الطاقات المتجددة

في العقود الأخيرة، ازداد الطلب العالمي على الوقود الأحفوري (لاسيما النفط والغاز) بشكل كبير. ويرجع ذلك بصفة خاصة إلى ارتفاع معدلات النمو الاقتصادي في كثير من دول العالم. وفي الوقت نفسه، تناقص احتياطي النفط والغاز في الدول المنتجة لهما، وأصبحت الموارد المتبقية من هذين المصدرين المهمين من مصادر الطاقة مقتصرة فقط على عدد قليل من المناطق. وأدى ذلك إلى بروز خطر اقتصادي كبير يتهدد المجتمعات وتنميتها؛ نظرًا لكونها تعتمد اعتمادًا كبيرًا على هذه الموارد بالرغم من كونها أكثر كلفة[1]. وعلى الرغم من صعوبة تحديد الوقت الذي سينضب فيه إنتاج النفط على المستوى العالمي، فإنه سيحدث في المستقبل القريب. ولهذا بدأ الاهتمام بمصادر الطاقة البديلة، وبخاصة المتجددة منها، وذلك استعدادا للاعتماد عليها بعد نضوب النفط والغاز الطبيعي.

من مصادر الطاقات المتجددة

(1) German Energy Agency, **Renewable Energy: Renewable energy Technologies – A German Success Story**, Federal Ministry of Economics and Technology, Berlin, 2012, Page 4.

• ما هي الطاقة؟

من المعروف أن الطاقة يمكنها أن تأخذ أشكالا متنوعة، فهناك الطاقة الحرارية، والطاقة الكيميائية، والطاقة الكهربائية، والطاقة الإشعاعية، والطاقة النووية، وأخيرا الطاقة الكهرومغناطيسية.. إلخ.

ويمكن تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى[1]. فعلى سبيل المثال، يمكن تحويل الطاقة الكيميائية المختزنة في بطارية السيارة إلى طاقة حركية لتشغيل بادئ الحركة في السيارة. كما يمكن استخدام هذه الطاقة نفسها في إضاءة مصابيح السيارة.

وثمة تصنيفات عديدة للطاقة. فالطاقة التي يصاحبها حركة يطلق عليها الطاقة الحركية، والطاقة التي لها صلة بالموضع يطلق عليها طاقة كامنة[2].

• الطاقة التقليدية والطاقة المتجددة

هناك عدد كبير من المصطلحات المرتبطة بالطاقة، مثل الطاقة التقليدية، والطاقة المتجددة، والطاقة الجديدة (أو البديلة)، والطاقة الخضراء. ونظرا للتداخل الكبير بين دلالات هذه المصطلحات، فسوف نعرف كل مصطلح منها على حدة.

فالطاقة التقليدية هي الطاقة التي اعتاد الإنسان على استعمال مصادرها لسنوات عديدة[3]، مثل تلك المأخوذة من الوقود الأحفوري (الفحم والنفط أو الغاز).

أما الطاقة المتجددة فتعرف على أنها: الطاقة المستمدة من المصادر المتجددة التي لا تنضب وتتجدد يوما بعد يوم، أي أن هذه المصادر مستمدة من الموارد الطبيعية. ومن هذا المنطلق فهي طاقة مستدامة[4]. وتشمل المصادر المتجددة: الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة المد والجزر، وطاقة باطن الأرض، والطاقة المأخوذة من المخلفات النباتية، والغاز الحيوي، وطاقة المياه.

أما الطاقة الجديدة (أو البديلة) فتعرف بأنها مصادر الطاقة المتجددة والصديقة للبيئة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والوقود الحيوي[5]. كما تعرف بأنها مختلف وسائل إنتاج واستخدام الطاقة التي تحل محل النفط، والتي لم يعمم استعمالها

---

(1) http://7mole.yoo7.com/t11-topic

(2) Bureau of Energy Efficiency, **Basics of Energy and its Various Forms**, Ministry of Power, New Delhi, 2010, Pages 38: 39.

(3) Nelson E. L., **Heat Sources in the Environment**, Nelson Education Limited, Ontario, 2012, Page 62.

(4) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مجلة الباحث (جامعة ورقلة - الجزائر)، عدد 9، 2011، صفحة 225.

(5) http://www.yourdictionary.com/new-energy

لأسباب اقتصادية[1]. وهي تشمل جميع المصادر التي تستعمل بدلًا من مصادر الطاقة الأحفورية أو تنتج وقودا شبيها بالوقود الناتج عن الطاقة الأحفورية. أي أن مصادر الطاقة الجديدة تشمل مصادر الطاقة المتجددة، بالإضافة إلى الطاقة النووية[2]. ومن ثم لا يمكن اعتبار الطاقة النووية مصدراً للطاقة المتجددة[3].

وبالنسبة للطاقة الخضراء، فوفقا لماريت ميفلين Mariette Mifflin تعرّف بأنها: "أي شكل من أشكال الطاقة التي يتم الحصول عليها من مصادر الطاقة المتجددة والصديقة للبيئة، مثل الطاقة الشمسية والرياح والمياه والكتلة الحيوية"[4]. وبوجه عام، فإن مصطلح الطاقة الخضراء يقصد به جميع مصادر الطاقة التي لا ينتج عنها مخلفات أو غازات تعمل على زيادة الاحتباس الحراري مثل غاز ثاني أكسيد الكربون، أو تكون ضارة مثل أكاسيد كل من النيتروجين والكبريت. والطاقة الخضراء بذلك تشمل جزءاً من مصادر الطاقة المتجددة ولا تشملها كلها، فمثلاً، لا يندرج الغاز الحيوي أو الطاقة الناتجة عن المخلفات الزراعية تحت هذه المصادر[5]. وتعدّ معظم مصادر الطاقة الخضراء أيضا من مصادر الطاقة البديلة، لأنها تخرج عن الأشكال الأكثر تقليدية من الطاقة مثل الكهرباء والغاز والفحم[6].

• ما هي مصادر الطاقات المتجددة؟

كما سبق أن ذكرنا، تختلف مصادر الطاقات المتجددة عن غيرها من مصادر الطاقة بكونها لها صفة التجدد والديمومة، أي أن مخزونها غير قابل للنفاد بحكم الاستهلاك الدائم[7]. ويحصل على الطاقة المتجددة من تيارات الطاقة المستمرة والمتكررة الموجودة في البيئة الطبيعية، وتضم التقنيات ذات الحمولة القليلة من الكربون كالطاقة الشمسية، والطاقة المائية، والرياح، والمد والجزر، والطاقة الحرارية الأرضية،

(1) Agency for Natural Resources and Energy, **Corporate and Market Interest Promote New Energy Market Growth: Photovoltaic Power and Wind Power Generation**, Invest Japan (Magazine), No.19, 2007, Page 3.

(2) http://www.kingdomcapital.com.cn/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=29

(3) http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2007/01/nuclear-power-is-not-a-renewable-source-of-energy-47296

(4) http://housewares.about.com/od/glossary/g/greenenergy.htm

(5) سهيل كيوان، **الطاقة المتجددة: سر الاهتمام وإلى أين؟**، مجلة بيئة المدن الإلكترونية، مركز البيئة للمدن العربية، دبي. انظر الموقع التالي:

http://www.envirocitiesmag.com/articles/sustainability-and-green/renewable-energy-secret.php

(6) http://housewares.about.com/od/glossary/g/greenenergy.htm

(7) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق 2011، صفحة 225.

فضلاً عن الوقود المتجدد كالكتلة الأحيائية[1]. ومصادر الطاقة المتجددة هي مصادر طاقة لا يصدر عن استخدامها غاز ثاني أكسيد الكربون. ومعظمها لا ينتج عنه ضجيج. وهي تبدو أكثر استدامة من الوقود الأحفوري أو النووي، رغم أن بعض تقنياتها لم تنضج بعد، وما زالت مكلفة اقتصاديا[2].

• الوضع الحالي لاستغلال مصادر الطاقات المتجددة

على الرغم من الاهتمام الكبير بمصادر الطاقات المتجددة، والتطوير المستمر في تقنياتها لتقليل تكاليفها، فإن استغلال هذه الطاقات حاليا يشكل 2.3 % فقط من إجمالي الطاقة المستهلكة في العالم، في حين يشكل النفط 32.6 %، والغاز الطبيعي 21.1 %، والطاقة النووية 5.7 %، والفحم 22.2 %، والخشب التقليدي 10.6 %، وطاقة مساقط المياه الكبيرة 5.5 %، علما بأن مجمل الطاقة المستهلكة على سطح الأرض في عام 2002 م كان 451 إكساجول exajoule (الإكسا يساوي بليون بليون، أي: 18_{10} [3]، وهذا يعادل 10800 مليون طن مكافئ من النفط[4]. ويبلغ استهلاك دول العالم من الطاقة الكهربائية وحدها زهاء 60 إكساجول سنويا. ومع المعدل الحالي للنمو، من المتوقع أن يتضاعف الطلب على الطاقة بحلول عام 2050م، ويتوقع أيضا أن تصل حصة الكهرباء من هذا الطلب إلى نحو 120 إكساجول سنويا[5]. ولحسن الحظ فإنه في كثير من بلدان العالم، بدأ رجال السياسة، وصناع القرار، والصناعيون، والمواطنون يهتمون بمصادر الطاقة المتجددة، وباتوا يرون ضرورة أن يكون هناك نصيب وافر من إنتاج الكهرباء بالطاقة المتجددة من مجمل الإنتاج الكلي للكهرباء في كل بلد، كل حسب استطاعته[6]. وتظهر بعض النتائج، التي نشرتها الوكالة الدولية للطاقة المتجددة في عام 2013م، أن قطاع الطاقة المتجددة قد دخل في حلقة جديدة من تدنّي كلفة الأسعار، وزيادة انتشارها على مستوى العالم، مع حدوث تقدم تكنولوجي متسارع في أنظمتها. كما يظهر التقرير نفسه أن إنتاجية مصادر الطاقة المتجددة في عام 2011م قد بلغت ما يلي:

---

(1) Ottmar Edenhofer, Ramón Pichs Madruga, Youba Sokona, et al., **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**, Op. Cit., Page 958.

(2) وهيب عيسى الناصر وحنان مبارك البوفلاسه، **مصادر الطاقة النظيفة: أداة ضرورية لحماية المحيط الحيوي العربي**، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس، بدون تاريخ، صفحة 4.

(3) http://en.wikipedia.org/wiki/Joule

(4) وهيب عيسى الناصر وحنان مبارك البوفلاسه، **مصادر الطاقة النظيفة**، مرجع سابق، صفحة 4.

(5) نبيل الغربي ومحمد الجبالي، **التحول للطاقة المتجددة الخيار الوحيد المتاح**، جريدة (العرب)، الدوحة، العدد 9291، الثلاثاء 19 نوفمبر 2013 م، صفحة 11.

(6) وهيب عيسى الناصر وحنان مبارك البوفلاسه، **مصادر الطاقة النظيفة**، مرجع سابق، صفحة 4.

1 - 41 جيجا واط من طاقة الرياح.
2 - 30 جيجا واط من الطاقة الشمسية الضوئية.
3 - 25 جيجا واط من الطاقة الكهرومائية.
4 - 6 جيجا واط من طاقة الكتلة الحيوية.
5 - 0.5 جيجا واط من الطاقة الشمسية المركزة.
6 - 0.1 جيجا واط من الطاقة الحرارية الأرضية[1].

• أنواع مصادر الطاقات المتجددة

ثمة نوعان من هذه المصادر:

أولهما: هو كل مصادر الطاقة الدائمة قيد الاستخدام. وأهم هذه المصادر هي: المصادر الشمسية، والجيوفيزيائية (الحرارية الأرضية)، والطاقة المائية، والهوائية، والحيوية[2] (الطاقة العضوية). وتحتاج هذه المصادر إلى مستوى تكنولوجي لاستغلالها. ومن حسن الحظ أنها في متناول غالبية دول العالم.

وثانيهما: هو كل مصادر الطاقة الدائمة التي هي في مرحلة التجارب والأبحاث. وهذا النوع من المصادر يتطلب مستوى تكنولوجيا رفيعا، لا يملكه العالم حتى وقتنا الحاضر[3].

مصادر الطاقة الدائمة قيد الاستخدام:

• أولا: الطاقة الشمسية:

خلايا الطاقة الشمسية

(1) نبيل الغربي ومحمد الجبالي، **التحول للطاقة المتجددة الخيار الوحيد المتاح**، مرجع سابق، صفحة 11.

(2) Ottmar Edenhofer, Ramón Pichs Madruga, Youba Sokona, et al., **Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**, OP.Cit, Page 958.

(3) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 225.

تعرّف الطاقة الشمسية بأنها هي الطاقة المشعّة من الشمس، والناجمة عن الاندماج النووي للهيدروجين فيها[1]، وهي تتمثل في الضوء المنبعث من الشمس وفي الحرارة الناتجة عنها[2]؛ حيث استطاع الإنسان تسخيرهما منذ العصور القديمة، باستخدام مجموعة من التقنيات المتطورة باستمرار[3]، مثل: التدفئة الشمسية، والخلايا الكهروضوئية الشمسية، والكهرباء الحرارية الشمسية، والهندسة المعمارية الشمسية[4].

وفي واقع الأمر، فإن غلاف كوكبنا الجوي هو في الحقيقة حوض من الطاقة الشمسية التي تكفي لتوفير احتياجات العالم من الطاقة بنحو 15 ألف مرة[5]! وتقدر كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى الأرض يوميا بـ 1.36 كيلو واط/ المتر المربع، ينعكس في الفضاء نحو 50 % منها، في حين تنعكس على سطح الأرض 15 % منها، ويمتص 35 % من قبل الهواء والماء والأتربة[6]، مع ملاحظة أن ظروف الطقس الطبيعية (مثل: السحب والغيوم والتلوث الهوائي) تقلل من شدة أشعة الشمس في أثناء مرورها عبر الغلاف الجوي[7].

وتتلخص خصائص الطاقة الشمسية فيما يلي:

1 - هي أكثر مصادر الطاقة المعروفة وفرة.

2 - توافر عنصر السليكون اللازم لاستخدام الطاقة الشمسية بكميات كبيرة في الأرض.

3 - سهولة تحويل الطاقة الشمسية إلى معظم أشكال الطاقة الأخرى، مما يجعلها ذات أوجه استخدام متعددة.

4 - تعدُّ الطاقة الشمسية من مصادر الطاقة النظيفة وغير الملوثة.

5 - اختلاف شدة الإشعاع الشمسي من مكان لآخر، ومن زمن لآخر، وذلك بحسب موقع المنطقة التي تستغل فيها من خط الاستواء.

6 - لا تصاحب الطاقة الشمسية مخلفات إنتاج ضارة[8].

وقد أثر ضوء الشمس على تصميم المباني منذ بداية التاريخ المعماري. فقد تم استخدام وسائل التخطيط المدني والمعماري المتطورة التي تعتمد على استغلال

---

(1) Diane Little, **Solar Energy**, EFMR Monitoring Group, Inc., Harrisburg, PA, 2009, Page 4.

(2) http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy

(3) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 225.

(4) http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_energy

(5) وهيب عيسى الناصر وحنان مبارك البوفلاسه، **مصادر الطاقة النظيفة: أداة ضرورية لحماية المحيط الحيوي العربي**، مرجع سابق، صفحة 4.

(6) سالم عبد الحسن رسن، **اقتصاديات النفط**، الجامعة المفتوحة، طرابلس، 1999، صفحة 112.

(7) رسول رمضان عتاب، **حساب وتحليل كمية الإشعاع الشمسي الكلي**، مجلة علوم ذي قار (العراقية)، المجلد 2، العدد 1، يناير 2010، صفحة 148.

(8) سالم عبد الحسن رسن، **اقتصاديات النفط**، مرجع سابق، صفحة 112.

Openkan.com

الطاقة الشمسية لأول مرة بواسطة اليونانيين والصينيين الذين قاموا بإنشاء مبانيهم بحيث تكون لناحية الجنوب للحصول على الضوء والدفء. ويعدّ منزل الفيلسوف اليوناني (سقراط) الذي يسمى "ميجارون" مثالاً نموذجيًا للتصميمات المعمارية التي تعتمد على تقنيات الطاقة الشمسية[1].

وتستخدم الطاقة الشمسية حاليا بصورة مباشرة. ففي أوروبا وأمريكا وبقية دول العالم المتقدم تغطي أكثر من مجال، مثل:

1 - تسخين المياه وبرك السباحة.
2 - تدفئة المباني وتبريدها.
3 - توليد الكهرباء.
4 - طبخ الطعام.

أما في الدول النامية فتستعمل الطاقة الشمسية لتشغيل مضخات المياه في المناطق الصحراوية الجافة[2].

واستنادا إلى إحصاءات وكالة الطاقة الدولية (IEA) بلغ إجمالي الطاقات الشمسية الفوتوفولتية المركبة في العالم بنهاية عام 2008م نحو 13425 ميجا واط، مقارنة مع 7866 ميجا واط بنهاية عام 2007م. وقد تصدرت ألمانيا قائمة البلدان المستخدمة للخلايا الفوتوفولتية؛ حيث بلغ إجمالي الطاقات لديها في عام 2008 نحو 5340 ميجا واط مقارنة مع 3835.5 ميجا واط بنهاية عام 2007م. واحتلت أسبانيا المرتبة الثانية بطاقة مركبة إجمالية وصلت إلى 3354 ميجا واط في عام 2008م مقارنة مع 693 ميجا واط في عام 2007م. وحلت اليابان في المرتبة الثالثة بطاقة تصل إلى 2144.2 ميجا واط في عام 2008م مقارنة مع 1918.9 ميجا واط في عام 2007م. أما الولايات المتحدة الأمريكية فاحتلت المرتبة الرابعة بطاقة تصل إلى 1168.5 ميجا واط في عام 2008م مقارنة مع 830.5 ميجا واط في عام 2007. كما تتجه الصين إلى رفع مستوى الطاقة الشمسية المستهدف تركيبها إلى 9 جيجا واط بحلول عام 2020م. وقد بلغ معدل النمو السنوي للطاقات المركبة في أسبانيا أعلى نسبة (384 %) من بين دول العالم في عامي 2007 و 2008م[3].

أما في الدول العربية فتتوافر الطاقة الشمسية في كافة دول المنطقة بمعدلات تزيد على معظم مناطق العالم الأخرى. والمنطقة مؤهلة لاستغلال هذا المصدر بكفاءة. ولدى بعض دول الخليج العربي محطات صغيرة تعمل بالطاقة الشمسية لتحلية المياه. كما يتم استغلال الطاقة الشمسية في تسخين المياه في بعض الدول

(1) http://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9_%D8%B4%D9%85%D8%B3%D9%8A%D8%A9#cite_ref-Schittich_2003_15-1

(2) http://libya-al-mostakbal.org/news/clicked/11230

(3) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 225: 226.

العربية، (وبشكل واسع في الأردن)، وذلك عن طريق السخانات الشمسية. وهناك تراجع الآن في هذا المجال ناتج عن عدم توفر مواصفات مناسبة للسخانات. وقد بلغ إجمالي الطاقات الفوتوفولتية المركبة في الجزائر بنهاية عام 2005م زهاء 1.4 ميجا واط. وفي مصر يستمر العمل في إنشاء محطة الكريمات التي تعمل على الطاقة الشمسية بطاقة 140 ميجا واط إلى جانب المحطة الحرارية. أما المغرب فقد أعلنت عن خطتها لتنفيذ مشروع توليد الطاقة الشمسية في خمسة مواقع في البلاد بطاقة تصل إلى 2000 ميجا واط بحلول عام 2020م.

وعلى الرغم من المزايا التي يمكن أن تتوافر من استخدام الطاقة الشمسية، فإن المعوقات المصاحبة لهذا الاستخدام يصعب تفاديها في الوقت الحالي. ومن هذه المعوقات:

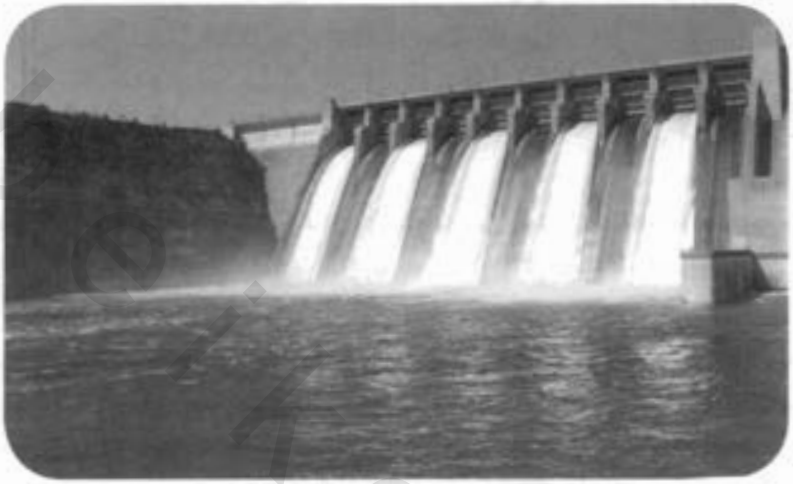
1. مشكلة سعة المساحات التي تحتاج إليها المنشآت اللازمة. فمثلا لإنتاج 1000 ميجا واط، يجب أن تبنى محطة الطاقة الشمسية على مساحة تقدر بـ 16 كيلو مترا مربعا، وهذه المساحة لها قيمتها في الدول الزراعية.
2. مشكلة كلفة بناء مشروع الطاقة الشمسية. فبالنسبة للأقطار النامية، فإن الأمر يحتاج إلى وقت طويل للقيام بأبحاث جادة على المستوى المحلي من أجل الوصول إلى مستوى التقنية التي تمكن من إقامة التجهيزات الضرورية اللازمة لبناء الطاقة الشمسية.
3. تفاوت شدة الإشعاع الشمسي من وقت إلى آخر في اليوم الواحد، وتغيرها وفقا لتبدل الفصول وتقلبات المناخ في مناطق العالم المختلفة.
4. ضرورة اكتشاف الطرق الفنية الكفيلة بتخزين الطاقة الشمسية بصورة فاعلة، مع ما يتبع ذلك من إنفاق المبالغ المرتفعة على الأبحاث والتجارب والتجهيزات والمواد المطلوبة[1].

- **ثانيا: الطاقة المائية:**

يعود تاريخ الاعتماد على المياه كمصدر للطاقة إلى ما قبل اكتشاف الطاقة البخارية في القرن الثامن عشر؛ حيث استخدم الإنسان مياه الأنهار في تشغيل بعض النواعير التي كانت تستعمل لإدارة مطاحن الدقيق وآلات النسيج ونشر الأخشاب. أما اليوم، وبعد أن دخل الإنسان عصر الكهرباء، فقد بدأ استعمال المياه لتوليد الطاقة الكهربائية، كما هو الأمر في دول مثل النرويج والسويد وكندا والبرازيل. ومن أجل

(1) منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (الأوابك)، **تقرير الأمين العام السنوي السادس والثلاثون**، الكويت، 2009، صفحة 139.

هذه الغاية، تقام محطات توليد الطاقة على مساقط الأنهار، وتبنى السدود الاصطناعية لتوفير كميات كبيرة من الماء تضمن تشغيل هذه المحطات بصورة دائمة[1].



السدود: من مصادر الطاقة الكهرومائية

وتمثل الطاقة الكهرومائية hydroelectric power أحد أهم مصادر الطاقة المائية. وهي تأتي من الجريان السطحي للمياه المتدفقة من الجبال، التي تكوّن الأنهار والوديان والبحيرات. وعندما تسقط هذه المياه من أعلى بفعل قوة الجاذبية الأرضية، فإنه يمكن استخدامها لتشغيل العنفات (التوربينات) والمولدات التي تنتج الكهرباء. وتعد الطاقة الكهرومائية أحد الموارد المتجددة للطاقة. وتتصف محطاتها بأنها لا تستخدم موارد لتوليد الكهرباء تسبب تلوثا للهواء والأرض والماء والتربة كما تفعل غيرها من محطات الطاقة الكهربائية.

وتوفر الطاقة الكهرومائية نحو 96 في المائة من الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية[2]. وفي مصر وصلت نسبة إنتاج هذه الطاقة في الفترة 2009 - 2010م إلى 9 في المائة من مجموع الطاقة الكهربائية[3]. وعلى المستوى العالمي تقدر حصتها بنسبة 19 % من إنتاج الطاقة الكهربائية العالمي.

وتكمن أهمية الطاقة الكهرومائية فيما يلي:

(1) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 226.

(2) Power Resource Office, **Hydroelectric Power**, U. S. Department of the Interior, Washington DC, 2005, Page 2.

(3) اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، **الاقتصاد الأخضر في سياق التنمية المستدامة والقضاء على الفقر: المبادئ والفرص والتحديات في المنطقة العربية**، الأمم المتحدة، نيويورك، 2011، صفحة 85.

1. كونها أقل خطرا على البيئة مقارنة بمعامل الكهرباء الحرارية التي تعمل بالوقود العضوي (فحم، نفط،...) أو الوقود النووي.
2. تعدّ عملية توليد الطاقة الكهرومائية عالية المردود؛ حيث لا يقل مردودها عن 90 %.

وتبلغ الطاقة الكامنة في مصادر الطاقة المائية في العالم 3 ملايين ميجا واط، يوجد نحو ربعها في أفريقيا، و 20 % في أمريكا الجنوبية، 16 % في جنوب شرق آسيا و 16 % في الصين وروسيا، ويتوزع الباقي بين أمريكا الشمالية وأوروبا ومناطق أخرى. ومن جانب آخر، تبلغ كمية الطاقة المستغلة من هذه المصادر نحو 150 مليون ميجا واط، أي ما يعادل زهاء 5 % من الطاقة الاحتمالية الكلية. وتخضع كلفة إنتاج الكهرباء من المحطات الحديثة لعوامل عديدة، فالمحطة الكبيرة تحتاج إلى استثمارات تتراوح بين 500 و 2500 دولار للكيلوواط. أما المحطات الصغيرة فتتراوح بين 1000 و 6000 دولار للكيلو واط.

ويواجه إنتاج الطاقة الكهرومائية مشكلات فنية واقتصادية تتعلق بالتخزين، وإمكانية النقل لمسافة قد تزيد على 500 ميل عن محطة التوليد، والكلفة العالية لإنشاء محطات الطاقة[1].

- **ثالثا: الطاقة الهوائية:**

تُعَدّ الرياح المصدر الأساسي لهذا النوع من الطاقة. وقد أثبتت عدة دراسات أن نحو 2 % من الطاقة الشمسية التي تتلقاها الأرض تتحول إلى طاقة حركية للرياح وهذا يمثل 30 مليون تيرا واط ساعة في السنة أي ما يعادل 350 مرة الاستهلاك العالمي للطاقة. ولو أن 10 % فقط من هذه الطاقة موجودة قرب سطح الأرض فإن الكمية الكامنة تبقى كبيرة. وقد استخدمت طاقة الرياح منذ قديم الزمان في تسيير السفن الشراعية، وفي أغراض الزراعة والصناعة، وطحن الحبوب، وضخ المياه، ورفع الماء إلى أعلى[2]. وهي تستخدم في الوقت الحالي في توليد الكهرباء.

وقد أدى تزايد دور الطاقات غير المتجددة في التقنية والتنمية الاقتصادية وارتفاع أسعارها خلال أواخر القرن العشرين وبداية القرن الواحد والعشرين إلى إعادة الاهتمام بالرياح كمصدر متجدد للطاقة تستخدم في تسيير السفن. وقد نجحت الدنمارك (وهي من الأوائل) في استخدامها لطاقة الرياح في توليد الكهرباء؛ حيث كانت تملك أكثر من ثلاثة وثلاثين ألف طاحونة هواء في سنة 1900م. ومنذ الحرب العالمية الثانية

(1) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 226.

(2) فجر العنزي، **طاقة الريح.. نظيفة ولا تنضب**، مجلة بيئتنا (التي تصدر عن الهيئة العامة للبيئة بالكويت)، العدد 93، سبتمبر 2007، صفحة 44.

زاد اهتمام كل من الولايات المتحدة، وروسيا، وبريطانيا، وألمانيا، وفرنسا، والهند، ومصر، وغيرها، بطاقة الرياح وتصميم أجهزة تعمل بكل أنواع الرياح لتوليد الكهرباء[1]. وهي الآن تُعَدُّ مصدر الطاقة الذي يشهد النمو الأسرع في العالم[2]. فقد نما التطور التكنولوجي لطاقة الرياح بشكل يدعو للدهشة منذ عام 1980م؛ حيث زادت القدرة التجارية المتاحة لتوربينات الرياح من 50 كيلو واط إلى نحو 4500 كيلو واط. وساعد هذا التطور على خفض التكلفة لكل كيلو واط.

طاقة الرياح

وفي الوقت الراهن، تعد طاقة الرياح تقنية ناضجة، ففي المواقع ذات سرعات الرياح المرتفعة تكون تكلفتها اقتصادية؛ حيث تنافس تقنيات توليد الطاقة التقليدية، وبخاصة عند أخذ التأثيرات البيئية في الاعتبار. وتشير الإحصاءات إلي أنه بنهاية عام 2004م كان هناك أكثر من 73800توربينة رياح تم تركيبها عالميا، وهو ما يعادل نحو 47900 ميجا واط قدرة مركبة. وقد تم تنفيذ ٨٠ % تقريبا من إجمالي القدرات العالمية في طاقة الرياح في خمس دول فقط هي: ألمانيا، وأسبانيا، والولايات المتحدة الأمريكية، والدنمارك، والهند، مع تركّز أكبر قدرات التصنيع في الدنمارك، وألمانيا، وأسبانيا.

وبنظرة إلى السوق المتنامي لطاقة الرياح، والتطور المتزايد نحو القدرات الأكبر،

(1) سيد فتحي أحمد الخولي، **اقتصاديات النفط**، دار حافظ للنشر والتوزيع، جدة، الطبعة الثانية، 1992، صفحة 94.
(2) فجر العنزي، **طاقة الريح.. نظيفة ولا تنضب**، مرجع سابق، صفحة 44.

والأسس الجديدة التي أصبحت علي الخارطة، يبدو أن كفاءة الطاقة لتوربينات الرياح سوف تستمر في التحسن[1]. واستنادا إلى إحصائيات (بريتش بتروليوم) بلغ إجمالي الطاقات المركبة من طاقة الرياح في العالم في عام 2010م نحو 348.1 تيرا واط ساعة مقارنة مع 277.9 ميجا واط ساعة عام 2009م. وبلغ إجمالي طاقة الرياح التراكمية المركبة في دول الاتحاد الأوروبي السبعة والعشرين 148.5 تيرا واط ساعة بنهاية عام 2010 م مقارنة بـ 132.5 ميجا واط بنهاية عام 2009م. وتحتل الولايات المتحدة الأمريكية المرتبة الأولى في العالم في إنتاج طاقة الرياح؛ حيث بلغ إجمالي طاقة الرياح المركبة لديها حوالي 95.6 تيرا واط ساعة في نهاية عام 2010م مقارنة مع 74.6 تيرا واط ساعة بنهاية عام 2009م. وتحتل أسبانيا المرتبة الثانية بطاقة وصلت إلى زهاء 44.2 تيرا واط ساعة بنهاية عام 2010م مقارنة مع 37.9 تيرا واط ساعة في نهاية عام 2009م. وتراجعت ألمانيا إلى المرتبة الثالثة حيث بلغ إجمالي طاقة الرياح المركبة لديها في نهاية عام 2010م نحو 37.8 تيرا واط ساعة مقارنة مع 38.6 تيرا واط ساعة في عام 2009م[2].

وعلى مستوى الدول العربية، يبدو استخدام طاقة الهواء مشجعا؛ حيث تتمتع معظم هذه الدول بطاقة عالية من الرياح، بسبب تباين تضاريسها الجغرافية من جبال ووديان وصحارى. وتتوافر طاقة الرياح في معظم الدول العربية على مدى وسطي يقدر بـ 1400 ساعة/ سنة. ومن أكثر المواقع ملاءمة لاستغلال طاقة الرياح: سلطنة عمان ومصر والمغرب، إذ تتوافر الرياح الملائمة في بعض المناطق بها على مدى 2500 ساعة/ سنة وبسرعة تتراوح بين 8 إلى 11 مترا/ ثانية. وقد استخدمت طاقة الرياح في ضخ المياه في كل من الكويت والمملكة العربية السعودية، ولبنان، والمغرب، وتونس، ومصر، أما اليمن فقد نجحت في توليد الكهرباء بطاقة 18 كيلووات كتجربة.

ومع كل هذه الوفرة فإن استخدام هذا المصدر تواجهه صعوبات ومعوقات عدة، مثل:

1. تباين سرعة الرياح واتجاهها من وقت لآخر، ومن مكان لآخر، بسبب حركة الأرض والشمس والتضاريس الجغرافية وعوامل أخرى.
2. لا يتوافر هذا النوع من الطاقة إلا في بعض المواقع.
3. الكلفة المرتفعة لإنتاج الكهرباء والمقدرة بأربعة أضعاف تكاليف الكهرباء بواسطة الطاقة التقليدية؛ حيث يحتاج هذا المصدر إلى مساحات واسعة. فعلى سبيل

(1) يوتي ب. باينولي وآخرون، **طاقة الرياح وآلية التنمية النظيفة**، ترجمة: محمد مصطفى محمد الخياط، وزارة الكهرباء والطاقة، القاهرة، 2005، صفحة 21: 22.

(2) http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/statistical-review-of-world-energy-2013.html

المثال يلزم 50 ألف طاحونة هوائية قطرها 56 مترا لإنتاج طاقة كهربائية تعادل مليون برميل من النفط الخام.

4. عدم استقرار قوة الكهرباء المولدة من طاقة الرياح.
5. صعوبة حفظ الطاقة الكهربائية التي يمكن توليدها من هذا المصدر ومن ثم مشكلة تخزينها[1].

وعلى الرغم من هذه الصعوبات، فإنه مع استخدام التقنية الحاليّة، فإنه يمكن لطاقة الرياح أن تؤمّن نحو 53000 تيرا واط ساعة في السنة. ويفوق هذا الرقم بمعدل مرتين طلب العالم المتوقع على الطاقة في عام 2020م. ولدى الولايات المتحدة الأمريكية وحدها ما يكفي من الرياح لتغطّي أكثر من حاجتها من موارد الطاقة بمعدل 3 مرّات[2].

- **رابعا: الطاقة الحرارية الأرضية:**

الطاقة الحرارية الأرضية

يقصد بالطاقة الحرارية الأرضية Geothermal Energy: الحرارة المختزنة في صخور (الماجما)؛ حيث يقدر أن أكثر من 99 % من كتلة كوكب الأرض عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها 1000 درجة مئوية[3]. وقد جاءت الطاقة الحرارية الأرضية في الأساس من التكوين الأصلي لكوكب الأرض (20 ٪)، ومن الانحلال الإشعاعي للمعادن

(1) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 227.
(2) فجر العنزي، **طاقة الريح.. نظيفة ولا تنضب**، مرجع سابق، صفحة 45.
(3) عنود محمد القبندي، **طاقة حرارية زهيدة من جوف الأرض**، مجلة بيئتنا (التي تصدر عن الهيئة العامة للبيئة بالكويت)، العدد 109، صفحة 28.

المشعة الموجودة في القشرة الأرضية (80 ٪)[1]. وتعدُّ الطاقة الحرارية الأرضية أحد موارد الطاقة المتجددة، إذ إن الحرارة المنبعثة من المناطق الداخلية من القشرة الأرضية لا حدود لها أساسا[2]. وتزداد هذه الحرارة مع زيادة العمق؛ حيث ترتفع درجة الحرارة بزيادة التعمق في جوف الأرض بمعدل نحو 2.5 - 3 درجات مئوية لكل 100 متر في العمق[3]، أي أنها تصل إلى معدل 25 - 30 درجة مئوية على عمق كيلومتر واحد أو 50 - 60 درجة مئوية على عمق كيلومترين، وهكذا. وتخرج هذه الطاقة من جوف الأرض عن طريق الاتصال conduction والنقل الحراري heat transfer والينابيع الساخنة والبراكين الثائرة[4]. ويمكن استغلال تلك الطاقة بالطرق الفنية المتوافرة بصورة اقتصادية.

وتتجسد هذه الحرارة فيما يلي:

1. المياه الحارة الجوفية والبخار الرطب والجاف.
2. الصخور الحارة التي توجد في المناطق النشطة بركانيا أو في الأعماق البعيدة تحت سطح الأرض.
3. البخار الرطب والجاف الموجود في باطن الأرض، وأفضله البخار الجاف لقدرته الحرارية المرتفعة، وعدم تسببه في تآكل المعدات.

كما نجد في عدة مناطق بالعالم نافورات طبيعية أو عيون للماء الساخن تستخدم كحمامات علاجية أو ترفيهية[5].

ويقدر احتياطي الطاقة الحرارية الأرضية في حزام عمقه 2000 متر تحت سطح الأرض بما يعادل ما ينتجه 250 مليار طن من الفحم من الطاقة. ونظريا يمكن أن يغطي هذا المقدار من الطاقة حاجة العالم من الطاقة لمدة 100000 سنة قادمة، إلا أن تحويلها إلى طاقة كهربائية هي عملية باهظة التكاليف بسبب عمليات الحفر إلى أعماق سحيقة، والحاجة إلى أنابيب كثيرة لاستخراج الماء الساخن بكميات وفيرة[6].

---

(1)Turcotte, D. L.; Schubert, G., **Geodynamics**, Cambridge University Press, Cambridge, UK, second edition, 2002, Pages 136: 137.

(2) Alyssa Kagel, Diana Bates, & Karl Gawell, **A Guide to Geothermal Energy and the Environment**, Geothermal Energy Association, Washington, D.C., 2007, Page 2.

(3)Burkhard Sanner, **Shallow Geothermal Energy**, Geo-Heat Center Bulletin (GHC) Bulletin, Oregon Institute of Technology, June 2001, Page 19.

(4) John Finger and Doug Blankenship, **Handbook of Best Practices for a Geothermal Drilling**, Sandia National Laboratories/ U.S. Department of Commerce, Livermore, California, USA, 2010, Page 9.

(5) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 227.

(6) عنود محمد القبندي، **طاقة حرارية زهيدة من جوف الأرض**، مرجع سابق، صفحة 28.

كما تقدر كمية الحرارة التي تتدفق باستمرار من داخل القشرة الأرضية بما يعادل 42 مليون ميجا واط من الطاقة (والميجا واط الواحد يعادل مليون واط، وهو يكفي لتلبية احتياجات نحو ألف منزل من الطاقة)[1]. ويتم التنقيب عن معظم مكامن الحرارة الجوفية الأرضية حينما يكون التدرّج الحراري thermal gradient[2] في المنطقة الجاري البحث فيها عاليا، ولا تكون على عمق كبير، بحيث يكون الحفر أقل كلفة[3].

وتعدُّ الطاقة الحرارية الأرضية من مصادر الطاقة المتجددة التي استخدمت منذ فترة طويلة من خلال استغلال مياه النافورات الحارة؛ حيث يرجع تاريخ استعمالها إلى أكثر من 10000 سنة عندما استخدم الهنود الحمر الينابيع الساخنة لطهي طعامهم.

وتشكّل الطاقة الحرارية الأرضية مورداً غير محدود للطاقة النظيفة، وهي أحد أهم مصادر الطاقة المتجددة التي تتسم بآثارها البيئية الضئيلة. فلا تنتج عنها انبعاثات ضارة، بما في ذلك غاز ثاني أكسيد الكربون. وهي لا تتطلب أي تخزين، ومن ثم فإنها تعدّ من مصادر الطاقة المتجددة منخفضة الكربون. وفي الوقت نفسه، فإن مصادرها تتسم باستقرار الأسعار، وعدم تعطل الإمدادات[4].

ويمكن استخدام الطاقة الحرارية الأرضية بشكل أساسي لإنتاج التيار الكهربائي[5]، ويتطلب ذلك حفر أنابيب كثيرة وإنزالها إلى أعماق قد تصل إلى نحو 5 كيلومترات. وفي بعض الأحيان تستخدم المياه الجوفية الساخنة بشكل مباشر (بدون تحويلها إلى كهرباء) لتدفئة المنازل عندما تكون مصادر هذه المياه قريبة من سطح الأرض، كأن تكون على عمق 150 مترا. وثمة مناطق معينة تكون فيها تلك المياه على هيئة ينابيع حارة تصل إلى سطح الأرض؛ حيث تكون تكلفة استخراجها واستعمالها معقولة[6]. ففي

---

(1) Alyssa Kagel, Diana Bates, & Karl Gawell, **A Guide to Geothermal Energy and the Environment**, Op. Cit., Page 2.

(2) التدرج الحراري (ويسمى أيضا: الانحدار الحراري) هو معدل زيادة درجة الحرارة مع زيادة العمق في باطن الأرض. انظر:

Olav Hohmeyer & Tom Trittin (Editors), **IPCC Scoping Meeting on Renewable Energy Sources – Proceedings**, The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Lübeck, Germany, 20 – 25 January, 2008, Page 62.

أو هو الفرق في درجة الحرارة بين لب كوكب الأرض وسطح القشرة الأرضية. انظر:

http://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_energy

(3) John W. Lund, **Characteristics, Development and Utilization OF Geothermal Resources**, Geo-Heat Center Bulletin (GHC) Bulletin, Oregon Institute of Technology, JUNE 2007, Page 1.

(4) Renewable Energy and Power Department, **The Future of Geothermal Energy**, Massachusetts Institute of Technology, Idaho Falls, USA, 2006, Page 1-4.

(5) عنود محمد القبندي، **طاقة حرارية زهيدة من جوف الأرض**، مرجع سابق، صفحة 28: 29.

(6) Burkhard Sanner, **Shallow Geothermal Energy**, Op. Cit, Page 19.

أيسلندة مثلا، تنتشر هذه الينابيع الحارة، ويتم توظيفها لأغراض تدفئة المنازل. كما يمكن الاستفادة من المياه الجوفية الحارة والصخور الحارة في تسخين المياه التي تستخدم في الكثير من مجالات الصناعة والزراعة وغيرها[1].

وقد أجريت أول تجربة ناجحة لتوليد الكهرباء عن طريق بخار جوف الأرض في لارديريللو Larderello بإيطاليا عام 1904م بطاقة إنتاجية 280 ألف كيلووات[2]. وأنشئت أول محطة لتوليد الكهرباء بشكل تجاري من الطاقة الحرارية الأرضية في الولايات المتحدة الأمريكية في (جيسرز) Geysers بولاية كاليفورنيا عام 1960م، بطاقة إنتاجية صافية قدرها 11 ميجا واط. وما تزال هذه المحطة تعمل بكفاءة حتى الآن، وهي تعدّ أكبر مصدر وحيد لإنتاج الطاقة المتجددة على مستوى العالم[3]. وقد أنشئت بعد ذلك محطات توليد كهربائية أخرى تعمل بالحرارة الأرضية في كل من المكسيك، وأيسلندا، ونيوزلندا، واليابان، وروسيا[4] وعدة دول أخرى كالفيليبين؛ حيث إن 27 % من طاقتها الكهربائية تولد من مصادر حرارية أرضية[5].

وعلى مستوى الدول العربية نجد مصادر الطاقة الحرارية الأرضية متوافرة في بعض الدول، مثل: جيبوتي، والجزائر، واليمن، والمغرب، والمملكة العربية السعودية. وهي توجد بصورة أقل في كل من المملكة الأردنية الهاشمية، وجمهورية مصر العربية، والسودان، وتونس.

وقد بلغت طاقة الحرارة الأرضية المركبة في العالم في عام 2008م لتوليد الكهرباء نحو 10469.7 ميجا واط مقارنة بـ 10045.5 ميجا واط في عام 2007م، وذلك استنادا إلى مصادر (بريتش بتروليوم).

واستنادا إلى إحصاءات وكالة الطاقة الدولية (IEA)، فقد بلغ إجمالي طاقة الحرارة الجوفية المركبة في جميع الدول الأعضاء في منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (OAPEC) نحو 3919 ميجا واط في عام 2007م، مقارنة مع 3972 ميجا واط في عام 2006م، فيما بلغ إجمالي طاقة الحرارة الجوفية المركبة في دول منظمة التعاون

(1) عنود محمد القبندي، **طاقة حرارية زهيدة من جوف الأرض**، مرجع سابق، صفحة 28: 29.

(2) Alyssa Kagel, Diana Bates, & Karl Gawell, **A Guide to Geothermal Energy and the Environment**, Op. Cit., Page 4.

(3) Gawell, et al., **Geothermal Energy: The Potential for Clean Power from the Earth**, Geothermal Energy Association, Washington, DC., 1999, Page 12.

(4) Alyssa Kagel, Diana Bates, & Karl Gawell, **A Guide to Geothermal Energy and the Environment**, Op. Cit., Page 4.

(5) The World Bank Group, **Geothermal Energy Sources**, The World Bank, Washington DC, USA, 2002, Page 24.

الاقتصادي والتنمية (OECD) في عام 2007 نحو 5364 ميجا واط مقارنة مع 5354 ميجا واط في عام 2006م. أما إجمالي طاقة الحرارة الجوفية المركبة في الدول الأوروبية الأعضاء في وكالة الطاقة الدولية (IEA Europe)، فقد بلغ 723 ميجا واط في عام 2007م مقارنة مع 720 ميجا واط في عام 2006م[1].

وتشير الدراسات الاقتصادية إلى أنه في غضون الخمسين عاما المقبلة، فإن زيادة الاستثمار في مجال طاقة الحرارة الأرضية سوف تؤدي إلى زيادة إنتاج هذه الطاقة وانخفاض تكاليفها. وسوف يسهم التقدم التقني في تحقيق ذلك[2]. أما أهم المشكلات التي تواجه هذا النوع من المصادر فهي تتمثل فيما يلي:

1. خطورة التعامل مع الحرارة المتسربة بعنف إلى سطح الأرض.
2. تآكل المعدات والآلات المستخدمة في الحفر للوصول إلى مكان الحرارة، لاسيما إذا كانت الحرارة المتولدة في صورة ماء أو بخار رطب.
3. قلة نسبة الطاقة المستفاد منها؛ حيث إن نظام البئر الحراري الجوفي يمكن أن يستخرج 10 % من الحرارة الموجودة في المستودع الجوفي إلى سطح الأرض، ثم تقوم المحطات الحرارية بالاستفادة من 10 % من هذه الكمية، مما يعني أن نسبة الاستخدام تصل إلى 1 % فقط من الحرارة الجوفية في موقع معين[3].

- **خامسا: الطاقة الحيوية:**

الطاقة الحيوية bioenergy هي الطاقة المستمدة من الكتلة الحيوية biomass، سواء باستخدام الكتلة الحيوية مباشرة كوقود، أو معالجتها للحصول على السوائل والغازات التي تستخدم كوقود[4].

والكتلة الحيوية هي مواد عضوية مثل الأشجار والنباتات (بما في ذلك المحاصيل الزراعية)، والنفايات (مثل نفايات مطاحن الخشب، والنفايات البلدية، والسماد العضوي manure، والغاز المنبعث من أماكن ردم النفايات landfill gas، والميثان الناتج من مرافق معالجة مياه الصرف الصحي)[5].

---

(1) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 227: 228.

(2) Renewable Energy and Power Department, **The Future of Geothermal Energy**, Op. Cit., Page 9-43.

(3) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 228.

(4) The International Energy Agency (IEA), **Technology Roadmap: Bioenergy for Heat and Power**, OECD/ IEA, Paris, France, 2012, Page 8.

(5) The U.S. Environmental Protection Agency and National Renewable Energy Laboratory, **State Bioenergy Primer**, EPA/ NREL, Washington, Dc, September 2009, Page 7.

الطاقة الحيوية

وعلى هذا، يمكن القول بأن الطاقة الحيوية هي تلك التي يمكن استنباطها من المواد النباتية والحيوانية والنفايات بعد تحويلها إلى سائل أو غاز بالطرق الكيميائية أو التحلل الحراري. كما يمكن الاستفادة منها عن طريق إحراقها مباشرة، واستخدام الحرارة الناتجة في تسخين المياه أو إنتاج البخار الذي يمكن بواسطته تشغيل التوربينات وتوليد الطاقة الكهربائية.

ويمكن تصنيف الوقود الحيوي حسب المصدر والنوع. فهو قد يكون مشتقاً من منتجات الغابات أو المنتجات الزراعية أو منتجات مصائد الأسماك أو مخلفات المدن، وكذلك من الصناعة الزراعية والصناعة الغذائية والمنتجات الثانوية للخدمات الغذائية ومخلفات تلك الخدمات. وقد يكون الوقود الحيوي صلباً، مثل خشب الوقود والفحم النباتي، أو سائلاً، مثل الإيثانول، وزيت الديزل الحيوي، أو غازياً، مثل الغاز الحيوي[1].

وبوجه عام، تتضمن مصادر الطاقة الحيوية ما يلي:

1 - محاصيل الطاقة:

المقصود بمحاصيل الطاقة هي تلك النباتات التي يمكن تحويل منتجاتها إلى وقود يستخدم كمصدر للطاقة. ومن بين النباتات المهمة في هذا المجال هناك: قصب السكر والمنيهوت والذرة السكرية والبطاطا الحلوة والنباتات التي تنتج منها الزيوت. وهذا لا يعني أن النباتات الأخرى لا تصلح كمحاصيل للطاقة، غير أن إمكانية الاستفادة منها أقل من التي ذكرناها.

(1) كيث ويب وآخرون، حالة الأغذية والزراعة 2008، منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، روما، 2008، صفحة 10.

محاصيل الطاقة

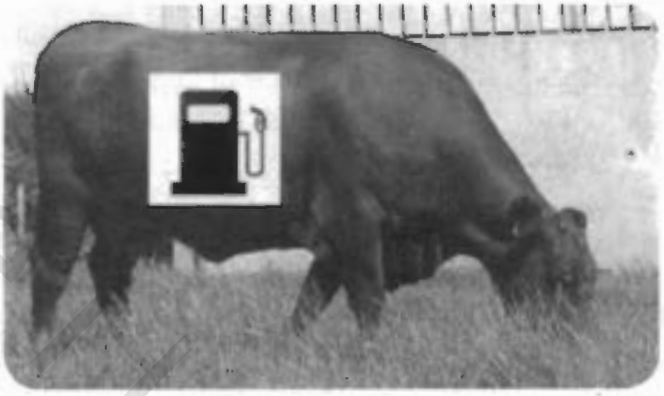
ومن الجدير بالذكر أن بالإمكان استعمال النباتات نفسها كوقود. فقد كانت الأخشاب وأغصان الأشجار مصدر الطاقة الأساسي للإنسان قبل اكتشاف الفحم والبترول. وإلى الآن مازال هناك الكثيرون يعيشون في الأرياف ويعتمدون على الأخشاب وأغصان الأشجار كمصادر للطاقة، سواء لتسخين المياه أو الطبخ أو تدفئة البيوت. وتتوفر الخصائص الطبيعية الملائمة لإنتاج محاصيل الطاقة سالفة الذكر في المناطق المدارية شمال خط الاستواء وجنوبه. فهذه المناطق تتمتع بتربة خصبة ومياه وفيرة وبدرجات حرارة عالية، وهو الأمر الذي يجعلها ملائمة لإنتاج هذه المحاصيل بكفاءة عالية. وتعدُّ البرازيل من الدول الرائدة في مجال إنتاج محاصيل الطاقة. ويعود تاريخ إنتاج الكحول من النباتات في البرازيل إلى فترة الحرب العالمية الأولى. ومنذ ذلك التاريخ جرت التجارب على إمكانية استعمال الكحول كوقود للسيارات بعد مزجه بالبنزين[1].

2 - إنتاج الغاز من مخلفات الحيوانات:

تُعَدُّ المخلفات الحيوانية واحدة من المواد الرئيسية التي يمكن استغلالها كمصدر للطاقة الحيوية. وقد استعمل الإنسان ومازال مخلفات الحيوانات كأسمدة للتربة في الوقت الذي لم يكن باستطاعته صناعة الأسمدة الكيميائية. كما استعملت مخلفات الحيوانات أيضا لإنتاج الطاقة وذلك بحرقها مباشرة. وقد بذلت العديد من الدول مجهودات كبيرة لاستغلال هذه المخلفات في إنتاج الغاز الحيوي، وذلك عن طريق

(1) سعود يوسف عياش، **تكنولوجيا الطاقة البديلة**، سلسلة عالم المعرفة، الكتاب رقم 38، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، فبراير 1981، صفحة 125: 126.

تخمير تلك المخلفات في مفاعل خاص. ويتحرر الغاز الحيوي (الميثان بشكل أساسي) بفعل عملية التخمر، وذلك تبعًا لزمن بقاء المادة العضوية في المفاعل[1].



إنتاج الغاز من مخلفات الحيوانات

وتجرى عملية التخمر بمعزل عن الهواء في وسط مائي (8 – 10 % مواد صلبة، 90 – 92 % ماء) مع توافر الظروف الملائمة من الحرارة والحموضة لنشاط البكتيريا اللاهوائية التي تقوم بتحليل المواد العضوية إلى أحماض عضوية، ثم تقوم بكتيريا الميثان بتحويل المواد العضوية إلى غاز الميثان الذي يكون مختلطا بفقاقيع من غاز ثاني أكسيد الكربون[2]. ويتم تجميع الميثان من المفاعل بسحبه وتعبئته داخل أسطوانات خاصة محكمة، ومن ثم تتم معالجته وتنقيته ليصبح جاهزا للاستخدام. ويمكن تحويل هذا الغاز إلى غاز طهي، أو ضغطه وتحويله إلى وقود للمركبات. كما يستخدم هذا الغاز بنسبة 100 % في تشغيل توربينات إنتاج الطاقة الكهربائية.

وبالإضافة إلى غاز الميثان المنتج عن عملية التحلل العضوي لمخلفات الحيوانات، فإن ما يتبقى من مادة عضوية صلبة وسائلة بعد عملية التخمر يمكن استخدامه كسماد عضوي جيد لزيادة الإنتاج الزراعي وتحسين خواص التربة، علما بأنه يكون خاليًا من الميكروبات والروائح الكريهة[3].

(1) عادل محمد الأمين وفاروق الشوا وصقر الغضبان، **تصميم وحدة الغاز الحيوي وإنشاؤها وتشغيلها بكلية الزراعة (خرابو) في جامعة دمشق**، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد 23، العدد 2، 2007، صفحة 381.

(2) أحمد لطف محمد ومحمد الذبحاني، **الغاز الحيوي وطريقة إنشاء وحداته الإنتاجية في المناطق الريفية**، مجلة التنمية الزراعية، العدد 52، يناير 2009، صفحة 5.

(3) فجياكومار نير، **تحويل النفايات إلى طاقة أفضل ما في الطاقة البديلة**، مجلة بيئة المدن الالكترونية، العدد الأول - يناير 2012، صفحة 19.

3 - الطاقة من القمامة والنفايات:

تقول بعض التقديرات إن كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من عشرين مليون طن من القمامة في بريطانيا تعادل طاقة ستة ملايين طن تقريبا من الفحم، وتشكل كمية الطاقة هذه نحو 5 % من استهلاك محطات توليد الطاقة الكهربائية في بريطانيا[1]. أما بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية فإن التقديرات المتوفرة تقول: إنه بالإمكان إنتاج 10 % من متطلبات محطات توليد الطاقة الكهربائية من الوقود فيما لو استعملت كمية القمامة المتجمعة في ذلك البلد لأغراض إنتاج الطاقة[2].

مصنع لإنتاج الطاقة من القمامة والنفايات

وهناك طرق عديدة للحصول على الطاقة من القمامة والنفايات منها:

أ- طريقة الحرق المباشر:

تعتمد هذه الطريقة على بناء محارق خاصة لحرق القمامة والنفايات، واستخدام الحرارة الناتجة في تسخين المياه أو إنتاج البخار الذي يمكن استعماله بعد ذلك في تشغيل التوربينات وتوليد الطاقة الكهربائية.

إن هذه الطريقة رغم بساطتها إلا أنها ليست الطريقة الفضلى للاستفادة من أكوام القمامة. فحرق كميات القمامة الكبيرة يحتاج إلى محارق كبيرة الحجم تكون في العادة مكلفة من الناحية الاقتصادية. وإضافة إلى ذلك، فإن الدخان المنبعث من المداخن يؤدي إلى تلويث الأجواء المحيطة. كما أن الطاقة الحرارية الناتجة عن عملية

(1) http://aseereltabzeer.0fees.net/AL-TAQAAT/T020.html

(2) سعود يوسف عياش، **تكنولوجيا الطاقة البديلة**، مرجع سابق، صفحة 132: 133.

الحرق لا يمكن نقلها من مكان إلى آخر، بل يجب استعمالها في المحطة نفسها، وذلك بتسخين المياه أو إنتاج البخار لتشغيل التوربينات[1].

2 - طريقة الهدرجة:

هذه إحدى الطرق الكيميائية المستعملة في استخراج زيت الوقود من القمامة. والهدرجة هي عملية اختزال كيميائي القصد منها استخراج الأكسيجين من المخلفات العضوية وبخاصة السيليولوز الذي يشكل أحد العناصر الرئيسية في هذه المخلفات. ويتمثل الجانب العملي في عملية الهدرجة في وضع المخلفات العضوية، وأحد العوامل المساعدة مثل كربونات الصوديوم، في مفاعل. ويجري بعد ذلك إدخال بخار الماء وأول أكسيد الكربون إلى المفاعل تحت ضغط يعادل 100 - 250 ضغط جوي ودرجة حرارة تتراوح ما بين 240 - 380 درجة مئوية. وتستمر هذه العملية نحو ساعة واحدة ينتج عنها تحويل الهيدروجين والكربون إلى زيوت نفطية. وينتج عن عملية الهدرجة هذه إنتاج برميلين من زيوت المحروقات لكل طن واحد من المخلفات والنفايات. لكن حيث إن عملية الهدرجة نفسها تحتاج إلى حرارة وأول أكسيد الكربون من أجل إتمام التفاعل، فإن الناتج النهائي لهذه العملية يعادل نحو 1.25 برميل زيت لكل طن من القمامة. والزيوت الناتجة من عملية الهدرجة هي من نوع الزيوت البارافينية الثقيلة التي تحوي بعض الأكسيجين والنيتروجين وقليلا جدا من الكبريت. وتبلغ الطاقة الحرارية للرطل الواحد من هذه الزيوت نحو 15 ألف وحدة حرارية بريطانية[2].

3 - التحلل الحراري:

هذه الطريقة ليست سوى "طبخ" للنفايات في جوّ خال من الأكسيجين؛ حيث يتم في البداية تجفيف النفايات للتخلص من الماء الموجود فيها، ومن ثم تقطّع إلى قطع صغيرة، ويكون قد تم فصل المواد العضوية عن غير العضوية. وبعد ذلك تدخل النفايات العضوية إلى وعاء مقفل ولا يسمح للهواء بالدخول إلى داخله. وتسخن النفايات إلى درجة حرارة تعادل نحو 500 درجة مئوية حيث تحلل المواد العضوية. وينتج من هذه العملية برميل زيت واحد لكل طن واحد من النفايات. وإلى جانب ذلك ينتج نحو 160 رطلا من الفحم وبعض الغازات الأخرى ذات القيمة الحرارية المنخفضة. ويستعمل الفحم والغاز كوقود لتوليد الحرارة المطلوبة للتفاعل. ومن مزايا عملية التحلل الحراري أنها لا تؤدي إلى أية آثار تلويثية، وبذلك فإنها أكثر قبولا

(1) المرجع السابق، صفحة 133.
(2) نفسه، صفحة 134.

من طريقة الحرق المباشر. كذلك تكون الزيوت والغازات الناتجة أكثر ملاءمة للخزن والنقل والاستعمال عند الحاجة[1].

وتعدّ الطاقة الحيوية أحد أنواع الطاقة غير التجارية؛ حيث تستعمل على نطاق ضيق في الدول النامية كالهند وبعض الدول الصناعية. وعلى الرغم من الهدر الكبير وعدم الكفاية في التقنيات الحالية لإنتاج هذه الطاقة، فإن هذا المورد ما يزال يؤمن نحو 10 % من الطاقة المستهلكة في العالم. ويبقى النوع الذي يحظى بالأهمية من بين مصادر الطاقة العضوية، وهو إنتاج الإيثانول من بعض المنتجات الزراعية كقصب السكر والشمندر السكري والذرة. ويستعمل هذا الكحول كوقود للسيارات بعد مزجه بالبنزين في بعض الدول كالبرازيل والولايات المتحدة الأمريكية.

واستنادا إلى إحصاءات وكالة الطاقة الدولية (IEA)، بلغ إجمالي طاقة الكتلة الحيوية الصلبة المركبة في جميع الدول الأعضاء في منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (الأوابك OAPEC) في عام 2007 نحو 23285 ميجا واط مقارنة مع 22163 ميجا واط في عام 2006، فيما بلغ في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) في عام 2007 زهاء 23577 ميجا واط، مقارنة مع 22455 ميجا واط في عام 2006. أما إجمالي الطاقة المركبة من الكتلة الحيوية الصلبة في الدول الأوروبية الأعضاء في وكالة الطاقة الدولية (IEA Europe)، فقد بلغ نحو 14185 ميجا واط في عام 2007، مقارنة مع 13357 ميجا واط في عام 2006.

ويرى بعض الباحثين أن اللجوء إلى الطاقة العضوية مكلف، ويحتاج إلى طاقة لإنتاجه قد تعادل ما ينتج منها أو تزيد. وسيكون ذلك على حساب المحصول الزراعي للغذاء، لأن 10 % من احتياجات البنزين قد تكون على حساب نصف محصول الذرة. وإذا ناسب ذلك البرازيل - مثلا - في الوقت الحاضر؛ نظرا لاعتبارات زيادة العمالة وزيادة الأرض الزراعية غير المستغلة، فمن الصعب تعميم هذا المصدر وتوسيعه على الصعيد الإقليمي أو العالمي. وإذا أخذنا بعين الاعتبار مصادر الطاقة العضوية من الأخشاب، فإن زيادته ستكون على حساب الغابات. ويضاف إلى ذلك كلفة نقله وتخزينه العالمية. ولذلك يبقي هذا المصدر محدود الإمكانات، ومحصورا في بعض المناطق[2].

• مصادر الطاقة الدائمة في مرحلة التجارب والأبحاث

تنحصر أهم الطاقات الدائمة التي هي في مرحلة التجارب والأبحاث في عنصرين أساسيين، هما:

(1) نفسه، صفحة 134: 135.

(2) مخلفي أمينة، النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة، مرجع سابق، صفحة 228: 229.

● **أولا: طاقة الانصهار النووي:**

الانصهار النووي هو عملية معاكسة للانشطار النووي؛ حيث في عملية الانصهار النووي تتحد نواتان خفيفتان لتكوّنا نواة جديدة. وكان قد تم اكتشاف هذه الطريقة الجديدة لالتحام الذّرة وتوليد حرارة وطاقة في 1989م[1]. ويتوقع أن تستعمل المفاعلات النووية وقود التريتيوم المشتق من الليثيوم، ووقود الديتريوم أو الهيدروجين الثقيل الموجود في مياه المحيطات والبحار بكميات كبيرة نسبيا؛ حيث يشكل 0.16 % منها. وهذا يعني أننا نجد في كل 30000 كيلوجرام من الماء كيلو جراما واحدا من الديتريوم. وعليه فإن مياه البحار والمحيطات تحتوي على أكثر من 10 ملايين طن من الديتريوم، وهذه الكمية تغطي حاجة العالم من الطاقة لنحو 500 مليون سنة. لذلك فإن الطاقة التي سوف تنتجها مثل هذه المفاعلات في المستقبل هي طاقة دائمة، إذ إن اندماج واحد كيلوجرام من هذا الوقود يطلق طاقة قدرها $10_{10} \times 16$ كيلو سعر، أي أن إدماج الديتريوم الموجود في لتر واحد من ماء البحر يعادل حرق 300 لتر من الجازولين (البنزين).

وتعدُّ إمدادات هذا المصدر غير محدودة الإمكانات وغير ناضبة بالنسبة إلى حاجة المفاعلات، وهي تلقى اهتماما كبيرا في الولايات المتحدة الأمريكية وغيرها من الدول الصناعية الكبرى؛ حيث تجرى الأبحاث المستفيضة للاستفادة منها في القرون القادمة. ولا يتوقع لهذا المصدر أن يصبح قيد الاستخدام في وقت قريب قبل أن يتم اكتشاف التقنيات المطلوبة للإنتاج وإثبات نجاحها[2].

● **ثانيا: الطاقة المتولدة عن الهيدروجين:**

الهيدروجين غاز غير سام، ذو طاقة حرارية عالية، وهو يُعَدُّ واحدا من العناصر الأكثر وفرة في الغلاف الحيوي[3]؛ حيث يوجد بوفرة كبيرة متحدا مع الأكسيجين في صورة مياه المحيطات والبحار والأنهار. وهو يحظى باهتمام واسع كوقود مستقبلي، وكوريث لأنواع الوقود المعروفة في عصرنا خاصة البترول والغاز[4]. ويعتقد أنه سوف يكون أهم مصدر لإنتاج الطاقة في السنوات المقبلة؛ حيث يمكن أن يحرق مباشرة للحصول على الطاقة الحرارية، كما يمكن استخدامه في خلايا

(1) سيد فتحي أحمد الخولي، **اقتصاديات النفط**، مرجع سابق، صفحة 96.

(2) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 228: 229.

(3) The NEW-IG Board, **Fuel Cell and Hydrogen Technologies in Europe 2014-2020**, The European Union, Brussels, 2011, Page 13.

(4) سعود يوسف عياش، **تكنولوجيا الطاقة البديلة**، مرجع سابق، صفحة 135.

obeikan.com

الوقود لتوفير الكهرباء[1]. ويمكن أن ينتج بسهولة من المياه، والكتلة الحيوية، والغاز الحيوي، والغاز الطبيعي أو أي وقود أحفوري[2]. وهو ليس مصدرا للطاقة الأولية مثل الفحم والغاز، ولكنه حامل للطاقة energy carrier؛ حيث يتم في البداية إنتاجه باستخدام أنظمة الطاقة الموجودة حاليا والقائمة على مختلف مصادر الطاقة الأولية التقليدية. وعلى المدى الطويل، سوف تصبح مصادر الطاقة المتجددة (كالمصادر النووية) هي أهم مصدر لإنتاجه[3]. وتعدّ خلايا الوقود fuel cells مفتاح تحقيق ذلك. وهي عبارة عن جهاز لتحويل الطاقة يمكنه التقاط واستخدام قوة الهيدروجين بكفاءة[4]. وتجريبيا، يستخدم الهيدروجين حاليا، جنبا إلى جنب، مع خلايا الوقود لتوليد الطاقة التي يمكن استخدامها على المستويين الصناعي والمنزلي[5]. ويعدُّ الهيدروجين بصفة عامة وقودا مثاليا، سواء من حيث الجدوى التقنية والاقتصادية أو من حيث آثاره على البيئة؛ حيث يعطي كيلوجرام واحد منه ثلاثة أضعاف الطاقة الناجمة عن نفس المقدار من البنزين. ويمكن توفير الهيدروجين من خلال التحليل الكهربائي للماء، أو تحليل الماء حراريا بالتسخين المباشر إلى زهاء 3500 درجة مئوية أو أكثر، أو من خلال تأثير الأشعة الشمسية مباشرة، بصورة شبيهة بعملية التمثيل الضوئي للنباتات. ويستخدم الهيدروجين السائل كوقود لجميع أنواع الطائرات. كما يمثل مصدرا للطاقة في تسيير بعض السيارات، بدلا عن الجازولين. وقد نجحت بعض شركات السيارات في تطوير السيارات الهيدروجينية مثل مرسيدس وبي إم دبليو . ويمكن استخدام الهيدروجين كوقود بديل في وسائل النقل النظيفة مثل السيارات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود، بما في ذلك سيارات الركاب والحافلات ومركبات مناولة المواد. وبالإضافة إلى ما سبق، فإن الهيدروجين وسيلة فاعلة لتخزين الكهرباء، وخصوصا الكهرباء التي تولدها بعض مصادر الطاقة المتجددة (كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية)[6].

(1) Pragasen Pillay, **Hydrogen Economy and Alternative Fuels**, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Piscataway, NJ, USA, 2012, Page 1.

(2) The NEW-IG Board, **Fuel Cell and Hydrogen Technologies in Europe 2014-2020**, Op. Cit., Page 13.

(3) European Commission, **Hydrogen Energy and Fuel Cells: A vision of our future**, Directorate-General for Research/ Directorate-General for Energy and Transport, Brussels, 2003, Page 10.

(4) DOE, **Fuel Cells Technologies Program**, US Department of Energy, Washington, DC, November 2010, Page 1.

(5) The NEW-IG Board, **Fuel Cell and Hydrogen Technologies in Europe 2014-2020**, Op. Cit., Page 13.

(6) The NEW-IG Board, **Fuel Cell and Hydrogen Technologies in Europe 2014-2020**, Op. Cit., Page 13.

وللهيدروجين مزايا كثيرة، منها:

1 - أنه عنصر قابل للاحتراق، ذو محتوى حراري عال، ولا ينتج من احتراقه أية غازات سامة أو ملوثة.

2 - يعدّ من مصادر الطاقة غير الناضبة، وهو متوافر بكميات ضخمة في الطبيعة، وخصوصا في مياه البحار والمحيطات، وهو دائم ومتجدد.

3 - سهولة نقله في شكله الغازي أو السائل وبأكثر من وسيلة.

4 - يمكن استخدام الهيدروجين في البيوت السكنية بدلا من الغاز الطبيعي وبصورة خاصة لأغراض الطبخ والتسخين والتدفئة. كما يمكن استعماله كوقود مستقبلي لمختلف وسائل النقل دون إجراء تغييرات جذرية في أجهزة المحركات المعمول بها حاليا. هذا بالإضافة إلى استعمالاته في صناعة الأسمدة الكيميائية وتوليد الطاقة الكهربائية.

5 - ضآلة الطاقة اللازمة لبدء احتراقه مقارنة بالمصادر الأخرى.

6 - إن كمية الطاقة الحرارية التي يولدها الهيدروجين السائل، أكبر بـ 2.75 مرة من الحرارة التي يولدها حجم مماثل لسائل من المشتقات النفطية. أما بالنسبة للهيدروجين الغازي، فيحتوي على ثلث المحتوى الحراري للغاز الطبيعي. ولهذا فإن الهيدروجين السائل، يعدُّ وقودا مناسبا للصواريخ والطائرات ذات السرعة العالية جدا؛ لأن انخفاض كثافة الهيدروجين، بالإضافة إلى محتواه الحراري، يجعل الطاقة الكامنة في خزان معين ممتلئ بالهيدروجين السائل أضعاف الطاقة الكامنة في أي وقود آخر يُستخدَم في الخزان نفسه.

7 - يؤدي إنتاج الهيدروجين باستخدام التحليل الكهربائي للماء إلى توفير الأكسيجين، الذي يستخدم في عدة استخدامات مهمة، مثل إنتاج الفولاذ أو تنقية المياه الملوثة وغير ذلك[1].

8 - يمكن خزنه في صهاريج أو خزانات لفترات طويلة واستعماله عند الحاجة وبالمقادير المطلوبة دون أن يؤثر ذلك على خصائصه[2].

أما معوقات وصعوبات استخدام الهيدروجين فيمكن تلخيصها فيما يلي:

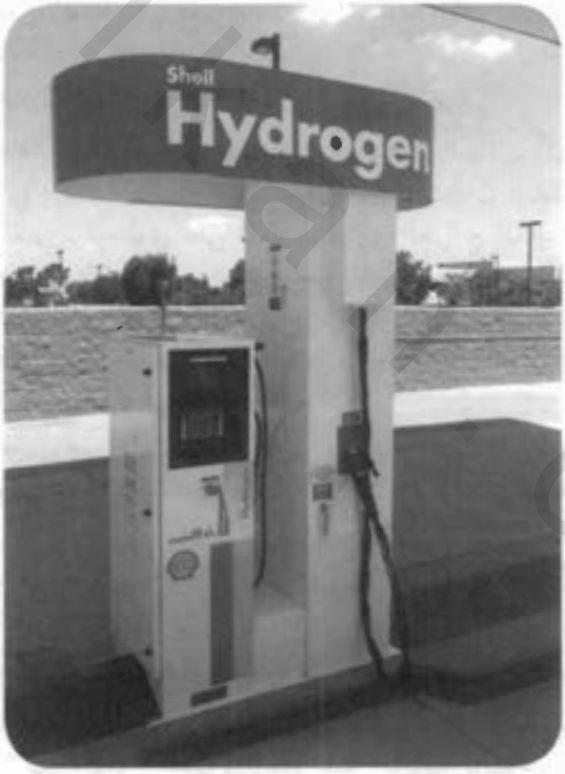
1 - المخاوف الناجمة عن الأخطار الكامنة في استعماله، وخاصة عندما يكون في حالته الغازية؛ حيث يكون قابلا للانفجار عند امتزاجه بالهواء، وهذا هو سبب استبداله بغاز الهيليوم.

(1) مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 229: 230.

(2) سعود يوسف عياش، **تكنولوجيا الطاقة البديلة**، مرجع سابق، صفحة 137.

2 - يحتاج الهيدروجين السائل إلى خزانات مبردة بدرجات حرارة منخفضة جدا، مما يزيد من تكاليف التخزين، إلا أن العلماء توصلوا إلى حل للتغلب على هذه المشكلة وذلك بتخزين الهيدروجين بعد اتحاده بعنصر كيميائي آخر، يمكن فصله بسهولة عن طريق التسخين.

3 - صعوبة فصل الهيدروجين عن الماء لأن ذلك يحتاج إلى طاقة كبيرة، مما يشكل إحدى الصعوبات الأساسية التي لم يتم التوصل بعد إلى حلها بالتقنيات الحالية. وهناك طرق عدة لفصل الهيدروجين عن الماء، إما بواسطة التحليل الكهربائي الذي تستخدم فيه كميات من الطاقة أكثر من الطاقة المنتجة، وإما بالطرق الحرارية الكيميائية، وهي طرق معقدة ومكلفة وتحتاج إلى درجة حرارة تبلغ 2000 درجة مئوية[1].



محطة لتزويد السيارات بوقود الهيدروجين

(1) سيد فتحي أحمد الخولي، **اقتصاديات النفط**، مرجع سابق، صفحة 95. وانظر أيضا: مخلفي أمينة، **النفط والطاقات البديلة المتجددة وغير المتجددة**، مرجع سابق، صفحة 230.