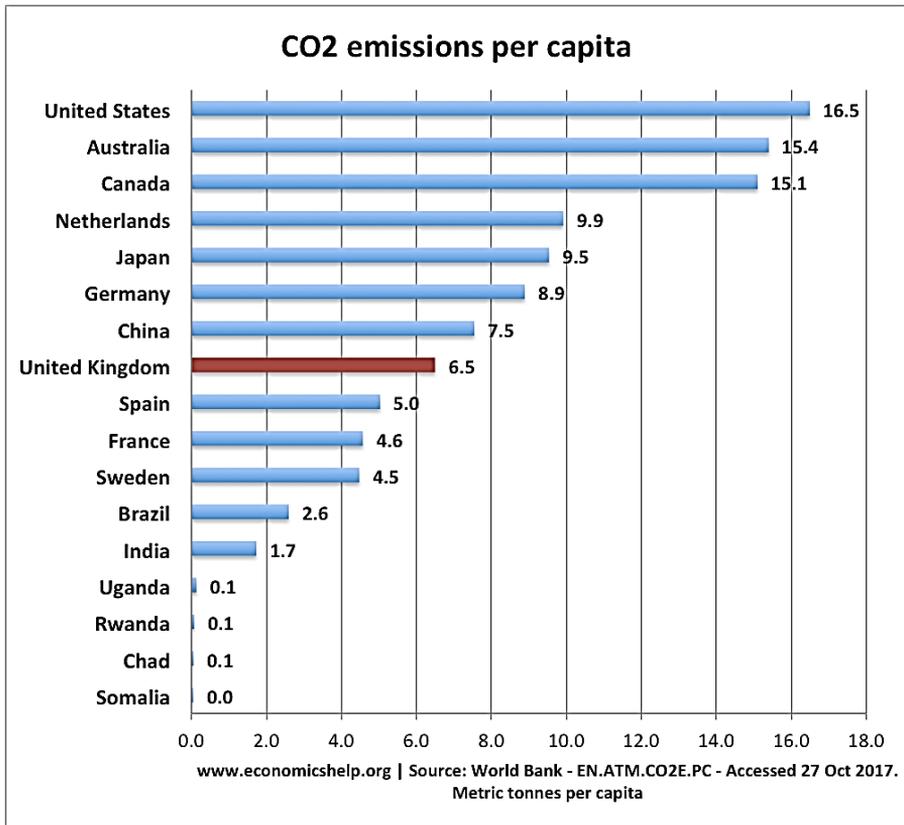
- حدوث كوارث زراعية وفقدان بعض المحاصيل.
- احتمالات متزايدة بوقوع أحداث متطرفة في الطقس.
- زيادة حرائق الغابات.
- ازدياد الفيضانات أن أجزاءً كبيرة من الجليد ستنصهر وتؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر.
- غرق الجزر المنخفضة والمدن الساحلية.
- حدوث موجات جفاف وتصحر مساحات كبيرة من الأرض.
- زيادة عدد وشدة العواصف والأعاصير.
- انتشار الأمراض المعدية في العالم.
- انقراض العديد من الكائنات الحية.
- وشكل (4-6) يعرض صورة للأرض بالقمر الصناعي توضح أعاصير سبتمبر 2018.



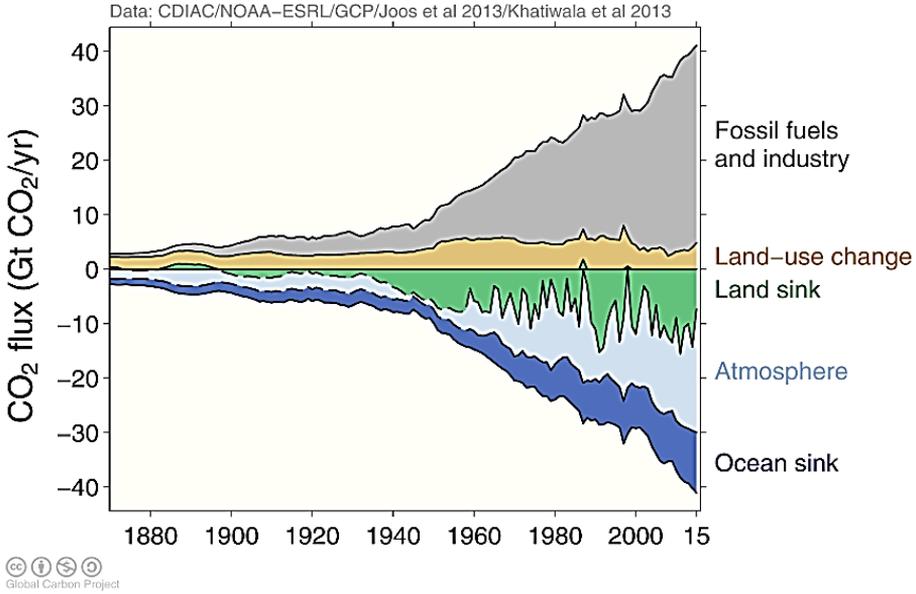
شكل (4-6): صورة مأخوذة بالقمر الصناعي للأرض توضح أعاصير في سبتمبر عام 2018

وتقوم الغابات بدور كبير في إبقاء كوكبنا بارداً، إذ أنها تقوم بامتصاص ثاني أكسيد الكربون، أحد غازات الاحتباس الحراري الرئيسة المسؤولة عن الاحترار العالمي. والأهم من ذلك أن إزالة الغابات وحرقتها يسبب ذلك زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون المنطلق إلى طبقات الجو، وهكذا فإن حماية الغابات في العالم تنهض بدور مزدوج في صراعنا لمعالجة مسألة الاحترار العالمي. ولقد وعدت كافة البلدان الأعضاء في الأمم المتحدة بالإبلاغ عن انبعاث غازات الاحتباس الحراري لديها ووضع خطط للحد منها. وبالنظر إلى أن الغابات تعمل على امتصاص كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون، يتعين على كافة البلدان بالاهتمام والمحافظة على المناطق الخضراء والغابات لديها. ويتعين على العالم في سبيل الحد من الاحترار العالمي، أن يستبدل مصادر الطاقة الملوثة كالفحم والغاز الطبيعي والنفط، حيث أن حرق هذه المواد يطلق آلاف ملايين الأطنان من ثاني أكسيد الكربون إلى طبقات الجو كل عام، بمصادر غير ملوثة كالمصادر المتجددة مثل مثل ضوء الشمس والرياح والهيدروجين والعمل على تغيير محركات السيارات ووسائل النقل الحالية والتي تعمل بمشتقات البترول وتركيب محركات جديدة تعمل بالطاقة الكهربائية. ويعدّ الخشب والوقود الحيوي من مصادر الطاقة الحيوية ولكن حرق الخشب كذلك يطلق ثاني أكسيد الكربون ولكن حينما تزرع الأشجار لتعويض الخشب المستخدم كوقود فإنها تقوم بامتصاص ثاني أكسيد الكربون أي أن الكربون يسير في دورة عبر طبقات الجو دون أن يتراكم، وهكذا يعتبر الخشب عديم التأثير على الاحترار العالمي. والحل هو جعل إنتاج حطب الوقود مستداماً. وأحد الأساليب لتخفيض استخدام السماد الملوث للتربة في الزراعة هو تطوير نظم الزراعة في البلدان المختلفة بالوسائل الطبيعية. وهو ما يساعد على تقليل كميات غازات الاحتباس الحراري بأسلوبين أولاً، أن هذه الزراعة تستخدم النباتات في تغطية التربة على مدار السنة، وهذا الغطاء الإضافي للأرض يساعد على امتصاص ثاني أكسيد الكربون وثانياً، أنها تقلل الحاجة إلى الأسمدة مما يحول دون انبعاث أكسيد النيتروز في الجو. وشكل (4-7) يعرض أعلى الدول في انبعاث ثاني أكسيد الكربون بالنسبة للفرد الواحد. وشكل (4-8) يوضح معدل غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم المنبعث

والممتص منذ عام 1880 إلى 2015.



شكل (4-7): أعلى الدول في انبعاث ثاني أكسيد الكربون للفرد الواحد



شكل (4-8): معدل CO<sub>2</sub> المنبعث والممتص (2015-1880)

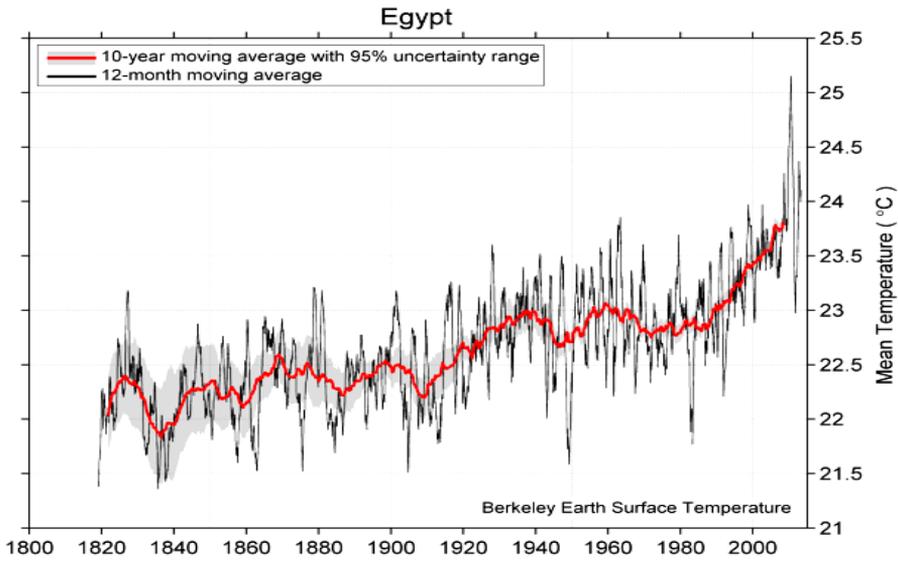
### 3-4- عزل ثاني أكسيد الكربون

عزل ثاني أكسيد الكربون هو عملية دفن غاز ثاني أكسيد الكربون وحرقه في باطن الأرض، ويتم ذلك بعد فصل الغاز واحتجازه في صهاريج عند انبعاثه من محطات توليد الكهرباء. تتم عمليات الفصل والاحتجاز والدفن لغاز ثاني أكسيد الكربون بهدف التخفيف من زيادة حرارة الأرض التي أصبحت تؤرق العالم لأنها تهدد مستقبل حياة البشر على الأرض. يتم تخزين ثاني أكسيد الكربون المعزول فيما يسمى بالوعدة ثاني أكسيد الكربون.

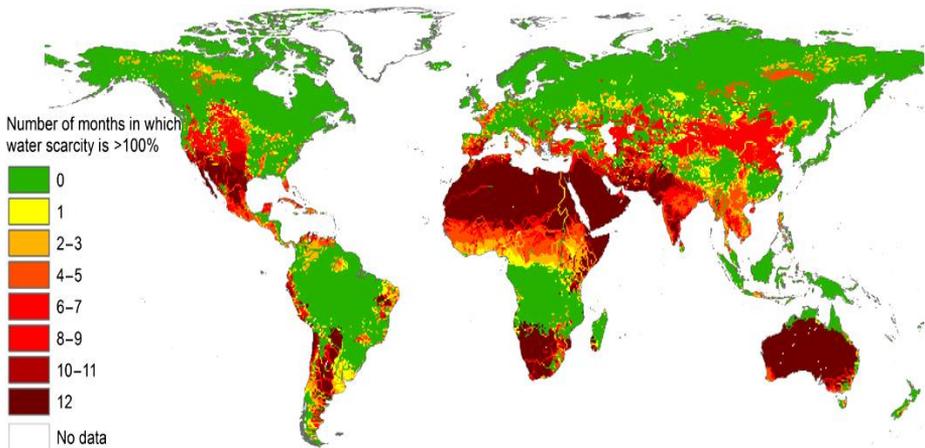
## 4-3-2 تأثير تغير المناخ على مصر

تغير المناخ أدى إلى تراجع مستويات هطول الأمطار، وتغير أنماط الطقس، وارتفاع منسوب مياه البحار في دلتا النيل وتدهور الوضع ببطء ولكن باطراد، خاصة في مجال الغذاء والماء. وتأثير نقص الماء والغذاء يظهر على الأحوال الاقتصادية والاجتماعية حيث تحتاج مصر إلى توفير أكثر من مليون فرصة عمل جديدة كل عام لقوتها العاملة المتنامية. فالملايين لا يزالون يعيشون تحت خط الفقر طبقاً لتقرير الأمم المتحدة، ويجب على مصر أن ترفع مستوى المعيشة لمن هم في أشد الحاجة إليها.

ومصر نموذج لبلد نام معرض بشدة للتغير المناخي ويواجه تهديدات عديدة لاستدامته الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. وهذا يسبب ضغوطاً جوهرية هائلة على قدرة مصر التنافسية. ويمكن وصف هذه الأزمات أيضاً بأنها تهديدات متزايدة للأمن القومي ويمكن أن تتطور إلى حالات أزمات حرجة إذا لم تعالج بسرعة وبصورة حاسمة. وتشمل هذه الضغوط أمن الطاقة ويعد الاستخدام غير المستدام لموارد الطاقة أحد الأسباب الرئيسية لتدهور البيئي وتغير المناخ. والنتيجة هي ندرة الطاقة وارتفاع أسعار الوقود التي تزيد من الفقر وتضغط الميزانيات الوطنية وكذلك أدت إلى الاتجاه إلى قروض صندوق النقد الدولي وما تبعه من تنفيذ شروط والتزامات زادت معاناة المواطن المصري. ويؤدي الاحترار العالمي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بسبب ذوبان الأنهار الجليدية والثلوج القطبية. ونتيجة لذلك، تنخفض موارد المياه العذبة في العالم في حين تدخل المياه المالحة إلى خزانات تحت الأرض ومصر عرضة بشكل خاص بسبب دلتا النيل على ارتفاع منخفض. وشكل (4-9) يوضح زيادة متوسط درجة الحرارة في مصر من عام 1820 حتى عام 2000. وأما شكل (4-10) فيعرض خريطة العالم حسب عدد الشهور في السنة التي بها أزمة مياه.



شكل (4-9): زيادة متوسط درجة الحرارة في مصر (1820 – 2000)



شكل (4-10): خريطة العالم حسب عدد الشهور في السنة التي بها أزمة مياه

#### 4-4 الاتفاقيات الدولية الخاصة بالمناخ

فيما يلي نستعرض تاريخ الاتفاقيات الدولية الخاصة بالمناخ وأهم البنود التي تم الاتفاق عليها بسبب ظهور تأثيرات ظاهرة الاحترار العالمي وتحذيرات العلماء والهيئات البحثية بخطورة تغير المناخ وتأثيره على كوكب الأرض والبيئات الطبيعية، وتوصيات مؤتمر البيئة الدولي في سبعينيات القرن الماضي، أخذت منظمة الأمم المتحدة ذلك في الاعتبار وتم في عام 1988 تشكيل الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ حيث تم الاتفاق على أن تقوم منظمتان تابعتان للأمم المتحدة وهي المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة بتشكيل الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ. لكن هذا الفريق لا يجري بحوثه الخاصة به، وإنما تتمثل مهمته في تسليط الضوء لتوضيح الأمور أثناء المداورات السياسية والخلافية بشأن الاحترار العالمي ومسبباته. ويقوم الفريق بإعداد تقديرات تتسم بالشمول والموضوعية والشفافية عن حالة البحوث الدولية بشأن تغير المناخ وأسبابه وتبعاته المتوقعة.

في عام 1990 تم صدور التقييم الأول للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ حيث أكد هذا التقييم الأول على أن الاحترار العالمي حقيقة واقعة، وأنه نجم عن تراكم الغازات الدفيئة المنطلقة إلى الغلاف الجوي نتيجة للنشاطات التي يقوم بها البشر. وعلى أساس هذا التقييم، دعت الجمعية العمومية للأمم المتحدة الدول إلى إجراء مفاوضات للتوصل إلى اتفاقية دولية لمعالجة الاحترار العالمي.

في عام 1992 وضعت اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية المتعلقة بتغير المناخ حيث تصادق البلدان الأعضاء في الأمم المتحدة على هذه الاتفاقية. وتوافقت الدول بموجب هذه الاتفاقية الطوعية على تشارك المعلومات ووضع خطط عمل دولية للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة. كما توافقت البلدان الصناعية كذلك على مساعدة البلدان النامية من خلال تزويدها بالتقنيات اللازمة لتوليد الطاقة باستخدام مصادر الطاقة المتجددة، إضافة إلى مساعدتها على التكيف مع التغيرات البيئية المتوقعة.

في 1992 كانت قمة ريو أو قمة الأرض وهي قمة نظمتها الأمم المتحدة بريو دي جانيرو بالبرازيل من أجل البيئة والتقدم. وكان ذلك من 3 يونيو حتى 14 يونيو عام 1992. وشارك في المؤتمر 172 حكومة، منها 108 دول أرسلت رؤساءها أو رؤساء حكوماتها. وحوالي 2400 ممثل لمنظمات غير حكومية و17000 شخص في المنتدى العالمي للمنظمات غير الحكومية الذي عقد موازياً للقمة وأطلق عليه المركز الاستشاري.

ومؤتمر قمة الأرض في ريو دي جانيرو لم يسبق له مثيل على مستوى مؤتمرات الأمم المتحدة من حيث حجمه ومجال الاهتمام. وبعد مضي عشرون عاماً على أول مؤتمر عالمي عن البيئة، تسعى الأمم المتحدة إلى مساعدة الحكومات على إعادة التفكير والتنمية الاقتصادية، وإيجاد السبل الكفيلة لوقف تدمير الموارد الطبيعية وتلوث الكوكب. اتجه مئات الآلاف من الناس العاملين في شتى المجالات إلى ريو دي جانيرو لاتخاذ القرارات الصعبة اللازمة لضمان كوكب صحي للأجيال القادمة.

ورسالة القمة كانت أنه لا شيء أقل من تغيير وتعديل سلوكياتنا وتصرفاتنا والذي نقله ما يقارب من 10 آلاف إعلامي وسمعه الملايين في أنحاء العالم. وكانت رسالة القمة تعبر عن مدى تعقيد المشاكل التي تواجهنا مثل الفقر، وكذلك الاستهلاك المفرط لمصادر الطاقة تسبب الضرر المؤكد للبيئة. وسلمت الحكومات بالحاجة إلى إعادة توجيه الخطط والسياسات الوطنية والدولية لضمان أن جميع القرارات الاقتصادية تراعي الآثار البيئية. ولرسالة نتائج مثمرة، الأمر الذي جعل الكفاءة البيئية مسؤولية الحكومات والأنشطة التجارية.

### ومن محاور القمة:

- أنماط الإنتاج للمكونات السامة وخاصة إنتاج مثل الرصاص في البنزين أو المواد السامة والنفايات يجب أن يجري فحصها بطريقة منتظمة من الأمم المتحدة والمنظمات الشبه حكومية.
- العثور على مصادر بديلة للطاقة، والاستعاضة عن استخدام الوقود

الأحفوري المرتبط بالتغيرات المناخية.

• الاعتماد بشكل أكبر على وسائل النقل العامة لتقليل انبعاثات المركبات والاختناقات المرورية في المدن، والتي تسبب مشاكل صحية ناجمة عن تلوث الهواء أو الضباب والدخان.

• القلق المتنامي والوعي إزاء تنامي مشكلة ندرة المياه.

ولمدة أسبوعين، وتتويجاً لعملية بدأت في ديسمبر 1989 للتخطيط والتعليم وإجراء المفاوضات بين جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة، بما يؤدي إلى اعتماد جدول أعمال القرن الحادي والعشرين، كعملية واسعة النطاق وتخطيط للعمل على تحقيق التنمية المستدامة عالمياً. وأطلق الأمين العام للمؤتمر موريس سترونغ على القمة «لحظة تاريخية بالنسبة للبشرية. ومؤتمر قمة الأرض أثار في جميع مؤتمرات الأمم المتحدة لاحقاً، والتي بحثت في العلاقة بين حقوق الإنسان والسكان والتنمية الاجتماعية والمرأة والمستوطنات البشرية والحاجة إلى التنمية المستدامة بيئياً. ففي المؤتمر العالمي لحقوق الإنسان الذي عقد في فيينا عام 1993، فعلى سبيل المثال، أكدت على حق الشعوب في بيئة سليمة والحق في التنمية.

**واعتمدت القمة ثلاث اتفاقيات رئيسية تهدف إلى تغيير النهج التقليدي في التنمية:**

• جدول الأعمال للقرن 21 ووضع برنامج عمل شامل للعمل العالمي في جميع مجالات التنمية المستدامة.

• إعلان ريو بشأن البيئة والتنمية وهو سلسلة من المبادئ التي تحدد حقوق ومسؤوليات الدول.

• بيان مبادئ الغابات وهو مجموعة من المبادئ التي تقوم عليها الإدارة المستدامة للغابات في جميع أنحاء العالم.

بالإضافة إلى ذلك، تم فتح باب التوقيع على اثنين من الاتفاقيات الملزمة قانوناً التي تهدف إلى منع تغير المناخ العالمي والقضاء على تنوع الأنواع البيولوجية،

وإعطاء لمحة عالية لهذه الجهود :

- اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ.
- اتفاقية التنوع البيولوجي.

وجداول أعمال القرن 21 يتناول المشاكل الملحة اليوم، ويهدف إلى تحضير العالم لمواجهة تحديات القرن المقبل. وهو يتضمن مقترحات مفصلة للعمل في المجالات الاجتماعية والاقتصادية (مثل مكافحة الفقر وتغيير أنماط الإنتاج والاستهلاك، ومعالجة التحولات الديموغرافية)، ولحفظ وإدارة الموارد الطبيعية التي هي أساس الحياة بحماية الغلاف الجوي والمحيطات والتنوع البيولوجي، ومنع إزالة الغابات، وتعزيز الزراعة المستدامة على سبيل المثال .

وقد وافقت الحكومات على أن التكامل بين البيئة والشواغل الإنمائية سيؤدي إلى تلبية الاحتياجات الأساسية، وتحسين المعايير للجميع، وتحسين حماية النظم البيئية وإدارتها على نحو أفضل وأكثر أماناً ومستقبل أكثر ازدهاراً. وتنص الدياجة على أن «ليس هناك أمة تستطيع تحقيق هذا من تلقاء نفسها. معا يمكننا إقامة شراكة عالمية من أجل التنمية المستدامة .

وبرنامج العمل أوصى أيضا بسبل تعزيز الدور الذي تقوم به المجموعات الرئيسية: النساء، ونقابات العمال والمزارعين والأطفال والشباب، والشعوب الأصلية، والأوساط العلمية، والسلطات المحلية وقطاع الأعمال والصناعة والمنظمات غير حكومية في تحقيق التنمية المستدامة . وإعلان ريو بشأن البيئة والتنمية يعتمد جدول أعمال القرن 21 من خلال تحديد حقوق ومسؤوليات الدول فيما يتعلق هذه القضايا. ومن مبادئه :

- على أن البشر هم في صميم الاهتمامات المتعلقة بالتنمية المستدامة. يحق لهم أن يحيوا حياة صحية ومنتجة في وئام مع الطبيعة.
- أن عدم اليقين العلمي لا ينبغي أن تؤخر اتخاذ تدابير لمنع التدهور البيئي حيث توجد تهديدات بأضرار خطيرة أو لا رجعة فيها.

- أن يكون للدول الحق السيادي في استغلال مواردها الخاصة ولكن لا تسبب ضرراً للبيئة الدول الأخرى.
  - أن القضاء على الفقر وتقليل التفاوت في مستويات المعيشة في جميع أنحاء العالم هي «لا غنى عنه» من أجل التنمية المستدامة.
  - أن المشاركة الكاملة للمرأة أمر ضروري لتحقيق التنمية المستدامة.
  - أن تعترف البلدان المتقدمة بالمسؤولية التي تتحملها في السعي الدولي لتحقيق التنمية المستدامة في ضوء الضغوط التي تلقيها مجتمعاتها على كاهل البيئة العالمية والتكنولوجيات والموارد المالية التي تحت تصرفها.
- وفي بيان المبادئ المتعلقة بالغابات من أجل الإدارة المستدامة للغابات كان التوافق العالمي الأول الذي تم التوصل إليه في مجال الغابات.

### ومن أحكامه :

- أن جميع البلدان، ولا سيما البلدان المتقدمة، ينبغي أن تبذل جهداً لـ«العالم الأخضر» من خلال إعادة التشجير والحفاظ على الغابات.
- أن الدول لها الحق في تطوير الغابات وفقاً لاحتياجات الاجتماعية والاقتصادية، وتمشياً مع السياسات الوطنية للتنمية المستدامة.
- وينبغي أن يخصص موارد مالية محددة لتقديم لتطوير البرامج التي تشجع السياسات الاقتصادية والاجتماعية البديلة.

كما دعت الأمم المتحدة في مؤتمر القمة للتفاوض على اتفاق قانوني دولي حول التصحر، لاجراء محادثات حول منع استنزاف المخزونات السمكية، لوضع برنامج عمل لتحقيق التنمية المستدامة للدول النامية، وإنشاء آليات لضمان تنفيذ اتفاقات

ريو .

وفي عام 1995 تم صدور التقييم الثاني للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير

المناخ. ويقرّر زعماء العالم بأن الاتفاقية الإطارية لا تتمتع بالقوة الكافية لمكافحة الاحترار العالمي بصورة جادة. فيبدأون إجراء مفاوضات لإبرام اتفاقية ملزمة قانونياً للحدّ من انبعاثات الغازات الدفيئة.

وكما في عام 1997 كانت اتفاقية كيوتو وتمثل هذه الاتفاقية خطوة تنفيذية لاتفاقية الأمم المتحدة المبدئية بشأن التغير المناخي وهي معاهدة بيئية دولية خرجت للضوء في مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية . ونصت معاهدة كيوتو على التزامات قانونية للحد من انبعاث أربعة من الغازات الدفيئة وهي ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز، وسداسي فلوريد الكبريت ومجموعتين من الغازات الأخرى هيدروفلوروكربون، والهيدروكربونات المشبعة بالفلور التي تنتجها الدول الصناعية . ونصت أيضا على التزامات عامة لجميع البلدان الأعضاء. واعتبارا من عام 2008 م، صادق 183 طرفا على الاتفاقية، التي كانت قد اعتمدت استخدامها في 11 ديسمبر 1997 في كيوتو في اليابان، والتي دخلت حيز التنفيذ في 16 فبراير 2005. ووافقت الدول الصناعية في إطار اتفاقية كيوتو على خفض الانبعاث الكلي للغازات الدفيئة بنحو 5.2٪ مقارنة بعام 1990. ألزم الاتحاد الأوروبي بتخفيض قدره 8 ٪، والولايات المتحدة بنسبة 7 ٪، واليابان بنسبة 6 ٪، وروسيا بنسبة 5 ٪. سمحت المعاهدة بزيادة انبعاث الغازات الدفيئة بنسبة 8 ٪ لأستراليا و10 ٪ لآيسلاندا .

ويتضمن اتفاق كيوتو مجموعتين من الالتزامات المحددة تحقيقاً للمبادئ العامة التي أقرتها اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وتتضمن المجموعة الأولى الالتزامات التي تتكفل بها جميع الأطراف المتعاقدة، في حين تختص المجموعة الثانية بمجموعة الالتزامات التي تتحملها الدول المتقدمة حيال الدول النامية .

وفيما يختص بالالتزامات التي تتكون منها المجموعة الأولى فإنه يمكن القول أن البروتوكول يلزم الدول الموقعة عليه بقائمة محددة من الالتزامات لا يتم التفرقة فيها بين الدول المتقدمة والدول النامية، فهي التزامات مشتركة تتكفل بتنفيذها كافة

الأطراف المتعاقدة. هذه الالتزامات هي قيام 38 دولة متقدمة بتخفيض انبعاثات الغازات المسببة لتأثير الدفيئة وذلك بنسب تختلف من دولة لأخرى، على أن يجرى هذا التخفيض خلال فترة زمنية محددة تبدأ في عام 2008 وتستمر حتى عام 2012. وبلغت نسبة التخفيض المقررة في حالة الاتحاد الأوروبي 8٪ أقل من مستوى عام 1990، وفي حين بلغت هذه النسبة في حالة الولايات المتحدة واليابان 7٪، 6٪ على التوالي. وتشمل هذه الانخفاضات 6 غازات محددة هي : ثاني أكسيد الكربون، الميثان، أكسيد النيتروجين، بالإضافة إلى ثلاثة مركبات فلورية . مع الحفاظ على الغابات، والعمل على زيادتها من أجل امتصاص انبعاثات الغازات الدفيئة المسببة لظاهرة التغير المناخي . وكذلك إقامة نظم ومناهج بحث لتقدير انبعاثات الغازات الدفيئة، مع دراسة الآثار السلبية الناجمة عنها، والتبعات الاقتصادية والاجتماعية لمختلف سياسات مواجهة المشكلة . والتعاون الفعال في مجالات تطوير التعليم وبرامج التدريب والتوعية العامة في مجال التغير المناخي بما يهدف إلى تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة . والعمل على إنتاج وتطوير تقنيات صديقة للبيئة من خلال التركيز على الأنواع الأقل استهلاكاً في الوقود، وبالتالي أقل من حيث احتراق الوقود وانبعاثات الغازات الضارة. وآليات المرونة، وهي تلك الآليات التي تعمل على تخفيض الانبعاثات وتقليل الآثار الضارة، ولكنها في نفس الوقت تأخذ البعد الاقتصادي عند احتساب تكاليف إنتاجها. وتشير هذه الجزئية إلى إمكانية بلوغ الهدف بأقل الخسائر الممكنة، وفي بعض الأحيان بدون خسائر على الإطلاق. بل ومن الممكن تحقيق مكاسب من وراء اتباع هذه الآليات. وتتيح هذه الآليات عمليات التجارة في وحدات خفض الانبعاثات . أما الالتزامات التي تحتويها المجموعة الثانية، فهي الالتزامات التي تتعهد بها الدول المتقدمة وحدها، وتلتزم بها في مواجهه الدول النامية لمساعدة هذه الأخيرة على الالتزام بالأحكام الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية من ناحية، وتشجيع الدول النامية على التعاون الفعال في إطار المنظومة الدولية لحماية البيئة من ناحية أخرى. وهذه الالتزامات يمكن تحديدها في النقاط التالية:

تعهد الدول المتقدمة بتمويل وتسهيل أنشطة نقل التكنولوجيا منها إلى الدول النامية والأقل نمواً، خاصة تلك التقنيات صديقة البيئة في مجالات الطاقة والنقل والمواصلات وغيرها .

كما تعهدت الدول المتقدمة بدعم جهود الدول النامية والأقل نمواً في مجالات مواجهة الآثار السلبية للتغير المناخي والتأقلم معها . والتعاون المشترك مع الدول النامية والأقل نمواً في «آلية التنمية النظيفة» والتي تعد إحدى أهم الآليات التي حددها اتفاق كيوتو . وتنص هذه الآلية على التزام واضح من جانب الدول المتقدمة بالقيام بمشروعات في الدول النامية بغرض مساعدتها على الوفاء بمتطلبات التنمية المستدامة، والمساهمة في نفس الوقت بتحقيق الهدف الرئيسي لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية الخاصة بتغير المناخ ومساعدة الدول المتقدمة في الالتزام بتخفيض الانبعاثات إلى الحد المقرر لها . فهذه الآلية تفيد كلاً من الدول المتقدمة والدول النامية على حد سواء، وتتمثل الفائدة التي تعود على اقتصاديات الدول النامية في وجود الاستثمارات القادمة من الدول المتقدمة على أراضيها، في حين تتمكن الدول المتقدمة من استخدام الانبعاثات الناتجة من أنشطة هذه المشروعات للإسهام في تحقيق جزء من التزاماتها الخاصة بتحديد وتخفيض كمي للانبعاثات . ومن خلال إجراء مقارنة سريعة بين المجموعتين من الالتزامات فإنه يمكن الاستنتاج بأن اتفاق كيوتو يضع مسؤولية تنفيذ العبء الأكبر من الالتزامات الواردة فيه على عاتق الدول المتقدمة، إذ يلزمها البروتوكول بتقديم كافة صور الدعم المالي والفني اللازم لإعانة الدول النامية والأقل نمواً على تنفيذ الالتزامات الناشئة عن السياسات الدولية المشتركة لحماية البيئة من مظاهر التلوث التي تدهمها . يضاف إلى ذلك أن هذا الاتفاق ألزم الدول المتقدمة دون الدول النامية والأقل نمواً بالعمل على انتهاج السياسات اللازمة لتخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة بنسب محددة وفقاً لجدول زمني معين .

ومن هنا فإن الدول النامية والأقل نمواً تنظر بعين الرضى والارتياح إلى اتفاق كيوتو نظراً لقلّة الالتزامات التي ألغتها على عاتقها في مجال حماية البيئة ومكافحة

التلوث المناخي وصيانة الغلاف الجوي للككرة الأرضية. فهذه الدول النامية والأقل نمواً تخشى من أن أية التزامات تفرض عليها في مجال حماية البيئة سوف تحد من قدراتها وحرية حركتها على تنفيذ مشروعات التنمية، خاصة في هذه المرحلة المبكرة من مراحل النمو. ويضاف إلى ذلك أن الدول النامية والأقل نمواً لا شأن لها فيما يخص ظاهرة انبعاثات الغازات الدفيئة، حيث أنها قد حدثت بفعل درجات التصنيع المتقدمة التي وصلت إليها الدول المتقدمة خاصة الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي. وأكثر من ذلك فإن الدول النامية والأقل نمواً ترى في نفسها ضحية سياسات التصنيع الخاطئة التي اتبعتها الدول المتقدمة، وعرضتها لمصير مشثوم في حالة ارتفاع درجة حرارة الككرة الأرضية، إذ لا تملك الموارد المالية والتقنية التي تعينها على مواجهة سلبيات هذه الظاهرة .

وعلى العكس من ذلك ترى الولايات المتحدة الأمريكية أن الاتفاق ظالم لها، وغير محقق لمصالحها. وتستند الولايات المتحدة في ذلك إلى وجود دول وإن كانت نامية في الوقت الحالي، إلا أنها ليست كذلك في المستقبل القريب، خاصة الصين والهند، حيث ستتحول هذه الدول الأخيرة لتصبح من بين الدول المسؤولة عن ظاهرة انبعاثات الغازات الدفيئة. فهذه الدول تنفذ برامج ضخمة للتصنيع دون أن تقدم أي التزامات في مجال تخفيض الانبعاثات. وترى الإدارة الأمريكية أن هذا الاتفاق لن يحقق الهدف منه طالما بقيت هذه القوى الاقتصادية الجديدة خارج نطاق الالتزامات. فما تفعله دول الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي من تخفيض لانبعاثات الغازات الدفيئة سوف تضييعه جهود الصين والهند في مجالات التنمية الصناعية .

واستناداً إلى وجهة النظر الأمريكية لحالة عدم التوازن في الالتزامات التي يتضمنها اتفاق كيوتو، التي دعت إلى معارضة تصديق الولايات المتحدة على الاتفاق. فالإدارة الأمريكية الحالية المحافظة -دفاعاً عن مصالح رجال الأعمال - ترى أن التزام الولايات المتحدة بتخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة بنسبه 7% أقل من المستوى الذي كانت عليه 1990 خلال الفترة 2008-2012 لن يتم إلا بتكلفة

عالية جداً. وتعيب هذه الإدارة على اتفاق كيوتو تركيزه الشديد على مصالح المدى القصير متجاهلاً الوضع الذي ستصبح عليه ظاهرة الانبعاثات في الأجل الطويل، ومن ثم هناك حاجة \_ طبعاً لتقدير الإدارة الأمريكية \_ إلى إعادة صياغة الاتفاق بطريقة تخلق التوازن المطلوب بين التزامات كافة القوى الاقتصادية القادمة مثل الصين، والهند وروسيا الاتحادية دون تفرقة بين الدول المتقدمة والدول النامية .

وفي عام 2001 سحبت الولايات المتحدة دعمها لبروتوكول كيوتو بحجة أن تكاليفه الاقتصادية أكبر بكثير من المنافع التي قد تتمخض عنه. وتطالب كذلك بضرورة إجبار البلدان النامية الكبيرة كالصين والهند على تخفيض انبعاثاتها هي الأخرى. إلا أنه نظراً لإطلاق الولايات المتحدة نحو ربع كميات الغازات الدفيئة في العالم، يخشى الكثيرون أنه من دون امتثال الولايات المتحدة سيكون تأثير بروتوكول كيوتو ضئيلاً في تخفيض انبعاث هذه الغازات. كذلك سحبت استراليا دعمها للبروتوكول في العام التالي. وفي عام 2005 بروتوكول كيوتو يدخل حيز التنفيذ في فبراير 2006 بعد 90 يوماً من توقيع روسيا عليه.

وفي عام 2015 كان اتفاق باريس وهو المؤتمر 21 الخاص بالمناخ وهو أول اتفاق عالمي بشأن المناخ. وجاء هذا الاتفاق عقب المفاوضات التي عقدت أثناء مؤتمر الأمم المتحدة 21 للتغير المناخي في باريس في 2015 و صدق على الاتفاق من قبل كل الوفود 195 دولة الحاضرة المؤتمر في 12 ديسمبر 2015. ويهدف الاتفاق إلى احتواء الاحترار العالمي لأقل من 2 درجات و سيسعى لحدده في 1.5 درجة. سيتم إعادة النظر في الأهداف المعلنة بعد خمس سنوات، وأهداف خفض الانبعاثات لا يمكن استعراضها على نحو أعلى. ووضع كحد أدنى قيمة 100 مليار دولار أمريكي كمساعدات مناخية الدول النامية سنوياً وسيتم إعادة النظر في هذا السعر في 2025 على أقصى تقدير. يهدف الاتفاق إلى احتواء الاحترار العالمي لأقل من 2 درجات و سيسعى لحدده في 1.5 درجة. وسيتم إعادة النظر في الأهداف المعلنة بعد خمس سنوات، وأهداف خفض الانبعاثات لا يمكن استعراضها على نحو أعلى. ووضع كحد أدنى قيمة 100 مليار دولار أمريكي كمساعدات مناخية الدول النامية

سنويا وسيتم إعادة النظر في هذا السعر في 2025 على أقصى تقدير. تعمل اتفاقية باريس للتغير المناخي بشكل أساسي علي مواجهة مشكلة انبعاثات الغازات الدفيئة، وكيفية إيجاد الحلول للتكيف معها، والتخفيف من حدة ضررها علي البيئة، والنظر بجدية للآثار الواضحة للتغيرات المناخية، والحد من ارتفاع الحرارة الي اقل من درجتين مئويتين، حيث إن متوسط درجات الحرارة العالمية ارتفع بمقدار 0.85 درجة مئوية من عام 1880 حتى 2012.

وقد تم الاعتراف بأن التغير العالمي للمناخ يتطلب جهوداً قصوى، وتعاوناً مشتركاً من جانب جميع البلدان، وضرورة وجود استجابات دولية فعالة. ووجود مبادئ وأحكام وفقاً لميثاق الأمم المتحدة، والذي يتضمن الحق السيادي في استغلال الموارد الخاصة، وإنه يقع علي الدولة المسؤولية الكاملة في ألا تقع أية أنشطة داخل ولايتها تسبب ضرراً للبيئة. وتلك الأحكام يجب ان تكون صارمة وأن تنطبق على جميع البلدان المخالفة. ومن هنا عازمت كل دولة عضو في تلك الاتفاقية على النشر المستمر للتوقعات والمخططات التي تعمل عليها خلال مواجهتها لظاهرة التغيرات المناخية، ووضع الحلول بشكل ممنهج، واتخاذ القرارات الفعالة التي تعهدت بها كل دولة طرف في تلك الاتفاقية. ومبادئ اتفاق باريس للمناخ هي:

1- للأجيال القادمة الحق في العيش في بيئة سليمة صالحة، ولذلك فحماية أطراف الاتفاقية للبيئة هو أمر منصف لتلك الاجيال ويتعين على البلدان المتقدمة أن تأخذ دور الصدارة في مكافحة التغير المناخي والآثار الضارة المترتبة عليه .

2- توضع في الاعتبار الظروف الخاصة للبلدان النامية، ولاسيما تلك المعرضة للأضرار الناجمة عن تغير المناخ . وأن الدول المتقدمة ستتحمل عبء غير عادي بمقتضى الاتفاقية .

3- تتخذ جميع الأطراف التدابير اللازمة للوقاية من أسباب تغير المناخ أو تقليلها أو تخفيف من حدة آثارها الضارة، ومهما كانت التهديدات والتحديات يجب إتخاذ كل التدابير اللازمة لمعالجة الأمر .

4- وضع الخطط المناسبة المستدامة لحماية النظام المناخي من التغير نتيجة للنشاط البشري .

وقد عقد آخر مؤتمر المناخ حتى الآن سنة 2018 ببولندا وفيه تم الاتفاق على برنامج اتفاق باريس للمناخ. كما تم التوصل إلى اتفاق حول كيفية حساب انبعاث غازات الاحتباس الحراري. وشهد المؤتمر إعلان عدد من المبادرات بشأن العمل المناخي. فتعهدت ألمانيا والنرويج بأنهما ستضاعفان مساهمتهما لصندوق المناخ الأخضر، الذي أنشئ لدعم الدول النامية. وأعلن البنك الدولي أيضا أنه سيعزز التزامه بالعمل المناخي بعد عام 2021 إلى 200 مليار دولار.



## المصادر الإنجليزية

- 1- **Solar Energy.** Christoph R. Daniel L. Christian A. Springer. New York. NY. 2013.
- 2- **Renewable Energy Systems.** Martin K. Nickolas J. Nickolas J. Lucien Y. Lennart S. Luis A. Springer. New York. NY. 2013.
- 3- **Handbook of Energy Systems in Green Buildings.** Ruzhu W. Xiaoqiang Z. Springer. Berlin. Heidelberg. 2018.
- 4- **Power Stations Using Locally Available Energy Sources.** Lucien Y. Springer. New York. NY. 2018.
- 5- **Nuclear Energy.** Nicholas T. Springer. New York. NY. 2018.
- 6- **Recovery of Materials and Energy from Urban Wastes.** Nickolas J. Thanos B. Springer. New York. NY. 2019.
- 7- **Energy from Organic Materials (Biomass).** Martin K. Springer. New York. NY. 2019.
- 8- **Fuel Cells and Hydrogen Production.** Timothy E. Adam Z. Springer. New York. NY. 2019.
- 9- **Handbook of Petroleum Processing.** Steven A. Peter R. David S. Springer. Cham. 2015.
- 10- **Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation.** Wei-Yin C. Toshio S. Maximilian L. Springer. Cham. 2017.
- 11- **Global Environmental Change.** Bill F. Springer. Dordrecht. 2014.
- 12- **Handbook of Nuclear Engineering.** Dan G. Springer. Boston. MA. 2010
- 13- **The Political Economy of Renewable Energy and Energy Security.** Espen M. Paul M. Palgrave Macmillan. London. 2014.

- 14- **Energy Harvesting and Energy Efficiency.** Nicu B. Naser M. Frede B. Erol K. Springer. Cham. 2017.
- 15- **Advances in Solar Energy Technology.** Garg H. Springer. Dordrecht. 1987.
- 16- **Ocean Energy.** Roger H. Charles W. Springer. Berlin. Heidelberg. 2009.
- 17- **Wind Energy 1975–1985.** Penny F. Springer. Berlin. Heidelberg. 1986.
- 18- **Nuclear Energy.** David B. Springer. New York. N. 2005.
- 19- **Solar Energy.** Richard R. Hautala R. Bruce K. Charles K. Humana Press. 1979.
- 20- **Nuclear Power and the Energy Crisis.** Duncan B. Palgrave Macmillan. London. 1978.
- 21- **Future Stresses for Energy Resources.** Jean-Romain F. Springer. Dordrecht. 1986
- 22- **Thermal Storage of Solar Energy.** den C. Springer. Dordrecht. 1981.
- 23- **Hydrogen Energy.** Nejat T. Springer. Boston. MA. 1975.
- 24- **Economics and Politics of Energy.** Behram N. Stephan L. Arnold P. Springer. Boston. MA. 1996.
- 25- **Energy and Environment.** Yasuhiko H. Kouhei O. Springer. Tokyo. 2001.
- 26- **Geothermal Energy Development.** Edgar W. James B. Springer. Boston. MASpringer. Boston. MA. 1982.
- 27- **Energy. Ecology. Economy.** Gerald G. Palgrave. London. 1972.
- 28- **Availability of World Energy Resources.** Ion D. Springer. Dordrecht. 1980.
- 29- **Key Concepts in Energy.** Nuno L. Springer. Cham. 2014.
- 30- **Renewable Energy-2000.** Gerard T. Anne-Marie E.

Wolfgang P. Springer. Berlin. Heidelberg. 1993.

- 31- **Energy Efficiency.** Ming Y. Xin Y. Springer. London. 2015.
- 32- **Energy and the Environment: Democratic Decision-Making.** Christian L. Colin P. Jean V. John S. Palgrave Macmillan. London. 1978.
- 33- **Cold War Energy.** Jeronim P. Palgrave Macmillan. Cham. 2017.
- 34- **European Energy Security.** Nataliya E. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden. 2012.
- 35- **Renewable Energy.** Martin K. Wolfgang S. Andreas W. Springer. Berlin. Heidelberg. 2007.
- 36- **Climate and Energy Protection in the EU and China.** Peter H. Michael P. Maximilian R. Jan-Henrik K. Springer. Cham. 2019.
- 37- **Wind Energy Conversion Systems.** Muyeen S. Springer. London. 2012.
- 38- **Renewable Energy and its Innovative Technologies.** Jayeeta C. Rahul S. Om P. Springer. Singapore. 2019.
- 39- **Eco- and Renewable Energy Materials.** Yong Z. Springer. Berlin. Heidelberg. 2013.
- 40- **Global Governance on Renewable Energy.** Sybille R. Springer VS. Wiesbaden. 2015.
- 41- **Progress in Clean Energy.** Ibrahim D. Ozgur C. Onder K. Akif M. Springer. Cham. 2015.
- 42- **Performance of Solar Energy Converters: Thermal Collectors and Photovoltaic Cells.** Beghi G. Springer. Dordrecht. 1983.
- 43- **Climate and Energy Governance for the UK Low Carbon Transition.** Thomas L. Palgrave Pivot. Cham. 2019.
- 44- **Energy Conversion and Management.** Giovanni P.

Springer. Cham. 2014.

- 45- **Towards 100% Renewable Energy.** Tanay S. Springer. Cham. 2017.
- 46- **Energy Storage.** Robert A. Springer. Boston. MA. 2010.
- 47- **Marine Renewable Energy.** Zhaoqing Y. Andrea C. Springer. Cham. 2017.
- 48- **Energy Policy and Security under Climate Change.** Filippos P. Palgrave Macmillan. Cham. 2018.
- 49- **Nuclear Energy Development in Asia.** Xu Y. Palgrave Macmillan. London. 2011.
- 50- **Perspectives on Energy Risk.** Andre D. Timur G. Mehmet B. Springer. Berlin. Heidelberg. 2014.
- 51- **Ocean Wave Energy.** Joao C. Springer. Berlin. Heidelberg. 2008.
- 52- **Energy and Environmental Policy Modeling.** John W. Springer. Boston. MA. 1999.
- 53- **Global Energy Strategies.** James C. Springer. Boston. MA. 1993.
- 54- **Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques.** Zekai S. Springer. London. 2008.
- 55- **Energy.** Yasar D. Springer. London. 2012.
- 56- **Ecological Modernisation and Renewable Energy.** David T. Palgrave Macmillan. London. 2011.
- 57- **Energy Security.** Nikolai M. Anastasia K. Palgrave Macmillan. Cham. 2019.
- 58- **Energy Security in Europe.** Kacper S. Palgrave Macmillan. Cham. 2018.
- 59- **Energy in Africa.** Sola A. Feargal B. Palgrave Macmillan. Cham. 2019.
- 60- **Wind Energy in the 21st Century.** Robert Y. Per D.
-

- Poul E. Palgrave Macmillan. London. 2002.
- 61- **International Energy Economics**. Thomas S. Springer. Dordrecht. 1992.
- 62- **Energy Management in Buildings Using Photovoltaics**. Elena P. Springer. London. 2012.
- 63- **Topical Themes in Energy and Resources**. Yasumitsu T. Michael N. Yu-You L. Springer. Tokyo. 2015.
- 64- **Global Warming and Energy Policy**. Behram N. Stephan L. Arnold P. Springer. Boston. MA. 2001.
- 65- **Energy Resources and Systems**. Tushar K. Mark A. Springer. Dordrecht. 2009.
- 66- **Economic History of Energy and Environment**. Sugiyama S. Springer. Tokyo. 2015.
- 67- **Waste Energy for Life Cycle Assessment**. Ayhan D. Springer. Cham. 2016.
- 68- **Sustainable Energy Technologies**. Hanjalic K. Van de Krol R. Lekic A. Springer. Dordrecht. 2008.
- 69- **Hydrogen Energy**. Bahman Z. Springer. Cham. 2019.
- 70- **Biofuels. Solar and Wind as Renewable Energy Systems**. David P. Springer. Dordrecht. 2008.
- 71- **Fossil Energy**. Ripudaman M. Springer. New York. NY. 2013.
- 72- **Primary Energy**. Klaus O. Springer. Berlin. Heidelberg. 1982.
- 73- **Energy for the Future**. Ivan S. Gordon M. Palgrave Macmillan. London. 2009.
- 74- **Underground Thermal Energy Storage**. Kun S. Springer. London. 2013
- 75- **New Ways and Needs for Exploiting Nuclear Energy**. Didier S. Wolfgang K. Spencer W. Springer. Cham. 2019

- 76- **Renewable Energy.** David E. Terence C. Palgrave Macmillan. Cham. 2018.
- 77- **World Energy Resources.** Charles E. Springer. Berlin. Heidelberg. 2002.
- 78- **Energy Economics.** Subhes C. Springer. London. 2011.
- 79- **Energy. Transport. & the Environment.** Oliver I. Sir D. Springer. London. 2012.
- 80- **Green Energy.** Xianguo L. Springer. London. 2011.
- 81- **Alternative Energy Sources.** Efsthios E. Springer. Berlin. Heidelberg. 2012
- 82- **Energy Resources in East Africa.** Herick O. Joseph L. Springer. Berlin. Heidelberg. 2006.
- 83- **The New Energy Crisis.** Jean-Marie C. Palgrave Macmillan. London. 2009.
- 84- **Consumer Energy Conservation Behavior After Fukushima.** Isamu M. Springer. Singapore. 2016.
- 85- **Biomass Conversion Processes for Energy and Fuels.** Samir S. Oskar R. Springer. Boston. MA. 1981.
- 86- **Advances in Solar Energy.** Karl W. Springer. Boston. MA. 1990.
- 87- **Energy from Biomass.** Chartier P. Palz W. Springer. Dordrecht. 1981.
- 88- **Electric Energy Storage Systems.** Przemyslaw K. Pio L. Zbigniew S. Springer. Berlin. Heidelberg. 2017.
- 89- **Unintended Consequences of Renewable Energy.** Otto A. Springer. London. 2013.
- 90- **Solar Energy Thermal Technology.** Brian N. Springer. London. 1992.
- 91- **Solar Hydrogen Energy Systems.** Gabriele Z. Paolo T. Springer. Milano. 2012.
- 92- **Climate and Energy: The Feasibility of Controlling CO<sub>2</sub>**
-

- Emissions.** Okken P. Swart R. Zwerver S. Springer. Dordrecht. 1989.
- 93- **Electrical Energy Generation in Europe.** Jorge M. Springer. Cham. 2015.
- 94- **Climate Change and Energy Supply and Use.** Thomas J. Island Press. Washington. DC. 2014.
- 95- **Energy Engineering.** Raghavan K. Purnendu G. Springer. Singapore. 2017.
- 96- **Geothermal Energy.** Ingrid S. Kurt B. Springer. Berlin. Heidelberg. 2013.
- 97- **Advances in Hydrogen Energy.** Catherine E. Francis L. Springer. Boston. MA. 2002.
- 98- **Energy Security and Development.** Sudhakara B. Sergio U. Springer. New Delhi. 2015.
- 99- **Topics in Energy and Resources.** Stephan L. Susan M. Springer. Boston. MA. 1974.
- 100- **Hybrid Energy Systems.** Bahman Z. Springer. Cham. 2018.
- 101- **The Earth's Atmosphere.** Kshudiram S. Springer. Berlin. Heidelberg. 2008.
- 102- **Atmosphere and Climate.** Ulrich F. Gottfried K. Andrea S. Springer. Berlin. Heidelberg. 2006.
- 103- **Ozone in the Atmosphere.** Peter F. Martin D. Springer. Berlin. Heidelberg. 2014.
- 104- **The Atmosphere and Ionosphere.** Vladimir L. Gennady V. Anatoly I. Springer. Cham. 2014.
- 105- **The Ocean Carbon Cycle and Climate.** Mick F. Temel O. Springer. Dordrecht. 2004.
- 106- **Vegetation. Water. Humans and the Climate.** Pavel K. Martin C. Paul A. John H. Lelys B. Michel M. Roger A. Charles I. Ronald W. Sabine L. Springer. Berlin. Heidelberg. 2004.

- 107- **Renewable Energy and the Environment.** Md. R. Naruttam K. Saifur R. Springer. Singapore. 2018.
- 108- **Informing Energy and Climate Policies Using Energy Systems Models.** George G. Maryse L. Brian O. GianCarlo T. Springer. Cham. 2015.
- 109- **Biofuels and Sustainability.** Kazuhiko T. Hideaki S. Osamu S. Masahiro M. Springer. Tokyo. 2018.
- 110- **Handbook of Climate Change Mitigation.** Wei-Yin C. John S. Toshio S. Maximilian L. Springer. New York. NY. 2012.
- 111- **Encyclopedia of World Climatology.** John E. Springer. Dordrecht. 2005.
- 112- **Pollutants from Energy Sources.** Rashmi A. Avinash K. Tarun G. Nikhil S. Springer. Singapore. 2019.
- 113- **Assessment of Energy Sources Using GIS.** Lubos M. Springer. Cham. 2017.
- 114- **Encyclopedia of Geochemistry.** William M. Springer. Cham. 2018.
- 115- **Transportation Technologies for Sustainability.** Mehrdad E. Fei-Yue W. Gary L. Springer. New York. NY. 2013.

## المراجع والتراجم العربية

- 1- التحول في نظام الطاقة العالمي (خارطة طريق لعام 2050) - الملخص التنفيذي - الوكالة الدولية للطاقة الذرية - 2018 .
- 2- الطاقة النفطية والطاقة النووية الحاضر والمستقبل - لودوفيك مون - ترجمة مارك عبود - المجلة العربية - الرياض - 2014 .
- 3- التغير المناخي - إيف سياما - ترجمة زينب منعم - المجلة العربية - الرياض - 2015 .
- 4- تكنولوجيا الطاقة البديلة - د. سعود يوسف عياش - عالم المعرفة - 1981
- 5- استغلال طاقة الشمس - نيكي ووكر - ترجمة عمر سعيد الأيوبي - هيئة أبو ظبي للثقافة والتراث - 2010 .
- 6- موسوعة الطاقة المستدامة - أحمد شفيق الخطيب - يوسف سليمان خير الله - مكتبة لبنان ناشرون - 2002 .
- 7- الطاقة الشمسية - مجلة العلوم والتقنية - العدد الرابع والثلاثون - السعودية - سبتمبر 1995 .
- 8- الطاقة الكهروشمسية - د. كاميليا يوسف محمد - مراجعة د. محمد صلاح السبكي - وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة - مصر - 2016 .
- 9- الطاقة المتجددة - د. محمد رأفت أسماعيل رمضان - د. علي جمعان الشكيل - دار الشروق - الطبعة الثانية - القاهرة - 1988 .
- 10- الكتلة الحيوية وإنجاز التغيير - نيكي ووكر - ترجمة عمر سعيد الأيوبي - هيئة أبو ظبي للثقافة والتراث - 2010 .

- 11- طاقة المحيطات والمد والجزر والأمواج - لين باباس - ترجمة عمر سعيد الأيوبي - هيئة أبو ظبي للثقافة والتراث - 2010 .
- 12- مصادر الطاقة المتجددة والتخفيف من آثار تغير المناخ - تقرير الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC - 2011 .
- 13- تطبيقات الطاقة الشمسية كطاقة نظيفة - أسامة عبد الرحمن - دار زهور المعرفة والبركة - القاهرة 2018 .

## المواقع الإلكترونية

- 1- <https://www.eia.gov>
- 2- <https://www.iea.org/>
- 3- <https://www.irena.org/>
- 4- <http://www.geni.org/>
- 5- <https://renewable-world.org/>
- 6- <http://www.globalenergyworld.com/>
- 7- <https://www.fgenergy.com/>
- 8- <https://gegroupp.com/>
- 9- <https://www.ensignenergy.com/>
- 10- <http://www.edisonenergy.com/>
- 11- <http://www.epenergy.com/>
- 12- <https://www.xtoenergy.com/>
- 13- <https://greenerideal.com/>
- 14- [www.renewableenergyworld.com](http://www.renewableenergyworld.com)
- 15- <https://www.greentechmedia.com/>
- 16- <https://www.energy.gov/>
- 17- <https://www.worldenergy.org>
- 18- <https://climate.nasa.gov/>
- 19- <https://www.climate.gov/>
- 20- <https://www.climatecentral.org/>
- 21- <https://climate.com/>
- 22- <https://www.theclimategroup.org/>
- 23- <http://www.realclimate.org/>
- 24- <https://www.myclimate.org/>
- 25- <https://www.noaa.gov/climate>

## نبذة عن المؤلفين

أ.د. جمال صبحي أحمد سعيد

حصل على بكالوريوس الهندسة عام 1963 من كلية الهندسة بجامعة

الإسكندرية في الفيزياء الكهربية والماجستير عام

1967 والدكتوراه عام 1971 من جامعة برايتون

بإنجلترا في فيزياء الجوامد التطبيقية وكما حصل

درجة DIC عام 1973 من الكلية الإمبريالية بلندن .

وتخصص في فيزياء الجوامد والألياف البصرية

والمواد النانومترية والطاقة الجديدة والمتجددة .

والوظيفة الحالية هي أستاذ متفرغ بكلية العلوم جامعة

الفيوم منذ يونيو عام 2000 . قام بالتدريس في

جامعات برايتون بإنجلترا والعلم بماليزيا والفتح

بليبيا والقاهرة والكلية الجوية بمصر والحديدة

باليمن. وساهم في مجال البحث العلمي وتنمية المجتمع والبيئة مع قائمة كبيرة من

الأبحاث العلمية المنشورة بالمجلات والدوريات العلمية الدولية وله عدد من

المؤلفات العلمية. كما أن له سلسلة من المقالات العلمية والثقافية المنشورة بجريدة

الأهرام المصرية منذ عام 1999 وحتى الآن.

رقم تليفون المنزل: +20238374693

رقم الموبايل: +201002317643

البريد الإلكتروني: gamalsaid\_eg@yahoo.com

## د. محمد عبد المنعم محمود



حصل على بكالوريوس العلوم عام 2001 وعلى الماجستير في الفيزياء النظرية والطاقة عام 2007 من كلية العلوم جامعة بنها . كما حصل على درجة الدكتوراه عام 2016 في فيزياء الطاقة الشمسية من كلية العلوم - جامعة الفيوم. وتخصص في الفيزياء النظرية وفيزياء الطاقة. وله عدد من الأبحاث العلمية المنشورة في المجالات الدولية والثقافية . والوظيفة الحالية هي عضو هيئة تدريس بمعهد المستقبل العالي للهندسة بالفيوم.

رقم تليفون المنزل : +20842636635

رقم الموبايل : +201002450052

البريد الإلكتروني : man9max@gmail.com