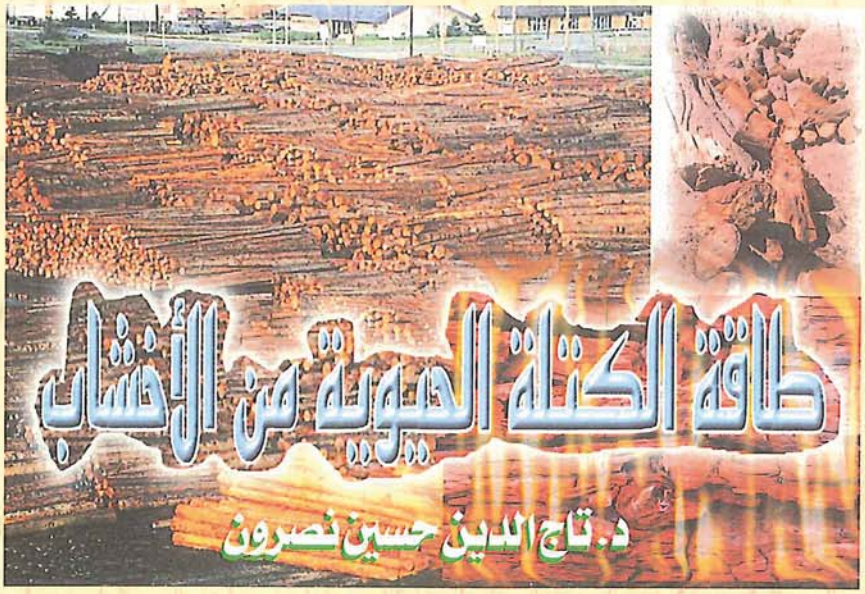


كانت ومازالت الحياة على سطح الأرض تعتمد إعتماداً كلياً على ماينتج من عملية البناء الضوئي ، بما في ذلك الوقود ، سواء كان وقود الأحافير المخزونة منذ عصور قديمة ، أو من الإنتاج الحالي من الأخشاب وغيرها من الأحياء ومخلفاتها . وتعد الكتلة الحيوية المتحصلة من النباتات من أهم مصادر الطاقة المتجددة في العالم . وتقدر إنتاجية عملية البناء الضوئي على المستوى العالمي بحوالي ١,٤×١٠^١١ طن متري من المادة الجافة سنوياً.

تمثل الغابات ومنتجاتها نسبة كبيرة من الكتلة الحيوية المنتجة سنويا للأغراض المختلفة ، بما في ذلك استعمالها كمصدر للطاقة . ومنذ الأزل كان الخشب أهم مصادر الطاقة في جميع أرجاء العالم ، إلى أن تم اكتشاف الفحم الحجري ، ثم البترول، والغاز الطبيعي ، وبدأ استخدام الأخشاب يقل في البلاد المتقدمة والمنتجة لهذه المواد . وبحلول عام ١٩٧٠م انخفض استخدام الخشب لأغراض الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية الى ٠,٢٪ فقط ، وهذا لايعني - بالضرورة - أن الخشب لم يعد مهماً كمصدر للطاقة في البلاد المتقدمة، فالسويد مثلاً تحصل على ٨٪ من احتياجاتها للطاقة من الخشب ، كما تحصل فنلندا على ١٥٪ . أما الولايات المتحدة - أكبر مستهلك للطاقة في العالم - فقد ارتفع استهلاكها من مصادر الطاقة الحيوية الى ٣,٥٪ من جملة استهلاكها من الطاقة بعد أزمة الطاقة في عام ١٩٧٣م .

وعلى مستوى العالم فإن نصف كمية الخشب التي يتم قطعها كل عام يستخدم كوقود . ويمثل ذلك ١٤٪ من استهلاك الطاقة في العالم أي مايعادل ٢٠ مليون برميل بترول في اليوم ، ويبلغ استهلاك الوطن العربي من طاقة الكتلة الحيوية حوالي ١٠٪ من إجمالي الطاقة المستهلكة . وتختلف هذه النسبة اختلافاً كبيراً بين الأقطار العربية . فبينما تصل النسبة الى ٦٠-٨٠٪ من جملة مصادر الطاقة المستخدمة في كل من السودان والصومال وموريتانيا ، فإنها تنخفض الى أقل من ١٪ في بعض الأقطار العربية المنتجة للبترول والغاز الطبيعي بما فيها المملكة .

تنبع أهمية طاقة الكتلة الحيوية من أنها المصدر المتاح لملايين الفقراء بالأرياف ، ومن أنها بديل متجدد ومهم لمصادر الطاقة التقليدية (غير المتجددة) التي تؤكد الدراسات على أنها في تناقص مستمر ، وأن استهلاكها بالمعدلات الحالية دون التفكير في إيجاد بدائل من المصادر المتجددة سيؤدي إلى استنفاذها بحلول عام ٢٠٥٠م. ولما كانت الدلائل تشير إلى إحتمال توفر الكتل الحيوية ، وقلة تكاليفها ، وارتفاع أسعار مصادر وقود الأحافير ، وتناقص كمياتها مقارنة بالطلب المتزايد عليها ، فقد تجددت الرغبة في كثير من دول العالم ، خاصة الدول النامية ، لاستخدام الخشب كوقود مرة أخرى ، وبالأخص عندما حدث حظر تصدير النفط في عام ١٩٧٣م .

إنتاج الكتلة الحيوية من الغابات

تعد الغابات أكبر مصدر لإنتاج الكتلة الحيوية المستخدمة لأغراض الطاقة . وهناك عدة مصادر لهذا الإنتاج منها : أخشاب ولحاء أشجار الغابات الطبيعية - مخلفات قطع وتداول الأخشاب داخل الغابات، ومخلفات الصناعات الخشبية - وإنتاج المزروعات الشجرية. ونتيجة لتفاقم مشكلة الكتلة الحيوية من الغابات وتوالي الضغوط عليها للإستخدامات المختلفة برز مفهوم الإستخدام الكامل للشجرة ، بالاستفادة من كل أجزائها.

يصعب حماية الأشجار الطبيعية المنتجة لأنواع الأخشاب المستخدمة لأغراض الطاقة في العالم وبالتالي لايتم إكثار هذه الأشجار أو إعادة إنمائها بمعدلات تواكب معدلات القطع التي تتعرض لها ، بالإضافة إلى بطء نموها . لذلك تتدهور الغابات الطبيعية والبيئة من حولها بسرعة فائقة ، ولايمكن الإعتماد عليها في تلبية احتياجات المواطنين على المدى الطويل . ويتزايد استخدام الكتل الحيوية كمصدر للطاقة في مناطق كثيرة من العالم النامي بمعدلات أسرع من معدل إستبدالها بمصادر أخرى ، مما يؤدي إلى حدوث مشكلات خطيرة مترتبة على إزالة الغابات ، ومايترتب عليها من إنتشار ظواهر الجفاف والتصحر . وليست الكتل الحيوية بالضرورة الدواء الناجع لمشكلات الطاقة في أي دولة . فالظروف المحلية لمتطلبات الطاقة والغذاء - المتعلقة بأنماط إستغلال الأراضي - هي العوامل الغالبة عند التخطيط لأنظمة الطاقة الحيوية . ويواجه الإنسان مأزق الخيارات الصعبة ،

هل يستخدم الكتلة الحيوية كمصدر متجدد بهدف المحافظة على المصادر التقليدية المستنزفة للطاقة ؟ ، أم يستخدم هذه المصادر المستنزفة بهدف المحافظة على البيئة والموارد الطبيعية ؟.

يمثل الإفراط في استغلال هذا المصدر المتناقص وعدم تعويضه بقدر كاف خطرا كبيراً كامناً على المدى الطويل من جراء إزالة الغابات وبالتالي التصحر، مما يهدد حياة الإنسان والبيئة أكثر مما يهددها نقص الغذاء . وبالرغم من هذه الأهمية إلا أن الإستثمار في مجال تطوير إنتاج الكتل الحيوية يأتي في ذيل قائمة مصادر الطاقة الأخرى ، وقد تسببت الزيادة المستمرة في أسعار البترول ومصادر الطاقة الأخرى وتناقص كمياتها بالإضافة إلى الشعور بأهمية صيانة البيئة والموارد الطبيعية في إشعال الحماس والرغبة الأكيدة في زراعة الأشجار كمصدر متجدد للطاقة ولصيانة البيئة، شكل (١) . وتوضح التجارب المستقاة من خبرات الماضي أن الوسائل المستخدمة لزيادة إنتاج حطب الوقود واستدامته تهدف إلى الآتي :

- حصر الغابات الطبيعية وإخضاعها لنظم الإدارة الفنية لإدارتها إدارة مستدامة تعتمد على مرتكزات محلية .
- إنشاء المزارع الشجرية سليمة التصميم والإدارة .
- التكامل بين الزراعة والغابات بتطبيق نظم الزراعة المختلطة بالغابات .
- التوعية القومية بأهمية التشجير وترشيد الإستخدام .

● شكل (١) مشجر لإنتاج حطب الوقود ومنتجات أخرى .

● شكل (٢) نقل حطب الوقود إلى مناطق الاستهلاك .

- إدخال أشجار سريعة النمو بدورات قطع قصيرة .
- تحسين كفاءة المواقد المنزلية والتقانات التحويلية .

خصائص الأخشاب كمصدر للطاقة

تختلف مصادر الكتل الحيوية المتعددة في خصائصها الفيزيائية والكيميائية ، وبذلك تتعدد وتتباين تقانات إنتاج الطاقة منها . وتعتمد قيمة الخشب كوقود على : نوع الخشب ، وتركيبته الكيميائية ، وكثافته، ومحتواه الرطوبي ، وقيمته الحرارية .

تتفاوت درجة احتراق الأخشاب بشكل واضح ، فمثلا تمثل الأخشاب الصلدة (من الأشجار ذات الاوراق العريضة) عالية الكثافة والمجففة لحد أدنى من المحتوى الرطوبي أجود أنواع الوقود . ومن أشهر هذه الانواع بالمملكة : الطلح والسمر والسيال والسنط النيلي وغيرها ، شكل (٢) . أما الأخشاب الرخوة مثل الصنوبريات والسرو والعرعر فتحتوي على كميات كبيرة من المواد الراتنجية ، وينتج عن حرقها مشاكل تتعلق بتكوين وتراكم مادة الكريوزوت في المداخن وتوصيلات أو أنابيب الأفران ، وتفضل الأخشاب الصلدة ذات الكثافة العالية لانها تحترق ببطء ، ولأن قيمتها الحرارية - الطاقة الحرارية المولدة- أعلى من الأخشاب الأقل كثافة ، ويمكن تعريف القيمة الحرارية بأنها كمية الحرارة التي تصدر عن الإحتراق الكامل لوحدة الوزن من المادة في وعاء بحجم ثابت . أو بمعني آخر في حالة الخشب ، هي الكمية الكلية للحرارة التي يمكن الحصول عليها من وحدة الوزن من خشب مجفف بالفرن بعد الإحتراق الكامل ودون السماح بتسرب أو فقد أي كمية من الحرارة .

تنخفض القيمة الحرارية للأخشاب مع إرتفاع المحتوى الرطوبي لها . ويصعب تجفيف الاخشاب بالأفران لازالة كل ماتحتويه من ماء ، وهي عملية مكلفة مقارنة بالقيمة الحرارية المضافة ، مما يشجع على استخدام طرق التجفيف الطبيعي (الهوائي) إلى حوالي ١٠٪ محتوى رطوبي ، ويبين الجدول (١) تأثير المحتوى الرطوبي للخشب على القيمة الحرارية .

ونتيجة لإختلاف كثافة أنواع الخشب المختلفة وإختلاف محتواها الرطوبي ، فإنه

المحتوى الرطوبي (٪)	صفر	٢٠	٣٠
القيمة الحرارية (كيلوجول/كجم)	١٨٨٤٠	١٥٩١٠	١٣٨١٦

● جدول (١) تأثير المحتوى الرطوبي للخشب على قيمته الحرارية.

نادراً مـا يبـاع بالوزن وبالطبع لا يرغب العملاء في شراء ماء لأن الطن المتري من الخشب بمحتوى رطوبي ٦٠٪ (٠,٦) يمثل ٦٢٥ كيلو جرام فقط من الخشب بالإضافة الى ٣٧٥ كيلو جرام من الماء . وذلك حسب المعادلة التالية:

$$\text{الرطوبة } (٠,٦) = \frac{ر - ج}{ج} = \frac{ر}{ج} - ١$$

حيث :-

ر = وزن الخشب الرطب (١٠٠٠ كيلوجرام)

ج = وزن الخشب الجاف

$$\therefore (٠,٦) = \frac{١٠٠٠}{ج} - ١$$

$$\frac{١٠٠٠}{ج} = ١,٦$$

$$\therefore ج = \frac{١٠٠٠}{١,٦} = ٦٢٥ \text{ كيلو جرام}$$

وبذلك يكون الخشب الرطب بقيمة حرارية أقل من الخشب المجفف .

وتختلف القيم الحرارية لمصادر الطاقة المختلفة حسب نوعها ، حيث تبلغ ١٥٩١٠ كيلوجول/كجم للخشب المجفف هوائياً (٢٠٪ نسبة رطوبة) ، و ٣٩٠٢١ كيلوجول/لتر للبترول ، و ٣٧٢٦٠ كيلوجول/م٣ للغاز الطبيعي ، و ٢٨٧٣٠ كيلوجول/لتر للغاز السائل .

ويمكن مقارنة إقتصاديات إستخدام الخشب بمصادر الطاقة الأخرى بتحديد قيمة استبدال كورد - كومة من الخشب حجمها نحو ٣,٦٢ مترمكعب - من الخشب بكمية مكافئة من البترول، مثلاً: فإذا تم حرق خشب مجفف هوائياً في موقد بكفاءة قدرها ٥٠٪ فإنه يمكن إستبدال كورد الخشب بنحو ١٢٦ جالونا من البترول ، وإذا كان سعر جالون البترول ٩٠ سنتا أمريكيا تكون قيمة استبدال الكورد ١١٣,٤ دولاراً.

وللخشب خصائص تميزه عن مصادر الطاقة التقليدية منها :

١ - من الموارد الطبيعية المتجددة ، ويمكن استدامة إنتاجه وزيادته متى ما تتطلب الأمر ذلك .

٢ - لا يتسبب عند إعداده وإستخدامه في تلوث الهواء أو الماء ، حيث أنه يحتوي على نسبة ضئيلة من الكبريت .

٣ - يمكن حرقه بدون استخدام مصادر أخرى للطاقة .

من جانب آخر لا يخلو الخشب من بعض العيوب والتي تتمثل في الآتي :

١ - كبير الحجم وثقيل الوزن ، ويحتاج إلى حيز كبير لخزنه .

٢ - يحتاج حرقه إلى مراقبه لصيقة لتزويد النار بالحطب والتحكم في درجة الإشتعال لمنع إنتشارها والتسبب في حرائق .

٣ - تتسبب ممارسات الحرق الرديئة التي ينتج عنها تراكم الكريوزت "Creosote" (زيت ناتج عن الحرق غير المكتمل للاخشاب) في حرائق عشوائية .

تقنيات استخدام طاقة الأخشاب

يتعاظم دور الكتل الحيوية من الغابات كمصدر للطاقة في كثير من دول العالم ، وهناك تفكير جاد للعودة لاستخدامها كمصدر للطاقة حتى في بعض البلدان التي ظلت تستخدم المصادر التقليدية ، ولذلك تتطور تقنيات استخدامها وتحويلها من حالة إلى أخرى بسرعة فائقة . وتشمل الطرق والتقنيات المتوفرة لتحويل الأخشاب واستخدامها لأغراض الطاقة : الحرق المباشر ، والتكسير الحراري ، والإسالة ، والتغويز ، وإنتاج الفحم النباتي، والتخمير ، والهضم اللاهوائي لإنتاج الغاز الحيوي (بيوغاز) بالإضافة إلى بعض العمليات المساعدة مثل الطحن والكبس والتحبيب وغيرها .

● الحرق المباشر

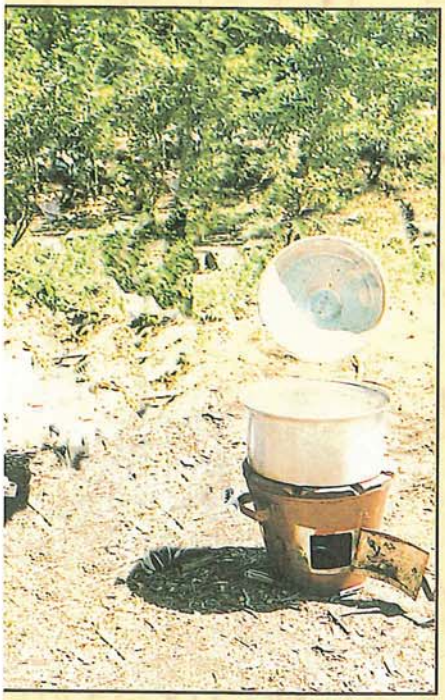
يعد الحرق المباشر من أكثر الطرق شيوعا وأسهلها لتحويل الطاقة الحيوية من الأخشاب إلى طاقة حرارية أو بخار أو تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية.

وقد استخدمت أنواع عديدة من المواقد والأفران التي تعمل بدرجات كفاءة متفاوتة حسب تصاميمها وبنائها ، وتتراوح تلك الكفاءة ما بين ١٠٪ كحد أقصى لبعض المواقد المكشوفة إلى ٧٠٪ لبعض الأفران ذات التصميم والبناء المحكم .

إضافة لذلك بذلت جهود مقدرة في مجال تطوير المواقد المنزلية التي تستخدم الفحم النباتي في مناطق عديدة من العالم . ففي التجربة السودانية تكاملت حلقات عملية التطوير بدءً بمراحل التصميم ومواصفاته والاختبارات المعملية والميدانية لكفاءة المواقد، وانتهاءً بمراحل الإنتاج والتشغيل والتسويق . وقد أوضحت التجارب المعملية والميدانية أن المواقد المطورة - بكفاءة تعادل ٢٥٪ - توفر ما يعادل ٣٩٪ من الوقود مقارنة بالمواقد التقليدية التي تعمل بكفاءة تقدر بنحو ١٧٪. ويوضح الشكل (٣) أمثلة من هذه المواقد المحسنة .

ويتم إحتراق الخشب في ثلاث مراحل هي : تبخر الماء من الخشب ، يليها خروج المواد الطيارة في شكل غازات ، وإخيراً إشتعال مادة الكربون المركزة في الخشب .

وقد تتم المراحل الثلاثة في آن واحد ، كما في حالة إضافة كمية جديدة من الحطب للنار المشتعلة . كما أن مرحلة تبخير الماء تستهلك كمية من الطاقة الحرارية ،مما يعد تبديدا للطاقة يمكن تفاديه باستخدام خشب جاف . وهناك أيضا فقد للطاقة في مرحلة إطلاق الغازات الطيارة ، ولكن يمكن تعويضها عندما تبدأ هذه الغازات في الإشتعال عند درجات



● شكل (٣) مواقد محسنة لاستخدام الفحم النباتي للطبخ .

● شكل (٤) عملية رص الخشب لإنتاج الفحم بالطرق التقليدية .

حرارة عالية تصل إلى ٦٠٠م . بعد ازالة كل مافي الخشب من ماء وغازات يبقى الكربون الصافي الذي يحترق بدون لهب أو دخان ، وتتولد منه أقصى معدلات الحرارة التي يمكن الإستفادة منها .

● التغويز

التغويز (Gasification) عبارة عن عملية تحليل حراري للمواد العضوية ـ تشمل الخشب ، الفحم النباتي والمخلفات الزراعية ـ في وجود كمية محدودة من الأكسجين ينتج عنها خليط من الغازات القابلة للإحتراق ، تشمل أول أكسيد الكربون ، والهيدروجين ، والميثان ، بالإضافة إلى الغازات الخاملة ، مثل: النيتروجين ، وثاني أكسيد الكربون . ويتم التحويل داخل أجهزة خاصة وعلى أربع مراحل تتفاوت درجات حرارتها مابين ١٠٠ الى ١٤٠٠م، وتختلف خصائص المنتج تبعاً لاختلاف المواد العضوية المستخدمة ، ونوع الجهاز ، ودرجات الحرارة ، وسرعة الهواء .

وعلى الرغم من إنخفاض الطاقة الحرارية للغازات إلا أنه يصلح لإدارة آلات إحتراق البنزين والديزل ، ويمكن رفع طاقة الغاز الحرارية باستخدام الأكسجين بدلا من الهواء ، إلا أن هذه الطريقة تلائم الإنتاج الصناعي الكبير . وقد تطورت تقنية التغويز في الفترة الأخيرة تطوراً كبيراً في بلدان العالم المتقدم . كما تم تطوير وحدات صغيرة تلائم ظروف الأرياف في الهند والصين والفلبين وغيرها من بلدان العالم الثالث . كما بدأ مؤخراً تطوير وحدة تغويز صغيرة لتشغيل مضخات الري في الريف المصري .

ويعد الاستخدام المحلي لهذه الغازات هو الأنسب لصعوبة نقلها وانخفاض قيمتها الحرارية .

● التفحيم

التفحيم عبارة عن عملية تحليل كيميائي حراري للمواد العضوية تتم في غياب الأكسجين وتكون حصيلتها إنتاج الفحم النباتي . وتتم عملية التفحيم في أنواع مختلفة من الأفران (الكمائن) منها : الأفران التقليدية المصنوعة من الطين ، والأفران المطورة المصنعة من الطوب أو الحديد (بعضها ثابت وبعضها متنقل) . وتتراوح إنتاجية هذه الأفران ـ عائد الفحم منها ـ بين ١٥٪ من وزن الخشب الجاف المستخدم للأفران التقليدية إلى مايقارب ٥٠٪ لبعض الأفران المطورة .

يجب إعداد الخشب قبل البدء في عملية التفحيم بهدف الحصول على كمية متجانسة منه ، من حيث حجم القطع الخشبية ومحتواها الرطوبي . بعد ذلك يرص الخشب داخل الفرن إن كان من الأفران المطورة ، أو يرص ثم يبنى عليه الفرن الطبقي التقليدي ، شكل (٤) ، ثم تضرم النار من خلال فتحات جانبية في قاعدة الفرن بمساعدة مواد سريعة الإشتعال . وعندما يبدأ الخشب في الإشتعال تقفل كل هذه الفتحات لمنع دخول الهواء ماعدا مدخنة صغيرة في أعلى الفرن لخروج الدخان ، ويترك الخشب ليتحلل تحللاً كيميائيا حراريا في غياب الاكسجين. وتستغرق العملية بين ١٥ـ ٢٤ ساعة حسب نوع الخشب وحجم القطع المستخدمة ، قبل اكتمال التفحيم ومن ثم تعبئة الفحم ونقله إلى مناطق الاستهلاك، شكل (٥) .

تزيد القيمة الحرارية للفحم النباتي المنتج بهذه الطريقة بمقدار ٦٠٪ في المتوسط عن القيمة الحرارية للخشب الذي صنع منه الفحم ، وذلك لأن الفحم عبارة عن مادة كربون مركزة تتولد منها أقصى معدلات الحرارة .

● الإسالة

الإسالة (Liquifaction) عبارة عن تحويل الخشب إلى أنواع وقود سائلة . ويقصد من هذه العملية إيجاد بديل متجدد للبترول ، وتعد الإسالة إحدى المشاكل المتصلة باستخدام الخشب كمصدر للطاقة.

● شكل (٥)، نقل الفحم النباتي إلى مناطق الاستهلاك .