# الفصل الثاني

# الطاقات المتجددة والبديلة

- الطاقة الشمسية
- طاقة الرياح
- طاقة أمواج البحار والمحيطات
- طاقة المدّ والجزر
- طاقة المساقط المائية
- الطاقة الجوفية
- الطاقة الهجينة
- الطاقة الهيدروجينية
- خلايا الوقود ودورها
- طاقة الكتلة الحيوية
- الغاز الطبيعي
- الغاز المُسال

# الفصل الثاني

# الطاقة المتجددة والبديلة

**يتناول هذا الفصل عرضاً لصور الطاقة المتجددة والبديلة: الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة أمواج البحار والمحيطات، طاقة المدّ والجزر، طاقة المساقط المائية، الطاقة الجوفية، الطاقة الهجينة، الطاقة الهيدروجينية، خلايا الوقود ودورها، طاقة الكتلة الحيوية "الإيثانول الحيوي، الديزل الحيوي، الغاز الحيوي"، الغاز الطبيعي والغاز المُسال.**

تعرّف الطاقة المتجددة بأنها الطاقة التي تولّد من مصدر طبيعي لا ينضب، ومتوفرة بسهولة على سطح الكرة الأرضية، ويمكن تحويلها بيسر للاستخدام في الحياة اليومية. وتوجد الطاقة المتجددة في صور متعددة أهمها على الإطلاق الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، وطاقة المدّ والجزر، وطاقة الأمواج في البحار والمحيطات، وطاقة المساقط المائية. وهناك أنواع أخرى من الطاقة المتجددة مثل طاقة حرارة باطن الأرض، وطاقة الوقود الحيوي، فضلاً عن طاقة فرق درجات حرارة المياه في أعماق المحيطات.

والمصدر الرئيس لكل الطاقات الجديدة والمتجددة هي الطاقة الشمسية. والشمس تقذف في الثانية الواحدة ٥ مليون طن من المادة في صورة طاقة تنتشر في الفضاء. وهناك طرق عدة لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة يمكن استخدامها في الحياة اليومية بسهولة، منها طرق الخلايا الشمسية التي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء، ونظام المستقبل المركزي الذي يُستخدم في توليد الكهرباء من حرارة الشمس، وأيضاً نظم التبريد

الشمسي، وطرق إنتاج الحرارة من السخانات الشمسية، وطرق البرك الشمسية، وسواها من الطرق.

والمصدر الثاني من الطاقات المتجددة هو طاقة الرياح. وتتميز هذه الطاقة بأنها ميكانيكية وسهلة التحويل إلى طاقات أخرى مثل الطاقة الكهربائية. وطاقة الرياح نظيفة وتلبي حاجة المجتمعات الجديدة والمناطق النائية. والمصدر الثالث من الطاقات المتجددة هو طاقة المد والجزر. ففي عمليات المد والجزر يحدث ارتفاع وانخفاض يومي في مياه البحار والمحيطات. وهذه الظاهرة تحدث نتيجة لقوة الجذب بين الأرض والقمر في الأساس. ويمكن توليد طاقة كهربائية من عملية المد والجزر.

أما طاقة المحيطات فتأتي من سخونة مياه المحيطات، حيث تقوم أشعة الشمس بتسخين المياه السطحية في المناطق الاستوائية، أو إذابة الثلوج في القطبين. وهذا يؤدي إلى خلق تيارات مائية باردة في أعماق المحيط مما يحدث تبايناً في درجات حرارة طبقات المياه يمكن استخدامه في إنتاج طاقة حرارية. وأما المصدر الرابع من الطاقات المتجددة فهو الكتلة الحيوية الناتجة عن المخلفات البشرية والحيوانية والنباتية، وهي طاقة جيدة لأنها تخلّص البيئة من النفايات والملوثات البيئية.

والمصدر الخامس هو طاقة حرارة باطن الأرض، ومصدرها تحلل العناصر المشعة- مثل اليورانيوم- الموجودة في باطن الأرض، واحتكاك الأجزاء الداخلية لباطن الأرض. وتسبب هذه الحرارة غليان المياه الجوفية التي يمكن أن تخرج إلى سطح الأرض في صورة بخار أو مياه ساخنة أو عيون. والمصدر السادس هو طاقة مساقط المياه، وهي طاقة صديقة للبيئة، وتنتج عن تحويل مسار الأنهار أو عمل سدود في مسار المياه في الأنهار (دولة الإمارات العربية المتحدة، مكتب نائب رئيس مجلس الوزراء لشئون الإعلام، ٢٠٠٨).

## ١. الطاقة الشمسية

الشمس زينة مجموعة الكواكب التي تُعدّ الأرض واحداً من أفرادها. ويكفي أن يكرّمها القرآن الكريم بسورة خاصة، تماماً كما أضفى التكريم على القمر: الأولى تجري لمستقر

لها والثاني قدّرته عبقرية الخالق منازل، ورسمت لكلٍ مساراً ومجّرة.. "وكلٌ في فلكٍ يسبحون".. وهكذا فعلت الحضارة القديمة في الشمال من وادي النيل التي ما زالت آثارها تحفظ تراتيل «تل العمارنة» في صعيد مصر الأوسط مرفوعة إلى جانب المعبود الجليل.. «آتون» وهو الشمس في مفردات لغة مصر القديمة. الشاعر الجاهلي وصف ممدوحه النعمان بن المنذر بأنه شمس.. والملوك كواكب، والعاهل الفرنسي لويس الرابع عشر الذي يؤرخون لعهده بنشأة فرنسا الحديثة.. كان يتخذ لقب «الملك الشمس».

وترتحل الطاقة من الشمس إلى الأرض في شكل إشعاع كهرمغناطيسي شبيه بموجات الراديو، لكن في نطاق مختلف. وفي يوم صافٍ، يكون مقدار الإشعاع الشمسي المتوفر عادة على سطح الأرض في اتجاه الشمس ١٠٠٠ وات على المتر المربع. وفي أي وقت، تكون الطاقة الشمسية المتوفرة متوقفة بالدرجة الأولى على مدى ارتفاع الشمس في السماء والحالة الراهنة للغيوم.

وهناك طرائق عدة لاستغلال الطاقة الشمسية بفعالية، يمكن تصنيفها في ثلاث فئات رئيسة، هي التطبيقات الحرارية وإنتاج الكهرباء والعمليات الكيميائية. والتطبيقات الأوسع استعمالاً هي في مجال تسخين المياه. ويتزايد توليد الكهرباء حالياً بواسطة النُظم الفوتوفولتية والتكنولوجيات الحرارية الشمسية. وتعتبر إمكانات الموارد الطاقوية الشمسية ممتازة في بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، حيث يتراوح الإشعاع الشمسي السنوي بين ٤ و ٨ كيلووات ساعة على المتر المربع. وتحظى المنطقة أيضاً بمستوى عال من الإشعاع الشمسي المباشر وانخفاض في معدل تواجد الغيوم.

وقد أولت معظم الدول اهتماماً كبيراً باستثمار الطاقة الشمسية لكونها طاقة نظيفة صديقة للبيئة، بالإضافة إلى مساهمتها الفعالة في توفير الاستهلاك المحلي من الطاقة التقليدية، علاوة على أن الطاقة الشمسية هي طاقة المستقبل فهي لا تنفد ولا يرتفع سعرها مع ارتفاع أسعار مصادر الطاقات الأخرى.

وقد استُخدمت الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء في تطبيقات عديدة، منها محطات توليد الكهرباء، وتحلية المياه، وتشغيل إشارات المرور وإنارة الشوارع، وتشغيل بعض الأجهزة

الكهربائية مثل الساعات والآلات الحاسبة، وتشغيل الأقمار الاصطناعية والمركبات والمحطات الفضائية، ومؤخراً سيارات تسير بالطاقة الشمسية تصل سرعتها إلى ٦٠ ميلاً في الساعة. وظهرت أهمية الطاقة الشمسية مجدداً كعامل مهم في الاقتصاد العالمي وفي الحفاظ على البيئة مع استخدام السخانات الشمسية في معظم دول العالم وحتى الغنية منها لتسخين المياه لمختلف الأغراض، وقد زاد في أهميتها نجاحها في التطبيقات العملية وسهولة تركيبها وتشغيلها.

وقد عكف الباحثون عبر سنوات القرن العشرين على سبل التوصل إلى استغلال أشعة الشمس كمورد للطاقة، لاسيما بعد انعقاد أول، وربما أهم، مؤتمر عالمي بشأن «موارد الطاقة البديلة والمتجددة» في نيروبي، كينيا عام ١٩٨١ تحت إشراف الأمم المتحدة. وكان في مقدمة هذه الموارد إمكانات الطاقة الشمسية وتطوير سبل الإفادة منها. ولم تكد تمضي ست سنوات حتى سجّلت مكاتب الاختراع في ولاية ويسكونسون الأميركية براءة جهاز كان الأحدث من نوعه في مجال واحد من تلك الاستخدامات وبالتحديد في سبتمبر ١٩٨٧ تحت بند «استخدام أشعة الشمس لإنتاج الطاقة» وكان مخترعا الجهاز هما "توماس بيرنز" و"سنثيا بيرنز" اللذان طرحا وقتها ما أصبح يعرف باسم «الفرن الشمسي»، وقامت فكرته على استقبال الأشعة الشمسية على ألواح خاصة ضمن حيّز التسخين الحراري الذي كان مزوّداً بباب من الزجاج المعتم. والطاقة الحرارية المتولدة عن أشعة الشمس يُستفاد منها عبر تحويلها إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (البيان، ٢٠٠٧).

## ١. ١. الخلايا الشمسية

هي أحد أشهر تطبيقات استخدام الطاقة الشمسية، ويرجع تاريخها إلى عام ١٨٣٩ عندما اكتشف الفرنسي "إدموند بكوريل" أن الضوء الواقع على قطب كهربي مُنغمس في محلول مُوصّل قد ينتج تياراً كهربياً. وفي عام ١٩٤١ اخترع الأمريكي "روسل أوهل" الخلية الشمسية المصنوعة من السليكون. وعادة ما تصنّع الخلايا الكهروضوئية من السليكون المعالج كيماوياً. وهي تعمل على تحويل ضوء الشمس مباشرة إلى طاقة كهربائية، فعندما يقع الضوء الشمسي على الخلية الكهروضوئية يتحرر منها إلكترون،

وتتدفق الإلكترونات المحررة إلى أسلاك موصّلة بالخلية فتنتج تياراً كهربياً (إسلام أون لاين، ٢٠٠٨أ).

والخلايا الشمسية عبارة عن ألواح زجاجية حرارية توضع بزاوية مائلة على الأسطح، وعند سقوط أشعة الشمس على الألواح تقوم بتحويلها إلى تيار كهربي، يتم نقله عبر أسلاك كهربية وموصّلات ذات مواصفات خاصة لنقل التيار، يتم وصلها بعد ذلك مع أجهزة منظّمات الشحن التي تقوم بتنظيم زيادة أو نقص التيار الكهربي الذي يتجه بعد ذلك إلى البطاريات، وتقوم البطاريات بالمهمة الرئيسة في الاحتفاظ بالطاقة الكهربية، وبعد ذلك ينتقل التيار الكهربي إلى محولات خاصة بتحويل التيار المستمر القادم من بطاريات الشحن إلى تيار متردد، حيث تعمل غالبية الأجهزة الكهربية على التيار المتردد.

ويعتمد النجاح في استخدام الطاقة الشمسية على عديد من العوامل المتكاملة، منها:

. الموقع الجغرافي "قوة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة وسرعة الرياح".
. ملاءمة النظام الشمسي مع حجم التطبيق.
. نوعية المنتج "النظام الشمسي".
. التقنية المستخدمة في تصنيع المنتج "النظام الشمسي".
. جودة وكفاءة المكونات المستخدمة.
. طريقة التركيب والتشغيل.
. خدمة الصيانة والمتابعة (نور للأنظمة الشمسية، ٢٠٠٨).

## ٢. طاقة الرياح

في ثقافتنا العربية دور لا يغيب للرياح، ما بين قوتها وعنفوانها وما بين رقتها وإيقاعها الوئيد. ولا يُنسى مثلاً دور الريح الصرصر العاتية التي عصفت بقوم نبي الله هود عليه السلام حين أنكروه ورفضوا دعوته إلى صراط مستقيم. ويحرص كِتاب العربية الأكبر: القرآن الكريم، كما كانت تصفه الأستاذة الراحلة بنت الشاطئ، على أن يفي الرياح حقها من بين عناصر الطبيعة ومواردها، حين يَلفت النظر إلى قدرة الخالق عز وجل في قوله

«وأرسلنا الرياح لواقح» بمعنى أن تحمل على متونها بذور الحياة تنقلها بين مختلف كائنات نعلمها وكائنات أخرى لا نعلمها، وبمعنى أنها تحمل السحب نطفاً من مواد تشحنها ببوادر المطر فإذا بالغيث ينهمر والأرض العطشى تُسقى وتتجدد بذلك دورة الحياة. وبقدر ما تَعرف الثقافة العربية الإسلامية معنى الريح الصرصر العاتية، فهي أيضاً تعرف معنى أن الريح رخاء وأن ريح الشمال ونسمات الصَبا تأتي برونق البرد يخفف هجير الرمضاء.. دع عنك أن يرفع الشاعر شكواه قائلاً: حجبوها عن الرياح لأني.. قلت يا ريح بلّغيها السلاما.

ثم هاهي فطرة الإنسان تهديه إلى أن يستثمر هبوب الرياح فيحولها إلى طاقة للحركة وللضوء على السواء. تماماً كما ركب الإنسان متن البحر وكما أقلع في الهواء وكما غاص في جوف الأرض ليغترف من نفطها وذهبها وفحمها ما يدفع به الحضارة على سطح هذا الكوكب إلى الأمام. ولا بد من الاعتراف بأن البشر على مدار عصور موغلة في القدم فطنوا إلى محاولة استغلال هبوب الرياح من أجل استخلاص الطاقة، واستخدموا في ذلك الآلات ذات الفكرة البسيطة التي تترجم حرفياً بأنها طواحين الرياح، وأحياناً مصانع الريح. وظلت هذه الآلات على اختلاف مواقعها موصولة الاستخدام منذ عهد الإغريق والرومان إلى أقطار مثل هولندا والدنمارك في الزمن المعاصر (البيان، ٢٠٠٧).

وقد بدأ استخدام طاقة الرياح منذ القدم ومع بدايات التاريخ، حيث استخدمها الفراعنة في تسيير المراكب في نهر النيل، كما استخدمها الصينيون عن طريق طواحين الهواء لضخ المياه الجوفية. ومع نهايات القرن التاسع عشر وبدايات القرن العشرين كان هناك الملايين من توربينات الرياح منتشرة في معظم أنحاء العالم، سواء لضخ المياه الجوفية أو لطحن الغلال، وفي أربعينات القرن الماضي أصبحت توربينات الرياح من الأساليب العتيقة، نتيجة الانتشار الواسع للوقود الأحفوري "النفط" وإتاحته بتكلفة أقل من تكلفة تشغيل تلك التوربينات. وفي السبعينات كانت هناك عودة لاستخدام طاقة الرياح عندما أدى نقص البترول في الدول الغربية إلى البحث عن طاقات بديلة، ومنذ ذلك الوقت يحاول

التقدم التكنولوجي ودراسات تخفيض التكلفة مساعدة تلك الطاقة لتوسيع انتشارها كطاقة نظيفة ورخيصة.

## ٢. ١. توربينات الرياح

طاقة الرياح المستغلة هي الطاقة المتولدة من تحريك أذرع كبيرة مثبتة بأماكن مرتفعة بفعل الهواء، ويتم إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح بواسطة محركات "أو توربينات" ذات ثلاثة أذرع دوّارة تُحمل على عمود وتعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربية، فعندما تمر الرياح على الأذرع تخلق دفعة هواء ديناميكية تتسبب في دورانها، وهذا الدوران يشغل التوربينات فتنتج طاقة كهربية، كما تجهّز تلك التوربينات بجهاز تحكم في دوران الألواح "فرامل" لتنظيم معدلات دورانها ووقف حركتها إذا لزم الأمر.

وتعتمد كمية الطاقة المنتجة من توربين الرياح على سرعة الرياح وقطر الذراع، لذلك توضع التوربينات التي تُستخدم لتشغيل المصانع أو للإنارة فوق أبراج، لأن سرعة الرياح تزداد عادة بالارتفاع عن سطح الأرض، وقد يتم وضع تلك التوربينات بأعداد كبيرة على مساحات واسعة من الأرض لإنتاج أكبر كمية من الكهرباء. وغير إنتاج الطاقة الكهربية، فإن توربينات الرياح يمكنها إنتاج طاقة ميكانيكية تُستخدم في عدد من التطبيقات، مثل ضخ المياه والري وغيرها.

### ٢. ١. ١. سمات طاقة الرياح

لطاقة الرياح العديد من المميزات أهمها:

. تمثل طاقة محلية متجددة، ولا ينتج عنها غازات تسبب ظاهرة البيوت الزجاجية أو ملوثات مثل ثاني أكسيد الكربون أو أكسيد النيتريك أو الميثان.

. معظم الأراضي المستخدمة كحقول للرياح يمكن استغلالها في أغراض أخرى كالزراعة أو الرعي.

. أظهرت دراسة حديثة أن كل بليون كيلووات ساعة من إنتاج طاقة الرياح السنوي يوفر من ٤٤٠ إلى ٤٦٠ فرصة عمل.

إلا أن لها بعض العيوب أهمها:

. التأثير البصري لدوران التوربينات والضوضاء الصادرة عنها قد تُزعج الأشخاص القاطنين بجوار حقول الرياح، ولتقليل هذه التأثيرات يفضل إنشاء حقول الرياح في مناطق بعيدة عن المناطق السكنية.
. تتسبب التوربينات العملاقة أحياناً في قتل بعض الطيور خاصة في أثناء فترات هجرتها، كما قد يكون لها تأثر طفيف على بقاء بعض أنواع الطيور (إسلام أون لاين، ٢٠٠٨ب).

## ٣. طاقة أمواج البحار والمحيطات

تعتبر أمواج البحار والمحيطات مخزوناً كبيراً للطاقة المتجددة. ويعكف العلماء والباحثون على إيجاد أنسب الطرق وأكثرها كفاءة للحصول على الطاقة الكامنة في تلك الأمواج والاستفادة منها في توليد الكهرباء. ومن أهم وسائل توليد الكهرباء من الأمواج استغلال عمود الهواء فوق الأمواج والذى يندفع لأعلى ولأسفل فوق سطح البحر تبعاً لحركة الأمواج، وذلك لدفع توربين هوائي متصل بمولد كهربي. تتلخص الفكرة الأساسية للجهاز في حركة أمواج البحر داخل وعاء مفتوح من أسفل لدخول الماء وخروجه واندفاع الهواء من وإلى الوعاء من خلال فوهة الصندوق المتصلة بتوربين هوائي متصل بمولد للطاقة الكهربائية (موسوعة ويكيبيديا، ٢٠٠٨أ).

وطاقة أمواج البحر مصدر مهم وواعد للطاقة الكهربائية لتحلية ماء البحر، خلال استغلال الطاقة الهائلة التي تحملها تلك الأمواج. وتتعلق تكلفة تحلية المياه المالحة بالتكنولوجيا المستخدمة والصيانة وتكاليف الإنشاء والتشغيل، كما تتعلق التكلفة بمدى استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة لتغذية وحدات التحلية. وعندما نقوم باستغلال الطاقة الكبيرة المتوافرة في أمواج البحر وتغذية وحدات التحلية منها، فإننا نكون بذلك قد خفّضنا

تكاليف استهلاك الطاقة الكهربائية بنسبة تصل إلى ٢٠ في المئة، وهذه النسبة سوف تزداد مع التمكن من الاستغلال الأمثل لطاقة الأمواج.

وتشير الدراسات إلى أن موجة واحدة ارتفاعها ١٥ متراً وزمنها ١٥ ثانية، سوف تحمل طاقة تقدر بنحو ١٧٠٠ كيلووات لكل متر مربع من جبهتها. ولنا أن نتأمل كم تحمل أمواج البحر من طاقة هائلة لا تنفد (الشرق الأوسط، ٢٠٠١أ).

## ٤. طاقة المدّ والجزر

تحتوي المحيطات على ثروة هائلة من الطاقة، ومن طاقة المدّ والجزر يمكن إنتاج كميات كبيرة من الكهرباء دون إلحاق الأضرار بالبيئة. وتمثل هذه الظاهرة مصدراً لا ينضب للطاقة المتجددة. وتنشأ ظاهرة المد والجزر في العادة جراء التجاذب بين الأرض والقمر، ويظهر تأثير قوى التجاذب كبيراً في المنطقة التي يتعامد عليها القمر على سطح الأرض، ولا يتأثر سطح اليابسة كثيراً بهذه القوة بينما يتأثر بها سطح الماء. وفي المحيطات ينبعج الماء نحو الأعلى وينجذب كذلك مركز الأرض في اتجاه القمر، الأمر الذي يسبب مداً آخر في المنطقة المقابلة من الأرض.

وأول من قدّم تفسيراً علمياً لظاهرة المد والجزر هو الفلكي الألماني "جوهانس كبلر"، إذ ربط بين حركات الماء في ارتفاعها وانخفاضها وبين أوضاع كل من الشمس والقمر، ثم جاء العالم البريطاني "اسحق نيوتن" ووضع قوانينه الخاصة بالجاذبية بين مختلف الأجسام، وهكذا وضع الأساس الذي تقوم عليه النظرية الحديثة التي تفسر ظاهرة المد والجزر. وتظهر ظاهرة المد بوضوح في بعض الخلجان بالمحيطات ويصل ارتفاع المياه في بعض المناطق في أثناء المد إلى ١٥ متراً، ولذا يمكن الاستفادة من هذه الظاهرة لتوليد الطاقة الكهربائية.

وتتولد الطاقة الكهربائية عن طريق بناء السدود عند مدخل الخليج الذي يوجد فيه فرق كبير في منسوب الماء بين المد والجزر، وتوضع التوربينات لتوليد الكهرباء عند بوابة السد. وفي فترة حدوث المد، يرتفع منسوب الماء في المحيط أمام بوابات السد، فتفتح

البوابات بشكل تدريجي ويدخل الماء من المنسوب الأعلى خارج الخليج إلى المنسوب الأدنى داخله، الأمر الذي من شأنه تدوير التوربينات وتوليد الكهرباء. وعندما ينحسر المد وينخفض منسوب المياه في المحيط أمام السد، تفتح البوابات تدريجياً، فيندفع الماء من المنسوب الأعلى داخل الخليج إلى المنسوب الأدنى في المحيط فيدير توربينات الكهرباء وتتحول طاقة الوضع إلى طاقة حركة، بعد ذلك تُغلق البوابات حتى يبدأ المد مرة أخرى فتعود الدورة من جديد.

وتقدر قوة المد والجزر نظرياً بثلاثة مليارات كيلووات، إلا أنه من الصعوبة بمكان تسخير كل هذه القوة الهائلة. ويوجد حول العالم أكثر من اثنتي عشرة محطة قابلة لإنتاج الطاقة من المد والجزر، ففي فرنسا توجد محطة لإنتاج الطاقة الكهربائية من المد والجزر في منطقة رين الواقعة في مقاطعة بريتاني في شمال غرب البلاد. وتبلغ قدرة هذه المحطة ٢٤٠ ميجاوات، وتوجد في الولايات المتحدة وروسيا محطات مشابهة تبلغ قدرة كل منها ٤٠٠ ميجاوات (دار الخليج، ٢٠٠٧).

وتتم الاستفادة اليوم في بريطانيا من التيارات تحت سطح البحر والناتجة عن أمواج المد. وتَستخدم التقنية مراوح تثبّت تحت سطح البحر وتدور بسبب تيارات المد، وبالتالي تتحول فيها الطاقة الميكانيكية التي تولدها الأمواج إلى طاقة كهربائية يمكن الاستفادة منها في تغذية وحدات التحلية الموجودة على شاطئ البحر. ويعتقد العلماء أن هذا المصدر أفضل من طاقة الرياح، بسبب انتظام الأمواج وإمكانية دراستها بشكل جيد وتوقع حجمها وطاقتها، مما يتيح تصميماً أفضل للتوربينات المولدة للطاقة الكهربائية (الشرق الأوسط، ٢٠٠١أ).

## ٥. طاقة المساقط المائية

الطاقة المائية مصدر متجدد يعتمد في أصله على الدورة الطبيعية للماء، التي تشمل التبخر والتكثف في الجو والسقوط على الأرض وجريان المياه بفعل الجاذبية. والمكونات الرئيسة لمرفق كهربائي يعتمد على الطاقة المائية، لينتج طاقة كهرومائية، هي السدّ

وحجرة الطاقة التي تحوي المعدات الميكانيكية والكهربائية ومجاري المياه. ويتم التحكم بالمياه القادمة من بحيرة أو نهر بواسطة سد، تُصرف المياه منه لتشغيل توربينات تدير المولدات التي تنتج الكهرباء.

ويمكن توليد الطاقة الكهربية من المساقط المائية خلال السدود التي تبنى عليها. وللسدود المستخدمة لإنتاج الطاقة الكهربائية المائية في منطقة شمال إفريقيا فوائد عديدة أهمها:

. معظم السدود في شمال إفريقيا متعددة الأغراض مثل الري، الطاقة الكهربائية المائية، التحكم في الفيضانات والجفاف.
. تعتبر مصدراً لإنتاج الطاقة الكهربائية كطاقة متجددة.
. الطاقة الكهربائية المائية قابلة للنمو الاقتصادي كأحد دعائم الاستثمار.
. لها تكلفة تشغيلية منخفضة مقارنة بأنواع الطاقة الأخرى.
. مشاريع الطاقة الكهربائية المائية الكبرى قابلة للتطور والربط الإقليمي.
. مشاريع الطاقة الكهربائية المائية تدعم تنمية الزراعة والصناعة بصورة مباشرة، وتخفيف حدة الفقر كأحد أهداف الألفية للتنمية.

ومن الآثار السلبية التي قد تنجم عن السدود، سعتها التخزينية التي قد تُحدث تغييرات كبيرة في البيئة والنظم البيئية، لذا لابد من تضمينها في دراسات الجدوى الاقتصادية (المؤسسة العربية للعلوم والتكنولوجيا، ٢٠٠٨).

## ٦. الطاقة الجوفية

وهي طاقة الحرارة الأرضية، حيث يُستفاد من ارتفاع درجة الحرارة في جوف الأرض باستخراج هذه الطاقة وتحويلها إلى أشكال أخرى. وفي بعض مناطق الصدوع والتشققات الأرضية تتسرب المياه الجوفية عبر تلك الصدوع والشقوق إلى أعماق كبيرة بحيث تلامس مناطق شديدة السخونة فتسخن وتصعد إلى أعلى فوارة ساخنة. وبعض هذه الينابيع يثور ويهمد عدة مرات في الساعة، وبعضها يتدفق باستمرار وبشكل انسيابي

حاملاً معه المعادن المذابة من طبقات الصخور العميقة، ويظهر بذلك ما يطلق عليه الينابيع الحارة. ويقصد الناس هذا النوع من الينابيع للاستشفاء، بالإضافة إلى أن هناك مشاريع تقوم على استغلال حرارة المياه المنطلقة من الأرض في توليد الكهرباء.

وتتوقف قدرة أي بلد على استعمال الطاقة الحرارية الموجودة في باطن الأرض على جغرافية وجيولوجية ذلك البلد. فالكرة الأرضية مكونة من جوف داخلي صلب، يحيط به جوف خارجي سائل وغلاف صلب. ويحتوي الغلاف على طبقة شبه مذوبة بالحرارة تدعى الأستينوسفير asthenosphere وطبقة صلبة هي الليثوسفير lithosphere والقشرة. ويتكون الليثوسفير من صفائح تكتونية ضخمة تطفو على سطح الأستينوسفير.

وتقوم تيارات ساخنة من الصخور المنصهرة بفعل الحرارة والموجودة تحت الصفائح بتحريكها ببطء ولكن بشكل دائم لا ينقطع في اتجاهات مختلفة. ومن الممكن أن تصطدم هذه الصفائح ببعضها بعضاً عند أطرافها، أو أن تتلامس في أثناء مرورها بمحاذاة بعضها بعضاً أو أن تنزلق تحت أو فوق بعضها بعضاً. وتظهر نتيجة كل هذه التحركات على سطح اليابسة على شكل سلاسل جبال شاهقة "سلسلة جبال الهملايا وسلسلة جبال الألب السويسرية وسلسلة جبال الإنديز" وزلازل وانفجارات بركانية وينابيع مياه حارة وحمم فوارة وطاقة حرارية محتملة. والطاقة الكهربائية المنتجة من الطاقة الحرارية توفر للدول مصدراً محلياً للطاقة يشكل حلاً نظيفاً طويل الأمد وغير باهظ التكاليف مقارنة بمشكلة ثمن البترول الباهظ (موقع الحكومة الأمريكية، ٢٠٠٨).

والطاقة الحرارية طاقة نظيفة تشكل مورداً غير محدود يمكن استخدامه لإنتاج التيار الكهربائي أو بشكل مباشر دون تحويله إلى كهرباء كوسيلة أكثر فعالية لتدفئة المنازل من خلال تركيب مضخات على عمق معين تحت سطح الأرض تقوم بامتصاص الحرارة من باطن الأرض وضخها إلى البيوت. وعموماً فالموارد الحرارية الجوفية محدودة جداً في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، والاستكشافات الجيولوجية لم تنجز بعد. وقد تم تحديد مواقع قليلة لمصادر محتملة في مصر والأردن واليمن والسعودية والمغرب وتونس والجزائر.

## ٧. الطاقة الهجينة

يقصد بالطاقة الهجينة الجمع بين مصدرين من مصادر الطاقة أو أكثر، وذلك لتحقيق استفادة من ذلك الجمع كزيادة قوة الدفع. وأكثر أنواع السيارات الهجينة شيوعاً هي تلك التي تجمع بين البنزين والطاقة الكهربائية.

يدل وصف هجين تِقنياً على استخدام نظام معيّن يتم فيه جمع تقنيتين مختلفتين لتحقيق الهدف ذاته. وتعتمد السيارة الهجين على نظام حركي مؤلّف من نوعين مختلفين لتحويل وتخزين الطاقة. على سبيل المثال، يتم استخدام محرك كهربائي إلى جانب محرك احتراق داخلي كطريقة لتحويل الطاقة، فيما تُستخدم بطارية كهربائية ووقود احتراق كطريقة لتخزين الطاقة.

وفي أثناء تشغيل السيارة يكون من الممكن استخدام كلا المحركين بشكل متواز أو منفصل عن بعضهما البعض، فيقوم أحد المحركات بتوفير الطاقة للآخر التي يستخدمها الأخير لإيصال الحركة إلى السيارة. وغالباً ما يتم استعمال محرك احتراق داخلي إلى جانب محركين كهربائيين اثنين يعملان أيضاً على توليد الطاقة الكهربائية إضافة إلى عملهما كمحرك.

ويستند مبدأ الحركة إلى تحويل قسم من الجهد المولّد بواسطة محرك الاحتراق إلى المحرك الكهربائي، الذي يحوّل بدوره هذه الطاقة إلى طاقة كهربائية يتم تخزينها في بطارية خاصة، ليتم استخدامها عند اللزوم كطاقة لتشغيل المحرك الكهربائي، الذي بإمكانه تولّي دور المحرك العادي بشكل كلي في حالة السير البطيء. وتنبع خاصية الحفاظ على البيئة التي تطلق على هذا النوع من المحركات، من أن هذه التقنية تقوم بتخزين الطاقة الفائضة لاستخدامها عبر تشغيل المحرك الكهربائي الذي لا يُنتج غازات سامة ملوثة للبيئة (موسوعة ويكيبيديا، ٢٠٠٨ب).

## ٨. الطاقة الهيدروجينية

من المثير حقاً أن كاتب قصص الخيال العلمي الفرنسي "جول فيرن" قد أشار قبل قرن من الزمان لإمكانية استخدام الهيدروجين كمصدر للطاقة بديلاً عن الفحم، فلم يكن البترول قد عُرف بعد. كتب جول فيرن في قصة "الجزيرة الغامضة": "وما الذي سيحرقه الناس حين ينفد الفحم؟ الماء؟ نعم، أعتقد أن الماء سيستخدم يوماً ما كوقود وأن الهيدروجين والأكسجين سيزودانا بمعين لا ينضب من الحرارة والضوء". فإذا كان للهيدروجين مثل هذه الخلفية التاريخية وإذا كانت وكالة الجماعات الأوربية قد رصدت الأموال الطائلة لأبحاث إنتاج واستخدام الهيدروجين، فلابد أن يحتوي الهيدروجين على مزايا فريدة كوقود للمستقبل (الشرق الأوسط، ٢٠٠٧ج).

والهيدروجين أبسط عنصر عرفه الإنسان، يتكون من بروتون واحد وإلكترون واحد، ويمثل أكثر من ٩٠% من مكونات الكون و٣٠% من كتلة الشمس، وثالث أكثر العناصر توافراً على سطح الأرض، وهو غاز عديم اللون والطعم والرائحة وغير سام، يتكون من جُزيء ثنائي الذرة، ولا يوجد منفرداً بل مرتبطاً دائماً مع عنصر آخر، فهو يرتبط بالأكسجين مكوناً الماء، ويرتبط مع الكربون مكوناً مركبات مختلفة مثل الميثان والبترول.

هذا وقد أُنشئت جمعية "الطاقة الهيدروجينية" للترويج لاستعمالات الهيدروجين والأبحاث الخاصة به، بهدف المساعدة للتغلب على ظاهرة الاحتباس الحراري وتأمين وقود متجدد لا ينضب، واستغلال الطاقات المحلية، وينضوي في عضويتها خمس من كبار الشركات العالمية لصناعة السيارات هي "جي إم" و"تويوتا" و"هوندا" و"ديلمر كرايسلر" و"بي إم دبليو"، فضلاً عن شركات النفط العالمية مثل "شل" و"باور جين" و"بي بي" و"إكسيل إنيرجي" و"شيفرون" و"كونكو فيليبس". كما أن هناك عدداً من الجامعات المتعاونة مع الجمعية على صعيد الأبحاث يربو عددها على ١٢ جامعة (الشرق الأوسط، ٢٠٠٧د).

## ٨. ١. الهيدروجين كوقود

يمكن فصل مكونات الماء إلى هيدروجين وأكسجين باستخدام الفصل الحراري أو التحليل الكهربي، كما يمكن فصله بالطاقة الشمسية، وهذا ما نجح العلماء في مركز الطاقة المتجددة بالولايات المتحدة من عمله، حيث ابتكروا جهازاً يقوم بفصل الهيدروجين من الماء وتحويله في نفس الوقت إلى طاقة كهربية باستخدام أكثر من ١٢,٥% من الإشعاع الشمسي "الأجهزة القديمة كانت تُحَوِّل من ٤-٦% فقط". حيث يستخدم الهيدروجين الناتج لشحن خلية وقود- وهو ما يُطلق على البطارية الهيدروجينية- وعند استخدامها يرتبط الهيدروجين بأكسجين الجو فينتج طاقة كهربية وماء، وهو بذلك لا ينتج أي ملوثات بيئية أو غازات سامة. فالهيدروجين مصدر ثانوي للطاقة أو حامل للطاقة- مثله مثل الكهرباء- فهو يحتاج إلى مصدر آخر للطاقة لإنتاجه، ولكنه يُخَزِّن طاقة هذا المصدر وينقلها للمستخدم.

وقد استخدمت وكالة الفضاء القومي الأمريكية NASA الهيدروجين في برنامجها الفضائي منذ سنوات، فالهيدروجين هو الوقود الذي يحمل سفن الفضاء إلى الفضاء الخارجي، وخلايا الوقود الهيدروجينية هي التي تقوم بتشغيل النظام الكهربي للسفينة، وينتج عن هذا ناتج واحد هو الماء النقي الذي يستخدمه رواد الفضاء في الشرب. وتنتج خلايا الوقود الهيدروجينية الكهرباء بفاعلية عالية، لكن تكلفتها ما زالت عالية.

واستخدام الهيدروجين كوقود- وخصوصاً للسيارات- متاح الآن، إما في صورة هيدروجين نقي وبالتالي لا ينتج أي نسب تلوث، أو مضافاً للبنزين أو الديزل، وبالتالي يخفض نسبة الانبعاثات الملوثة من ٣٠-٤٠%. والهيدروجين أيضاً يمكن أن يكون وقوداً مثالياً للطائرات، فهو ينتج كمية أكبر من الطاقة، وبالتالي تحتاج الطائرات إلى كمية أقل من الوقود، كما أنه أخف من الوقود التقليدي، وبالتالي تستطيع الطائرة زيادة حمولتها. وتواجه الطاقات المتجددة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح مشكلة عدم القدرة على التخزين لفترات طويلة، وهنا يأتي الهيدروجين ليحل تلك المشكلة، حيث يمكن تخزين تلك الطاقة إلى متى يراد وحيث يراد (إسلام أون لاين، ٢٠٠٨ج).

ويحتوي الهيدروجين على أكبر قدر من الطاقة لوحدة الكتلة، فكيلوجرام واحد منه يعطي عند حرقه ١٤٢٠٠٠ كيلوجول من الحرارة، بينما يعطي كيلو البنزين ٤٧٢٠٠ كيلوجول والديزل ٤٥٨٠٠ كيلوجول، أي أن الهيدروجين يعطي حوالي ثلاثة أمثال القيمة الحرارية لأي من البنزين أو الديزل. ويمكن التعامل مع الهيدروجين واستخدامه على هيئة غاز مضغوط في خطوط أنابيب مثل التي تُستخدم لإمداد المنازل بالغاز، وفي صورة سائل يمكن تعبئته وخزنه في صهاريج أو نقله في أسطوانات. كذلك فإن ارتفاع درجة حرارة لهب الهيدروجين تجعله مناسباً للاستخدام في الأغراض الصناعية مثل عمليات لحام المعادن وغيرها.

وبعد أزمة النفط عام ١٩٧٣، قامت الوكالة الأوروبية بتمويل أبحاث في مجال إنتاج واستخدام الهيدروجين، وامتدت فترة البحث الأولى حتى عام ١٩٨٣ وتكلفت نحو ١٦ مليون جنيهاً استرلينياً، وأُجري البعض منها في مركز الأبحاث المشترك للوكالة في "إسبرا" بإيطاليا. وأظهرت النتائج أن الهيدروجين يستطيع أن يلعب دوراً مهماً في اقتصاديات الطاقة، مع قبوله من الناحية البيئية وإمكان استخدامه في النقل البري والجوي، إلى جانب استقطابه كوقود لتلثي صناعة الأمونيا "المستخدمة في الأسمدة النشادرية"، وكذلك دخوله صناعة تكرير النفط والصناعات الكيماوية. وقد كانت هذه النتائج الباهرة ثمرة لتقنية جديدة هي التحليل الكهربائي المتقدم. وقد أسهمت دول أوروبا بأكبر نصيب في تطوير تقنيات إنتاج غاز الهيدروجين واستخداماته على نطاق تجاري.

## ٨. ٢. مصدر الهيدروجين

يمكن الحصول على الهيدروجين من مصادر عديدة، وهو نظيف تماماً ولا ينتج عن استعماله أية عوادم. وهو يستخدم في محركات الاحتراق الداخلي، كسيارة H7 "من بي إم دبليو"، فالعادم لا يتعدى أكسيد النيتروجين إضافة إلى بخار الماء، كما يستخدم أيضاً في خلايا الوقود. إلا أن مشكلته هي في كيفية إنتاجه، ففي حال إنتاجه من الوقود الحجري "كالفحم مثلاً" ينتج معه الكربون، بينما الرؤية المستقبلية هي إنتاجه عبر الطاقة النظيفة، وعبر الطاقة النووية أيضاً الخالية من الكربون، وعن طريق أشعة الشمس أيضاً، والكتلة

الحيوية وهو الأسلوب المباشر لإنتاج الهيدروجين من المحاصيل الزراعية ونشارة الخشب المتخلفة وبقايا الغابات والقمامة والنفايات ومياه الصرف في البلديات.

كما تعد طاقة الرياح الأرخص في إنتاج الهيدروجين، حيث يمكن الحصول على كيلوجرام واحد من الهيدروجين بنحو خمسة إلى ستة دولارات. وإذا وضعنا هذا الأمر في مفهومه المنظوري وأصبح الهيدروجين المستخرج من خلايا الوقود ينافس الجازولين تجارياً، عندئذ ستتراوح كلفة الهيدروجين بين الدولارين والثلاثة دولارات للكيلوجرام الواحد. من هنا فإن الطاقة المولّدة من الرياح هي الأقرب لتحقيق هذا الأمر، وإن كانت خلايا الوقود في حال تطويرها ونضج تقنيتها تبقى الهدف النهائي والأساسي.

وتعتبر أشعة الشمس المتوفرة بكل مكان- لاسيما في المناطق الحارة- مصدراً آخر للطاقة لإنتاج الهيدروجين، لكنها أغلى ولا يمكن استخدامها عملياً، أي أنها لا تصلح تجارياً في الوقت الراهن، لكن الأمل معقود على الخلايا الشمسية المنخفضة في كلفة إنتاجها كلما كبرت المزارع الشمسية وتوسّعت. وهناك تحليل قامت به شركة "هيوليت باكرد" بمدينة ليون الفرنسية واتسم برؤية عميقة وهي إنتاج معامل ومصانع شمسية ١٠٠- ٢٠٠ مرة أكبر من الموجود منها حالياً، بحيث يمكن القيام بجميع أعمال المعالجة وعمليات السيليكون والزجاج في مكان واحد مع عمليات التجميع المصاحبة، بغرض تخفيض كلفة الطاقة الشمسية وإنتاج الهيدروجين ليصبح رخيصاً وقادراً على المنافسة تجارياً (الشرق الأوسط، ٢٠٠٧د).

## ٩. خلايا الوقود ودورها

وسط التحديات التي يتعرض لها العلماء للبحث عن وقود المستقبل، سطعت في الآفاق خلايا الوقود fuel cells كبديل شامل وعام عوضاً عن الوقود الأحفوري. ومع استمرار الأبحاث وتطورها تظهر الدلائل إنه سيصبح وقود المستقبل. وخلية الوقود هي صورة من صور تحويل الطاقة الكيميائية المختزنة في المركبات الهيدروكربونية إلى طاقة كهربائية مباشرة، أي نظام لتحويل الطاقة كيموكهربياً. وتنتج كهرباء من كميات متنوعة خارجية

من الوقود "على جانب الأنود" ومؤكسِد "على جانب الكاثود"، ويتم التفاعل في وجود إلكتروليت.

وتتدفق المواد المتفاعلة للداخل ونواتج التفاعل للخارج بينما يظل الإلكتروليت في الخلية. ويمكن لخلية الوقود أن تعمل باستمرار طالما بقي التدفق الضروري (Science.tv، ٢٠٠٨). والوقود المستخدم في هذه الخلايا إما الهيدروجين أو الغاز الطبيعي أو الميثانول بالاستعانة بالأكسجين أو الهواء الجوي. وقد بدأت عديد من الدول بتشغيل حافلات وقطارات بالاستعانة بخلايا الوقود.

وتعتمد فكرة عمل خلية الوقود على وجود غشاء فاصل من الحديد سطحه مغطى بمساعد حفزي من البلاتنيوم. وعند دخول الهيدروجين يعمل البلاتنيوم على فصله إلى بروتون وإلكترون ويسمح الغشاء الفاصل بمرور البروتونات ولا يسمح بمرور الإلكترونات التي لا تجد وسيلة للعبور إلا خلال سلك حول الغشاء الفاصل، ليتولد فيض من الإلكترونات في السلك، والحصول على تيار كهربي مستمر، وفي الناحية المقابلة من الغشاء يتحد الإلكترون مع البروتون مرة أخرى، وفي وجود هواء جوي يتكون ماء وحرارة.

وتتميز خلايا الوقود الهيدروجينية بمايلي:

. لا يوجد تلوث أو استهلاك لمصادر الوقود، حيث ينتج الهيدروجين من الماء، وبالأكسدة يعود إلى ماء مرة أخرى، ولا توجد عوادم جانبية ضارة لصحة الإنسان أو البيئة.
. لا تحتوي تكنولوجيا الهيدروجين على أية عناصر تسبب أية أخطار ممكنة.
. كفاءة التشغيل عالية للغاية، لأنها تحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية بشكل مباشر مما لا يسبب أي فقد في الطاقة بأية صورة.
. هادئة في التشغيل، حيث لا يُسمع لها أي ضوضاء أثناء عملها.
. يمكن التحكم في حجمها حسب الطاقة الكهربائية التي تحتاجها للتشغيل.
. عمرها أطول وصيانتها أقل (إسلام أون لاين، ٢٠٠٨د).

## ١٠. طاقة الكتلة الحيوية

أكثر الطاقات البديلة إثارة هي بلا ريب تلك الطاقة المستمدة من الكتلة البيولوجية للنبات الحي أو ما يسمى الكتلة الحيوية Biomass. وتُعد هذه "الطاقة الخضراء" من الطاقات النظيفة الأقل تلويثاً للبيئة. وقد عمدت كثير من الدول إلى زراعة الأشجار ذات الدورات العمرية القصيرة، والتي تعطي كميات كبيرة من الأخشاب في فترة زمنية معقولة، أو التوسع في زراعة بعض النباتات التي يُطلق عليها "مُنتِجات الطاقة" وتشمل نباتات محصولية سكرية ونشوية، وأخرى زيتية لا يستخدم الإنسان زيوتها بشكل مباشر، والأعشاب المائية ذات النمو الكثيف والتي يصل نمو بعضها إلى أكثر من ٦٠ طناً للهكتار (آفاق علمية، ٢٠٠٧).

وتشمل الكتلة الحيوية مجموعة النباتات المنتجة للسكريات والنشويات "قصب السكر- الشمندر- الذرة- البنجر الحلو- البطاطس..."، والمنتجة للمواد السيلولوزية "النباتات العشبية والأشجار الخشبية ..."، ومجموعة النباتات الزيتية "فول الصويا- جوز الهند- نخيل الزيت..."، إضافة إلى النفايات العضوية التي تحوي مواداً نباتية أو زيوتاً يمكن إعادة تدويرها.

كما لا يُغفل أيضاً عديد من أنواع الطحالب كمصدر للطاقة الحيوية. ويمكن استغلال الكتلة الحيوية بكافة صورها لإنتاج وقود حيوي Biofuel كبديل للوقود الأحفوري Fossil fuel الذي يُنتج حالياً من مشتقات النفط والغاز الطبيعي.

وقد أدى التطور التقني والعلمي إلى سهولة الحصول على الطاقة من تلك المصادر، شملت المعالَجات الكيميائية والتخمير والتفاعلات اللاهوائية، والتي تعطي في النهاية الوقود الحيوي، الذي يشمل حالياً بصفة رئيسة كل من الإيثانول الحيوي Bioethanol والديزل الحيوي Biodiesel. كما ينضوي الغاز الحيوي Biogas تحت طائفة الوقود الحيوي، إلا أن تقنية إنتاجه معروفة ومطبّقة منذ بضعة عقود وإن كانت موضع تطوير مستمر. ويشكل الوقود الحيوي أهم نواتج الكتلة الحيوية التي يتم الحصول عليها ضمن ظروف تصنيعية خاصة.

## ١٠. ١. الإيثانول الحيوي

ويعرف بوقود البيوإيثانول أو وقود الإيثانول الحيوي. ويُمكن أن يحل هذا الوقود محل البنزين مباشرة في المَركبات بعد إجراء تعديل على محركاتها. وتعتبر البرازيل من أكثر الدول إنتاجاً واستخداماً للإيثانول كوقود للسيارات، ويعد الإيثانول وقوداً مثالياً، حيث لا يتخلّف عن حرقه نواتج ثانوية ضارة بالبيئة، كما يمكن أن يستخدم لإنتاج الهيدروجين اللازم لخلايا الوقود.

وتتحول الآن الصناعات الأميركية تدريجياً إلى الإيثانول المستخرج من الذرة. وقد بدأت ولايات في الولايات المتحدة تفرض على محطات تكرير النفط إنتاج ١٠% من الإيثانول ومزجه بوقود السيارات بغرض حماية البيئة. لكن التحوّل إلى إنتاج مزيد من الذرة لتزويد أسواق الإيثانول سيُنتج أيضاً- طبقاً لإحدى الدراسات- أكثر من مليار جائع في العالم بحلول عام ٢٠٢٥ (شبكة الجزيرة، ٢٠٠٧ب). ولهذا هناك معارضات لهذا النوع من مصادر الطاقة، إذا جاء من محاصيل يَعتمد عليها الإنسان في غذائه كمحاصيل الحبوب والغذاء عامة.

## ١٠. ٢. الديزل الحيوي

ويعرَف بوقود البيوديزل أو وقود الديزل الحيوي، وقد يستخدم هذا الوقود مباشرة أو يتم خلطه مع الديزل في المحركات التي تعمل بالديزل. وهو وقود بديل يصنّع من زيوت نباتية مثل زيت جوز الهند أو فول الصويا أو القطن أو اللفت أو القنب أو الجاتروفا Jatropha وغيرها. ويتم إنتاجه من خلال تفاعل تلك الزيوت مع أحد الكحولات في وجود أحد المركبات القاعدية. ويمكن استخدام وقود الديزل الحيوي في شكله النقي أو مختلطاً مع البترول أو الديزل التقليدي.

وعند استخدام وقود الديزل الحيوي مخلوطاً مع البترول أو الديزل، يمكن أن يُستخدم مباشرة في السيارات التقليدية التي تعتمد على البترول أو الديزل دون الحاجة إلى

optimizers أو تعديل السيارة. ولكن عند استخدام وقود الديزل الحيوي النقي يتطلب الأمر إدخال تعديلات على المحرك.

وتُظهر المَركبات التي تدار بوقود الديزل الحيوي انخفاضاً كبيراً في أول أكسيد الكربون والانبعاثات الهيدروكربونية، بغض النظر إن كان الديزل الحيوي مخلوطاً مع النفط أو مستخدماً في شكل نقي. وتشير التقديرات إلى خفض انبعاثات أول أكسيد الكربون بنحو ٧٣ في المئة. ولسوء الحظ، مازالت هناك مشاكل مع استخدام الديزل الحيوي، حيث يؤدي مثلاً إلى تصاعد أكاسيد النيتروجين، وهو ما قد يفاقم في نهاية المطاف من مشكلة التلوث (Tech FAQ، ٢٠٠٨).

ويتمتع الديزل الحيوي بالكثير من الصفات والخصائص الكيميائية والفيزيائية التي تؤهله لأن يكون وقوداً ممتازاً للسيارات ولوسائط النقل الأخرى. فنظراً لاحتوائه على عدد أقل من ذرات الكربون، عند مقارنته بالديزل الأحفوري، فتكون كمية المواد الملوثة المنطلقة عند احتراقه أقل. أيضاً فإن هذه الوقود يكاد يخلو من الكثير من الملوثات الكيميائية الموجودة بالوقود الأحفوري التقليدي، كالكبريت والرصاص وغيره من المعادن الثقيلة.

وتدل الدراسات التي أجريت على هذا الوقود على أن معامل الأمان Safety Factor له أكثر من معامل الأمان للديزل الأحفوري، حيث يشتعل الديزل الحيوي عند درجة ١٦٧ مئوية بينما الديزل الأحفوري يشتعل عند درجة ٧٠ مئوية، وهذا يجعل عمليات نقل وتداول وتخزين هذا الوقود آمنة إلى حد كبير. أيضاً فإن لزوجة الديزل الحيوي أعلى من مثيله للديزل الأحفوري، وهذا يكسبه ميزة المحافظة على الأجزاء الداخلية للمحركات، وعلى القِطع المطاطية للمضخات وعلى المكابس والضواغط وغيرها من القطع والأجزاء الهامة في المحركات. كما يتحلل الديزل الحيوي في الماء بنسبة تصل إلى ٨٥% في أقل من شهر، وهذا يؤهله لأن يكون أقل تلويثاً للبيئة عن المشتقات النفطية التقليدية التي تبقى في البيئة دون تحلل لسنوات طويلة.

ويتم إنتاج الديزل الحيوي من مختلف أنواع الزيوت النباتية كما ذُكر. وهذه الزيوت قد تكون طازجة "غير مستخدمة"، أو قد تكون من مخلفات المطابخ والمصانع الغذائية كمصانع رقائق البطاطس ومطاعم الوجبات السريعة وغيرها. ويتم معالجة هذه الزيوت للحصول على الديزل الحيوي، حيث يتم ترشيحها أولاً للتخلص من الشوائب، ثم تسخينها إلى درجة ٧٠ مئوية، بعد ذلك يضاف إليها أحد الكحولات، كالميثانول أو الإيثانول، في وجود عامل مساعد كهيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم، وهو تفاعل يُنتج إستر الميثيل أو إستر الإيثيل وجليسرين، كناتج ثانوي يتم استخدامه في كثير من الصناعات الكيميائية. ويتم تسخين المزيج السابق مع التحريك لمدة ساعة ومع ضبط درجة الحموضة pH لقيمة ٩ خلال إضافة العامل المساعد، ثم يُنقل المزيج إلى خزان الفصل حيث تتشكل طبقتين، العليا هي الديزل الحيوي والسفلى الجليسرين، ويتم فصل الديزل الحيوي وتقدر كثافته بالهيدروميتر، ويجب أن تكون ما بين ٠,٨٥ إلى ٠,٩ جم/ سم$^{٣}$.

وذكرت دراسة في مجال الطاقة في ديسمبر ٢٠٠٦، أن أنواع الوقود التقليدية مثل البنزين والديزل قد يحل محلها الجيل الثاني المطوّر من الوقود الحيوي في الأعوام القليلة المقبلة، حيث يمكن استخدام المواد العضوية في إنتاج كميات كافية من الوقود الحيوي بغرض تغطية نسبة ٢٠% من احتياجات الوقود الحالية (شبكة الجزيرة، ٢٠٠٧ج).

## ١٠. ٣. الغاز الحيوي

يمكن الحصول على طاقة من الكتلة الحيوية باستخدام تقنية الغاز الحيوي، وذلك بتخمير المخلفات العضوية الحيوانية والنباتية والبشرية بمعزل عن الهواء، فيتم بذلك إنتاج وقود غازي زهيد التكاليف ونظيف يشكل مصدراً للطاقة. كما أن الكتلة المتبقية والتي يتم الحصول عليها من عملية التخمر اللاهوائي للمخلفات، تمثل نوعاً من السماد العضوي عالي الجودة وخال من البذور الضارة والكائنات الممرضة للنبات، وليس له أية روائح جاذبة للحشرات الضارة كالبعوض والذباب.

ويُستفاد من الغاز الحيوي في العديد من الدول لإنتاج الطاقة اللازمة للإنارة والتدفئة والطهي ولتشغيل العديد من الأجهزة الكهربائية مثل الثلاجات والغسالات، كما يُستخدم

بنجاح في مزارع الدواجن والأبقار، وفي التجفيف والتصنيع الزراعي، وفي تشغيل آلات الاحتراق الداخلي والمولدات. ويحتوي السماد الحيوي المتخلف بعد إنتاج الغاز الحيوي على كميات عالية من المتطلبات الغذائية الأساسية للنبات، لذلك يُستخدم على نطاق واسع لتسميد العديد من المحاصيل الزراعية، ومنها الذرة والقمح والأرز بالإضافة إلى تسميد المحاصيل الورقية.

وينتج عن التحلل الحيوي biodegradation للمخلفات والنفايات الحصول على الغاز الحيوي، بالإضافة إلى السماد العضوي الجاهز للتسميد. ونتيجة لذلك، فقد أمكن تطوير تلك التقنية الحيوية في عديد من دول العالم المتقدم، حيث تتحول النفايات والمخلفات من مشكلات بيئية إلى مقومات اقتصادية أساسية. وتوجد عديد من العوامل البيئية والحيوية المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي، من أهمها النشاط الميكروبي، وهذا النشاط يطلق عليه بصفة عامة التحولات الميكروبية، وتتضمن التمثيل والإذابة والتطاير والأكسدة والاختزال. إضافة إلى ما سبق، توجد عديد من العوامل البيئية ومنها نوع النفايات والطاقة المتوقعة والمحتوى الرطوبي والرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة بالإضافة إلى كثافة النفايات.

ويعدّ النبات المائي ياسنت الماء *Eichhornia crassipes* الذي ينتشر في الشبكات المائية لكثير من دول المناطق الاستوائية، وشبه الاستوائية والدافئة ومنها مصر التي يعرف فيها بإسم "ورد النيل"، نموذجاً لإمكانية تحويل النباتات البرية غير المرغوبة إلى مصدر للطاقة الحيوية. وقد عكفت عديد من الدراسات في كثير من دول العالم على دراسة سبل استغلال ذلك النبات والاستفادة منه، ودلت تلك الدراسات في أغلبها على إمكانية استخدامه، وكذلك المخلفات النباتية والحيوانية الزراعية أيضاً، خلال عمليات التخمر اللاهوائي في إنتاج الغاز الحيوي، المتكون من نحو ٧٠% غاز ميثان و٣٠% ثانى أكسيد الكربون، والذى يمكن استخدامه فى الطهي والتسخين والتدفئة والإنارة، بل وفي إنتاج الكهرباء (الشيمي، ١٩٩٥).

وقد اقتُرح إمكانية وضع النبات في برك مياه الصرف والمخلفات المائية الأخرى لمعالجتها ثم حصاد النبات دورياً وتخميره لإنتاج الغاز الحيوي واستخدام السماد الناتج خلال عملية التحلل في تسميد المحاصيل الزراعية (Anon, 1978).

ومن الشائع استخدام نبات الياسنت الجاف فى القرى الهندية وعديد من الدول الفقيرة بصورة شائعة كوقود (Anon, 1952). وقد بدأت منذ ثلاثينات القرن الماضي محاولات استغلال النبات كمصدر للطاقة بإنتاج غاز وقودي. وقد تركّز الاهتمام على ذلك في العقود الأخيرة من القرن الماضي للحاجة المتزايدة لمصادر الطاقة المتجددة (أحمد، ٢٠٠٤).

وقد عكفت وكالة الفضاء القومية الأمريكية "ناسا" NASA منذ سنوات على عمل نموذج لنظام دورة متكاملة للاستفادة بياسنت الماء، تتلخّص في وضعه في برك كبيرة وتربية الماشية والدواجن عليه بعد حصاده دورياً وتجفيفه وتصنيعه كعلف، مع إعادة مخلفات الماشية والدواجن إلى البيئة المائية للنبات لزيادة نموه، كما يستفاد به أيضاً فى إنتاج الغاز الحيوي الذى يغطي احتياجات النظام من الطاقة، كذلك لإنتاج السماد الذى يُصدَّر إلى مناطق أخرى. ويصرف الماء من النظام بعد تنقيته بالنبات ( Wolverton and McDonald, 1976). ويرجع اهتمام "ناسا" بياسنت الماء، إلى الغاز الحيوي الناتج من تخمره، والذي يعد وقوداً لأنواع من الطائرات المتقدمة، إلى جانب دراسة إمكانية الاستفادة بالنبات في تنقية المخلفات المائية لرواد الفضاء في رحلاتهم الطويلة، نظراً للقدرة العالية للنبات في امتصاص العناصر من بيئته المائية.

وبناء على دراسات لوكالة الفضاء القومية الأمريكية، فإن الهكتار الواحد من تجمعات النبات الكثيفة، يمكنه أن يُنتج أكثر من ٧٠ ألف متر مكعب من الغاز الحيوي. وفي دراسات لتحسين إنتاج الغاز، ثبت أن النبات الجاف والمطحون أفضل من الطازج، وأن الأوراق أفضل من الجذور، كما أن الخليط المكون من ٢٥% روث ماشية و٧٥% ياسنت يعطي أفضل معدلات إنتاج للغاز. وقد أعطى المُهضِّم سعة ٦ أمتار مكعبة المملوء بخليط النبات وروث الماشية حوالي مترين مكعبين من الغاز في اليوم، بعد أسبوع واحد من التحميل، واستمر إنتاج الغاز لمدة شهر (Hussein, 1992). وقد وجد عند خلط النبات

مع فضلات دودة الحرير إنتاج غاز أكثر وبنوعية أفضل "أقل نسبة من ثانى أكسيد الكربون" (Somanna and Reddy, 1995).

هذا وقد تقدمت دراسات إنتاج الغاز الحيوي من النبات بالعلماء الأمريكيين بريادة العالِم Wolverton بوكالة الفضاء القومية الأمريكية. والتي أثبتت أيضاً أن الجرام الواحد من النبات الأخضر يمكنه أن يُنتج نحو ١٤ جراماً من غاز الميثان، وأن إنتاج ذلك الغاز كان سريعاً على درجة حرارة ٣٦ مئوية "حوالي ٧٠% من جملة الغاز الناتج" مقارنة بمثيله على درجة حرارة ٢٠- ٣٠ مئوية "حوالي ٦٠%".

كما أثبتت دراسات أخرى بإندونيسيا وجزر فيجي تميُّز النبات فى إنتاج الغاز الحيوي بسبب ارتفاع نسبة رطوبته وليونة مادته العضوية وملاءمة نسبة الكربون إلى الهيدروجين في أنسجته "١:٢٠ إلى ١:٣٠". وهو ما فتح الباب على مصراعيه أمام إمكانية استغلال النبات لإنتاج الغاز الحيوي (Gopal and Sharma 1981).

وبيّنت دراسات أخرى أن الكيلوجرام الواحد من الياسنت الجاف يعطي نحو ٣٧٠ لتراً من الغاز الحيوي، أى أن الطن الجاف الواحد يعطي ٣٧٠ ألف لتر من هذا الغاز (Sarma and Rao, 1984) خلال أربعة أسابيع.

وقد قُدّر أن الهكتار الواحد من تجمعات النبات يمكنه أن ينتج نحو ٧٠ ألف متر مكعب من الغاز الحيوي، وقيمة الوقود النسبية للغاز تعادل ٢٢,١٦ ألف كيلوجول للمتر المكعب مقارنة بقيمة ٣,٣٤ ألف كيلوجول لغاز الميثان النقي.

## ١١. الغاز الطبيعي

يعدّ الغاز الطبيعي Natural gas أحد مصادر الطاقة البديلة، كطاقة نظيفة وبديلة جزئياً للنفط، وهو من المحروقات عالية الكفاءة منخفضة الكلفة قليلة الانبعاثات الملوثة للبيئة، وهو مورد طاقة أوليّة مهمة للصناعة الكيماوية.

ويخرج الغاز الطبيعي من آبار الغاز، ويتكون من ميثان بنسبة ٩٠% وبروبان بنسبة ٥% وخليط من غازات أخرى بنسبة ٥% منها البيوتان والإيثان، ويستخرج البروبان

والبيوتان من الغاز الطبيعي، ثم يتم خلطهما معا بنسبة متساوية، ويتم فصل البروبان والبيوتان في مصافي خاصة، والناتج من الغازات المتبقية يستخدم في المصانع على شكل غاز طبيعي.

## ١٢. الغاز المُسال

الغاز البترولي المسال، هو جزء من مجموعة الهيدروكربونات الخفيفة والتي تسمى الغازات السائلة، وهو عبارة عن خليط من البروبان "C3 H8" والبيوتان "C4 H10" بنسبة متساوية مع كمية ضئيلة من مواد هيدروكربونية أخرى، وقد بدأ تسويقه في العالم في عام ١٩١٢. ويمكن استخراج الغاز البترولي المسال من تكرير النفط الخام. والغاز المسال عديم اللون والرائحة وليس ساماً ولكنه يسبب الاختناق عند تشبع الهواء به. وفي الحالة الغازية يكون أثقل من الهواء بحوالي مرتين مما يجعله يتراكم ويتجمع في الأماكن المنخفضة.

ويعتبر اختيار الغاز البترولي المسال للحصول على الطاقة الحرارية حلاً سليماً صحياً، فهو يحافظ على البيئة من التلوث لعدم وجود مخلفات واضحة لاحتراقه، في نفس الوقت الذي يعطي فيه قدراً ممتازاً من الطاقة، وله استخدامات متعددة للغاية منها الاستخدام في المنازل لأغراض الطبخ أو التدفئة أو تسخين المياه في المسابح، والاستخدام الصناعي في أفران الصهر، والجلفنة، والمجففات الحرارية، وأفران المخابز. كما يُستخدم في العلب المضغوطة "إيروسول" كالمبيدات الحشرية والمعطرات الهوائية، وكذلك الاستخدام الزراعي في تدفئة البيوت المحمية ومزارع الدواجن وحظائرها وفقاسات الدجاج، كما أن هناك بعض الدول تَستخدم سيارات تعمل بالغاز البترولي المسال (شركة الغاز والتصنيع الأهلية، ٢٠٠٨).

**********