ISSN 1728-4422

سلسلة
الدراسات
الحرجية للمنظمة

١٥٤

الغابات والطاقة

القضايا الرئيسية

FAO
FIAT PANIS

صور الغلاف، من اليمين إلى اليسار:

إلى أعلى: FAO/FO-6079/C. Jekkel؛ Wikimedia Commons/Gyre؛ FAO/FO-6077/A. Godbole؛ FAO/FO-5762/P. Durst.

إلى أسفل: Wikimedia Commons/BrokenSphere؛ FAO/FO-0071؛ FAO/FO-6849/M. France-Lanord؛ P. Aronsson.

سلسلة
الدراسات
الحرجية للمنظمة

١٥٤

الغابات والطاقة

القضايا الرئيسية

منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

روما، ٢٠٠٨

الأوصاف المستخدمة في هذه المواد الإعلامية وطريقة عرضها لا تعبر عن أي رأي خاص لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة في ما يتعلق بالوضع القانوني أو التنموي لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، أو في ما يتعلق بسلطاتها أو بتعيين حدودها وتخومها. ولا تعبر الإشارة إلى شركات محددة أو منتجات بعض المصنعين، سواء كانت مرخصة أم لا، عن دعم أو توصية من جانب منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة أو تفضيلها على مثيلاتها مما لم يرد ذكره.
تمثل وجهات النظر الواردة في هذه المواد الإعلامية الرؤية الشخصية للمؤلف (المؤلفين)، ولا تعكس بأي حال وجهات نظر منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة.

ISBN 978-92-5-605985-7

جميع حقوق الطبع محفوظة. ويجوز استنساخ ونشر المواد الإعلامية للأغراض التعليمية، أو غير ذلك من الأغراض غير التجارية، دون أي ترخيص مكتوب من جانب صاحب حقوق الطبع، بشرط التنويه بصورة كاملة بالمصدر. ويحظر استنساخ هذه المواد الإعلامية لأغراض إعادة البيع، أو غير ذلك من الأغراض التجارية، دون ترخيص مكتوب من صاحب حقوق الطبع. وتقدم طلبات الحصول على هذا الترخيص إلى:

Chief
Electronic Publishing Policy and Support Branch
Communication Division
FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy

أو بواسطة البريد الإلكتروني: copyright@fao.org

© FAO 2008

المحتويات

شكر vii
تقديم ix
موجز تنفيذي xi

1. مقدمة 1

2. عرض الطاقة والطلب عليها: الاتجاهات والاحتمالات 5
الطاقة المتجددة 8
الطاقة المستمدة من الأخشاب 13
خيارات الطاقة في المستقبل – القضايا الرئيسية 17

3. إنتاج الطاقة البيولوجية 21
الوقود الخشبي الجامد 21
الوقود البيولوجي السائل 22

4. مساهمة الطاقة الخشبية في تلبية الطلب في المستقبل 27
مصادرالوقود الخشبي 28
الانبعاثات واقتصاديات الوقود البيولوجي 33

5. انعكاسات زيادة استخدام الطاقة البيولوجية 37
الفقر والعمالة والأسعار 38
الأراضي والبيئة 39

6. خيارات السياسات والتوصيات 45

المصطلحات 49

المراجع 53

الجداول

1 مجموع استهلاك الطاقة التجارية في العالم بحسب الأقاليم وأنواع الوقود، 1990-2030 6
2 الاستهلاك العالمي من الكهرباء المائية وغيرها من مصادر الطاقة التجارية المتجددة، بحسب الأقاليم، 1990-2030 9
3 الزيادة في مصادر الطاقة المتجددة في العالم 11
4 عدد الأشخاص الذين يستخدمون الطاقة البيولوجية التقليدية 18
5 حصة الوقود في مجموع تجارة البضائع في مختلف الأقاليم 20
6 المخلفات الخشبية من عمليات الصناعة الحرجية في البرازيل 29

الأشكال

1 مجموع استهلاك الطاقة التجارية في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وغيرها من البلدان، 1990-2030 6
2 حصة مختلف أنواع الوقود في مجموع إمدادات الطاقة الأولية في العالم 7
3 مجموع استهلاك الطاقة التجارية في العالم بحسب مصادرها، وإسقاطات عام 2030 7
4 استهلاك الطاقة التجارية المتجددة في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وغيرها من البلدان، 1990-2030 8
5 النسبة المئوية للطاقة التجارية المتجددة من مجموع استهلاك الطاقة في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وغيرها من البلدان، 2004 وإسقاطات 2030 9
6 استهلاك الطاقة المتجددة في العالم بحسب الأقاليم 2002 وإسقاطات 2030 11
7 مجموع إمدادات الطاقة الأولية من الوقود البيولوجي للثمانية الكبار + 5 12
8 النسبة المئوية لإمدادات الطاقة الأولية من الطاقة البيولوجية 13
9 مجموع مخزونات النمو 14
10 استهلاك الوقود الخشبي في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وغيرها 1990، وإسقاطات 2010 و 2030 16
11 الاستهلاك الفردي من الوقود الخشبي في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وغيرها من البلدان 1990، وإسقاطات 2010 و 2030 17
12 كميات الأخشاب المستخرجة في أفريقيا 17
13 أسعار نفط برنت في أوروبا (فوب)، 1987-2008 19
14 انبعاثات غاز الدفيئة 2000 بحسب القطاعات 19
15 مقارنة انبعاثات غاز الدفيئة من الوقود البيولوجي المستمد من مختلف المصادر 34
16 تنافسية أنواع الوقود البيولوجي بحسب مادتها الأولية 34

الإطارات

1	مصطلحات الطاقة البيولوجية	2
2	الوقود البيولوجي في قطاع النقل في البرازيل	10
3	العوائق أمام الحصول على معلومات دقيقة عن الحطب	15
4	أسعار المنتجات الحرجية	32
5	كفاءة الطاقة وإنتاج الطاقة البيولوجية	35
6	المكاسب والسلبيات الممكنة في تنمية الطاقة البيولوجية	38
7	أسعار الأغذية والطاقة البيولوجية	40
8	تصورات تنمية الوقود البيولوجي السائل	42

شكر

هذا المطبوع هو تجميع وتلخيص لما جاء في دراستين أشمل وضعتا بتكليف من منظمة الأغذية والزراعة عام 2007 ونُشرتا كأوراق عمل، وهما *Forests and energy in developing countries* من وضع Ivan Tomaselli و*Forests and energy in OECD countries* من وضع Warren Mabee وJack Saddler. ويمكن الاطلاع على هاتين الورقتين على www.fao.org/forestry/energy. كما أن نسخة أولية من وثيقة التجميع التي أعدها Douglas Kneeland وAndrea Perlis، وزّعت على الحدث الخاص الذي عقدته منظمة الأغذية والزراعة أثناء مؤتمرها العام تحت عنوان : الغابات والطاقة، في نوفمبر/تشرين الثاني 2007. وأما الطبعة الحالية فقد تولى تنقيحها Jeremy Broadhead و تولى تحريرها Maria Casa، وهي تضم التعليقات التي جاءت من البلدان الأعضاء. كذلك شارك في هذا العمل كل من : Miguel Trossero، Simmone Rose، Sebastian Hetsch و Gustavo Best.

تقديم

تحتل الغابات والطاقة مكاناً مركزياً في النقاش العالمي عن تغير المناخ. وهذا المطبوع يُعالج بعضاً من أهم الاتجاهات في هذين القطاعين، من أجل تنوير الطريق أمام المناقشة.

وتستفيد هذه الدراسة من دراستين شاملتين وُضعتا بتكليف من منظمة الأغذية والزراعة عام 2007، وهما:

Forests and energy in developing countries (Ivan Tomaselli, Brazil) and *Forests and energy in OECD countries* (Warren Mabee and Jack Saddler, Canada).

وهاتان الدراستان متوافرتان بالإنكليزية على موقع منظمة الأغذية والزراعة www.fao.org/foresty/energy.

وقبل المائة عام الماضية التي شهدت توافر النفط على نطاق واسع كانت الأخشاب أهم مصدر للطاقة التي يحصل عليها البشر. ولا تزال الأخشاب هي المصدر الرئيسي للطاقة المستخدمة في التدفئة والطهي في كثير من أفقر بلدان العالم. وسنتطلع إلى المستقبل في هذه الدراسة ونرى إذا كان من المحتمل أن تبرز الأخشاب مرة أخرى كمصدر مهم جداً للطاقة في جميع البلدان.

وسوف تستعيد الطاقة البيولوجية من الأخشاب والمصادر الزراعية أهميتها. فالمحاصيل الزراعية والحرجية تؤدي دوراً خاصاً في توليد الطاقة البيولوجية الحديثة باعتبارها مصادر للوقود البيولوجي السائل. وإذا كان من المحتمل أن يظل للوقود الأحفوري هو المصدر الرئيسي للطاقة لبعض الوقت في المستقبل فإن التحول في الأجل الطويل وبالتدريج وجزئياً من الوقود الأحفوري إلى الوقود البيولوجي الجامد والسائل هو تصوّر محتمل جداً في كثير من البلدان في عشرات السنين القادمة. فهل سيكون لهذه الاتجاهات آثار على الغابات؟ وهل ستؤدي إلى زيادة خسارة الغابات أم إلى التقليل من هذه الخسارة في المستقبل؟

يستعرض هذا المطبوع تلك الأسئلة وغيرها، كمساهمة لإثارة نقاشات علمية في مسائل السياسات. وهو يُبرز الفرص والتأثيرات التي يمكن أن تظهر في قطاع الغابات في سياق تزايد الطلب على الطاقة في العالم. ويتناول القسم 2 التغيرات المتوقعة في إمدادات الطاقة العالمية، والموضع الذي تشغله الطاقة المتجددة والطاقة الحرجية ضمن هذا السياق. ثم يلخص القسم 3 بعض جوانب إنتاج الطاقة البيولوجية، ويستعرض القسم 4 المساهمة التي يمكن أن تُقدّمها الطاقة الحرجية في استهلاك الطاقة على النطاق العالمي في السنوات المقبلة. ويفحص القسم 5 تأثيرات زيادة استهلاك الطاقة البيولوجية على الغابات، ويرسم القسم 6 الخيارات والتوصيات المتاحة عند وضع السياسات في ضوء الفرص المتاحة للغابات والتهديدات التي تتعرض لها.

Wulf Killmann
Director
Forest Products and Industries Division
FAO Forestry Department

موجز تنفيذي

يؤدي الارتفاع في استهلاك الطاقة، وتزايد انبعاثات غازات الدفيئة، وتزايد القلق من الاعتماد على استيراد الطاقة إلى إحداث تغيرات عالمية في المصادر التي سيمكن استخراج الطاقة منها في السنوات المقبلة. والمتوقع أن تحدث أعلى ارتفاعات في استهلاك الطاقة في البلدان النامية وخصوصاً في آسيا. والمتوقع أن يكون الوقود الأحفوري هو مصدر أكبر زيادة في إمدادات الطاقة. وإذا كانت مستويات الاستهلاك الفردي ستظل منخفضة عما هي عليه في العالم الصناعي فإن استهلاك الطاقة في البلدان النامية ربما يجاوز استهلاكها في البلدان المتقدمة عام 2010.

وهناك اهتمام كبير بأشكال الطاقة البديلة باعتبارها وسيلة لتخفيض استهلاك الوقود الأحفوري وتقليل انبعاثات غاز الدفيئة. والطاقة البيولوجية، بما فيها الطاقة الخشبية، تمثل في الوقت الحاضر نسبة كبيرة من مصادر الطاقة «المتجددة». ورغم الزيادات الأخيرة في أسعار النفط فليس من المحتمل أن تستطيع الأسواق وحدها أن تتحمل إعادة التوجّه نحو المصادر المتجددة، ولهذا فإن الاستهلاك في المستقبل سيعتمد بدرجة كبير على السياسات.

وكانت الطاقة الخشبية تُستخدم في الطهي والتدفئة منذ آلاف السنين، وفي كثير من البلدان النامية لا تزال هي المصدر الرئيسي للطاقة بل إن استهلاك حطب الوقود آخذ في التزايد في كثير من مجموع بلدان أفريقيا، ويرجع ذلك بدرجة كبيرة إلى النمو السكاني. وأما في الأقاليم النامية الأخرى فإن الاستهلاك على المستوى الوطني يتناقص بسبب ارتفاع مستويات الدخل والتوسع العمراني – وهما عاملان يؤديان إلى زيادة استخدام أنواع الوقود السهل. وأما في البلدان الصناعية، وخصوصاً في البلدان التي لديها صناعات واسعة لتجهيز الأخشاب، فإن الطاقة الخشبية تُستخدم في الأغراض المنزلية والصناعية على السواء – وذلك بكميات كبيرة في كثير من الحالات.

وقد أصبحت الطاقة الخشبية التي تُنتجها التكنولوجيا الكفؤة منافسة بالفعل للطاقة الأحفورية في كثير من البلدان، وفي وسعها أن تقدم أعلى مستويات الطاقة وكفاءة استخدام الكربون عند مقارنتها بمختلف مصادر المادة الأولية البيولوجية. وأهم شيء هو أن المصانع التي تُنتج الحرارة والطاقة سوياً تتمتع بأعلى كفاءة تحويل تصل إلى 80 في المائة وأن الأفران التي تعمل بالكريات الخشبية تتمتع بمثل هذه المستويات المرتفعة في تحويل الطاقة. والمتوقع أن تتوافر التكنولوجيا في الأجل المتوسط أيضاً لإنتاج وقود بيولوجي سائل من مواد سيلولوزية، تشمل الأخشاب، وتكون قادرة على المنافسة التجارية، وإن كانت تكاليف براءات الاختراع والإتاوات ربما تعوق تنميتها. وفي الوقت الحاضر يعتمد إنتاج الوقود البيولوجي السائل اعتماداً أساسياً على المحاصيل الغذائية وتكون كفاءته الاقتصادية وكفاءته الكربونية منخفضة في أغلب الحالات. والاستثناء البارز الوحيد هو إنتاج الإيثانول من قصب السكر. وفي البرازيل أصبحت أسعار الإيثانول البيولوجي أقل بالفعل من أسعار النفط المستخدم كوقود في قطاع النقل.

والمتوقع أن يكون إنتاج الوقود البيولوجي السائل من الجيل الثاني، الذي يُستخرج من الأخشاب وغيرها من المواد الأولية الخشبية ، قادراً على المنافسة سواء من حيث الأسعار أو من حيث انبعاثات الكربون. وقد أصبح هذا الجيل الثاني بالفعل موجوداً في مصانع البيان العلمي، والمتوقع أن يكون إنتاجه قادراً على المنافسة التجارية خلال العشر سنوات القادمة. ويتوقع معظم الدراسات أن تستطيع أنواع الوقود البيولوجي السائل من الجيل الثاني والمستخرج من المحاصيل المعمّرة ومن البقايا الخشبية والزراعية أن تقلل بدرجة كبرة من دورة حياة انبعاثات غاز الدفيئة الراجعة إلى استخدام الوقود النفطي. فإذا استطاعت التطورات التكنولوجية أن تصل بإنتاج وقود بيولوجي سائل من مواد

سيلولوزية إلى أعلى من كفاءة إنتاجه من المحاصيل الغذائية أو إلى نفس الكفاءة فستكون النتيجة هي تقليل المنافسة مع الإنتاج الغذائي وزيادة كفاءة الطاقة وتحسين التوازن العام في مجال الطاقة.

وفي المدى الأطول قد تستطيع معامل التكرير البيولوجي التي تُنتج مجموعة من المنتجات، من لب الورق إلى وقود وسائط النقل والكيميائيات المتخصصة، أن توسّع انتشارها – وخصوصاً في البلدان لديها صناعات كبيرة لتجهيز الأخشاب، وبها مناخ تجاري كفؤ ولديها سياسة مطبقة تطبيقاً فعالاً. وقد تكون هناك أيضاً فرص لتصدير وقود النقل السيلولوزي إلى أسواق كبيرة تدفع أسعاراً غالية. والمتوقع أن تكون زيادة الطلب على الأخشاب بسبب هذه التطورات حافزاً على رفع الأسعار إلى أن تستطيع الأسواق أن تحقق التوازن. والمحتمل أن يظهر ذلك بأكبر شكل في أسعار جذوع النشر وفي أسعار جذوع اللب وفي أسعار الألواح الخشبية، بل إن الأسعار أصبحت تستجيب لهذه العوامل بالفعل في بعض الأسواق.

ومع تزايد الطلب على الأراضي من صناعات إنتاج الجيل الأول من الوقود البيولوجي السائل فإن الضغط على الغابات ربما يتزايد في جميع أنحاء العالم. ومن المحتمل أن تكون تكلفة فرصة الغابات مرتفعة جداً في كثير من الحالات مما يمنع تحويلها إلى إنتاج محاصيل الطاقة البيولوجية إذا كانت الأسواق ستتطور وفق المسارات الأخيرة. وإذا كانت تدابير حماية الغابات وإدارتها المستدامة تدابير غير فعالة أو غير متواصلة فربما يؤدي ذلك إلى إزالة الغابات. وهناك أيضاً اقتراحات بالاستفادة من الأراضي المتدهورة الواسعة الموجودة في كثير من البلدان النامية في التوسع في غرس محاصيل الطاقة البيولوجية. ومن أجل الاستفادة من هذه المنافع لا بد من أن يكون التوسع في إنتاج الوقود الحيوي مصحوباً بتنظيمات واضحة لاستخدامات الأراضي مع تطبيقها تطبيقاً سليماً، وخصوصاً في البلدان التي بها غابات استوائية قد تتعرض أراضيها للتحويل إلى استخدامات أخرى.

وبسبب جاذبية الأسواق، التي تُدعمها سياسات الطاقة البيولوجية، بدأت بالفعل إزالة الغابات من أجل غرس نخيل الزيت وغيره من محاصيل الوقود البيولوجي السائل. وليس من المحتمل بلوغ أهداف السياسات المتعلقة بتغير المناخ إذا كانت كمية الكربون الذي تطلقه عمليات إخلاء الأراضي أكبر بكثير مما تسترجعه محاصيل الطاقة البيولوجية لسنوات عديدة. بل إن الموقف أخطر من ذلك عند تطهير أراضي السبخة Peat. وفي هذا السياق ينبغي ألا يغيب عن البال أن الطاقة الحيوية لا يمكن اعتبارها متجددة إلا إذا كان نمو الكتلة الحيوية يجاوز الكميات المحصودة، وإذا كان ثاني أكسيد الكربون الذي ينبعث أثناء الإنتاج والنقل والتجهيز لا يجاوز ما أمكن حبسه أثناء النمو. كما ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار خسارة الكربون عند تحويل الأراضي إلى إنتاج الطاقة البيولوجية.

وسيعتمد مدى مساهمة الطاقة الخشبية في إنتاج الطاقة في المستقبل على: تنافسية الطاقة المستخرجة من الأخشاب في بلوغ أهداف السياسات الأخيرة المتعلقة بالطاقة؛ التكاليف والمنافع الاجتماعية والاقتصادية والبيئية من شبكات إنتاج الطاقة من الأخشاب؛ قضايا السياسات والمؤسسات التي ستكون إطاراً يعمل من خلاله قطاع الغابات. كما أن قدرة أي استراتيجية لإنتاج الطاقة البيولوجية ستتأثر تأثراً كبيراً بالسياق المحلي الذي يشمل: الموقع بالنسبة للعرض والطلب؛ البنية الأساسية والمناخ والتربة؛ توافر الأراضي واليد العاملة؛ الهياكل الاجتماعية وهياكل الإدارة الرشيدة.

وفي الوقت الحاضر، تصل الطاقة الخشبية إلى أعلى قدرة تنافسية عند إنتاجها كمنتجات ثانوية في عمليات تجهيز الأخشاب. فمخلفات الأخشاب تقدّم أكبر فرصة فورية لتوليد الطاقة البيولوجية نظراً لأنها ستكون متوافرة ونظراً لانخفاض قيمتها وقرب إنتاجها من عمليات الحراجة الموجودة. وفي العادة تكون المخلفات الخشبية من عمليات القطع والتجهيز أكثر من نصف مجموع الكتلة الحيوية المستخرجة من الغابات.

وفي الغابات الطبيعية ربما يمكن استخدام ما يصل إلى 70 في المائة من مجموع الحجم لتوليد الطاقة. ومعظم هذه المواد تتألف من تيجان الأشجار وغيرها من القطع المستبعدة التي تُترك جانباً في الغابة بعد عمليات الحصد. كما أن المخلفات الخشبية في المناشر تُعتبر أيضاً مصدراً يمكن الوصول إليه بسهولة.

وقد بدأ استزراع الغابات لغرض واحد هو إنتاج الطاقة يشيع في بعض البلدان، ومن المحتمل غرس غابات أخرى ذات أغراض نهائية متعددة تُقدّم جذوعاً لإنتاج الوقود الخشبي وجذوعاً لأغراض أخرى بحسب الطلب من الأسواق. وتعتبر الأنواع التي لا تطلبها الأسواق في الوقت الحاضر، والمساحات الحرجية التي تُقطع منها الجذوع، والأشجار الواقعة خارج الغابات مصادر إضافية لإنتاج الطاقة الخشبية، غير أنواع المنتجات الحرجية التي تدخل الأسواق والتي تكون بالتالي ذات أسعار مرتفعة.

وعندما تكون الموارد البشرية والمالية محدودة فإن تنمية الطاقة البيولوجية يجب أن تبدأ بفحص الفرص المتاحة استناداً إلى الكتلة الحيوية الموجودة والتكنولوجيا المعروفة. ومن شأن إدماج توليد الطاقة في العمليات الحرجية الصناعية أن يكون وسيلة تنافسية لتقليل الأخطار، وزيادة الربحية وتحسين إدارة الغابات. كما أن من شأنه تقوية أمن الطاقة والمساهمة في تخفيف حدة تغير المناخ وبالتالي يكون مجالاً من مجالات الأولوية التي يجب استكشافها.

وللتأكد من توافر أراضي محصولية كافية لإنتاج الأغذية بأسعار معقولة، ولتجنّب خسارة موائل الحيوانات الثمينة، سيكون من الضروري ربط استراتيجيات الطاقة البيولوجية ربطاً وثيقاً باستراتيجيات تخفيف حدة الفقر والتنمية الريفية والزراعية والحرجية. كما أن تخطيط استخدام الأراضي ورصده، والإدارة الرشيدة الفعالة، تؤدي دوراً مهماً في تجنب عدد من المشكلات الاجتماعية والبيئية التي سبق الحديث عنها. وستستفيد البلدان جميعاً من تحسّن المعلومات عن المادة الأولية لإنتاج الطاقة الخشبية، بما في ذلك الكتلة الحيوية المسترجعة من العمليات الحرجية ومعلومات تجارة تلك الكتلة الحيوية.

ولا تزال السياسات والبرامج لدعم تنمية الطاقة البيولوجية في مراحلها الأولى. وفيما يتعلق بالغابات لا بد أولاً من معالجة القضايا التالية:

- تعبئة الموارد الخشبية بطريقة مستدامة وعلاقة ذلك بالقيود القانونية وقيود المؤسسات، وملكية الغابات، والحصول على البيانات، والبنية الأساسية الحرجية؛
- القوانين والأنظمة والسياسات الداعمة؛ إذاعة المعلومات إلى مالكي الغابات ومنظمي المشروعات وغيرهم من الوحدات العاملة في هذا المجال؛
- المكاسب في الكفاءة بفضل التوسع في استخدام الموارد الحرجية المتوافرة، وحصد المنتجات الحرجية وتجهيز منتجاتها، وحصد الكتلة الحيوية الخشبية من الأشجار الواقعة خارج الغابات، واستعادة المنتجات الخشبية المتروكة من المستهلكين؛
- التوسع طويل الأجل في مساحة الغابات وتعزيز إنتاجية الموارد الحرجية من خلال زراعة الغابات والابتكارات الوراثية، على سبيل المثال؛
- إمكان استخدام الأراضي الهامشية والمتدهورة في إنتاج كتلة بيولوجية لتوليد الطاقة.

وسيكون من المهم جداً نقل تكنولوجيات الطاقة الخشبية المتقدمة إلى البلدان النامية من أجل بلوغ أهداف تغير المناخ. ويوفر الوضع الحالي فرصة كبرى وتحدياً كبيراً أمام قطاع الغابات لإيجاد دور جديد له في توفير إمدادات الطاقة، وتخفيف تغير المناخ، ودعم التنمية الاقتصادية والبيئية المستدامة.

1. مقدمة

تؤدي الطاقة دوراً مركزياً في الاقتصاد العالمي ويؤدي تغير تكاليفها إلى تأثيرات كبيرة على النمو الاقتصادي، وخصوصاً في البلدان النامية المستوردة للنفط. ويجري في الوقت الحاضر تغيّر كبير في المصادر التي سيمكن استخراج الطاقة منها في السنوات المقبلة. وهذا التغير يرجع إلى ثلاثة عوامل رئيسية:

- ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري؛
- الأخطار المتصورة من الاعتماد على الوقود الأحفوري؛
- تزايد انبعاثات غاز الدفيئة من الوقود الأحفوري.

وتتيح الطاقة البيولوجية فرصة لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من كل وحدة من وحدات الطاقة المنتجة، ولتقليل الاعتماد على استيراد الطاقة، ولوقف ارتفاع أسعار النفط، بالاشتراك مع بقية أنواع الوقود البديلة. وبحسب فعالية إطار السياسات والمؤسسات تتوافر أيضاً فرصة أمام البلدان لترويج التنمية الوطنية والريفية المستدامة بالتوسّع في الطاقة البيولوجية. يُضاف إلى ذلك أن بلداناً كثيرة لديها مناطق واسعة مغطاة بالغابات، ويمكنها، عند إدارتها إدارة مستدامة، أن تُنتج كميات كبيرة من الوقود المتجدد. وهناك عدد من البلدان يسير بالفعل على سياسات لتشجيع استخدام الأخشاب في إنتاج الطاقة.

وتشتق الطاقة البيولوجية من مجموعة من المواد الأولية وبواسطة عدة عمليات مختلفة. ويقدم الإطار 1 بعضاً من المصطلحات المستخدمة لوصف مختلف أنواع الطاقة البيولوجية. وهناك ثبت كامل بالمصطلحات في الملحق. وكان المعتاد هو حرق حطب الوقود والمخلفات الزراعية وروَث الحيوانات من أجل استخدامها في الطهي والتدفئة (يُشار إليها في هذه الوثيقة باسم «الكتلة البيولوجية التقليدية»). وأما المرافق العصرية واسعة النطاق التي تُحوّل الأخشاب والمخلفات الحرجية إلى طاقة أو إلى حرارة وطاقة فإنها غالباً ما تُبنى بجوار مناطق تجهيز الأخشاب. ويُعتبر هذا مصدراً متجدداً للطاقة لأن الأشجار الجديدة أو النباتات الجديدة يمكن أن تحل محل تلك التي استُخدمت في إنتاج الطاقة. وينبغي أن يُلاحظ أن الطاقة البيولوجية لا يمكن أن تُعتبر متجددة إلا إذا كان إنتاج الكتلة البيولوجية يجاوز الكمية المحصودة، وكان انبعاث ثاني أكسيد الكربون أثناء الإنتاج والنقل والتجهيز أقل مما تحبسه الكتلة البيولوجية التي تستخدم في إنتاج الطاقة.

وهناك تنوع كبير في دور الأخشاب كمصدر للطاقة في مختلف أقاليم العالم. فكثير من البلدان النامية يعتمد اعتماداً كبيراً على الأخشاب كمصدر للطاقة للتدفئة والطهي، وغالباً ما تتعرض المصادر الخشبية للتهديد من خسارة الغطاء الحرجي بسبب زيادة السكان والتوسع الزراعي وإدارة الغابات بطريقة غير مستدامة. وأما في البلدان الصناعية والبلدان النامية الكبيرة ذات النمو السريع فإنها تستهلك أعظم كمية من الوقود الأحفوري في العالم ويتزايد لجوءها إلى استخدام الطاقة الخشبية على المستويات الصناعية. وقد استطاع بعضها، وإن لم يكن كلها، تثبيت مساحاتها الحرجية أو توسيعها.

الإطار 1

مصطلحات الطاقة البيولوجية

يعني مصطلح «الطاقة البيولوجية» جميع أنواع الطاقة المشتقة من الوقود البيولوجي. والوقود البيولوجي هو الوقود المشتق من مادة ذات أصل بيولوجي، أو من الكتلة البيولوجية.

وتقسم منظمة الأغذية والزراعة أنواع الوقود البيولوجي بحسب مصدر الكتلة البيولوجية المستخدمة في الإنتاج - سواء كانت غابات أم مصادر زراعية أم منزلية - وبحسب نوع المنتجات. وعلى ذلك فإن الوقود البيولوجي يشمل الوقود الخشبي، والوقود الزراعي، والمنتجات الثانوية المنزلية، وتنقسم كل واحدة من هذه المجموعات إلى أنواع سائلة أو جامدة أو غازية يمكن استخدامها في الحصول على الحرارة أو الكهرباء أو توليد الطاقة. ومن أمثلة ذلك الوقود الخشبي الذي يمكن تقسيمه إلى مجموعات رئيسية كما يلي:

- **وقود خشبي جامد - حطب الوقود (أخشاب في أشكال بدائية أو شظايا أو بقايا عمليات النشر أو كريات) وفحم نباتي؛**
- **وقود خشبي سائل - السائل الأسود (وهو من المنتجات الثانوية في صناعة لب الورق) وإيثانول وميثانول وزيت بيروليتيك (من تخطيم الأخشاب بالطرق الكيميائية الحرارية والكيميائية البيولوجية)؛**
- **وقود خشبي غازي - غاز بيروليتيك (يُنتج من تغويز الوقود الجامد والسائل).**

أما تعبير «الوقود الزراعي» فيعني مواد الكتلة البيولوجية المشتقة مباشرة من محاصيل الوقود ومن المنتجات الثانوية من الزراعة والحيوانات والصناعات الزراعية. ويشمل الوقود البيولوجي المنزلي على الأكثر مخلفات مثل فضلات الصرف الصحي والنفايات المدفونة والمخلفات المنزلية الجامدة.

وفي هذا المطبوع يُستخدم تعبير «الوقود البيولوجي» للتعبير عن جميع أنواع الوقود ذات الأصل البيولوجي في حين يُستخدم تعبير «الوقود البيولوجي السائل» للتعبير عن أنواع الوقود التي يكون أصلها البيولوجي من السوائل. وهذا يخالف الاستخدام الشائع لتعبير الوقود البيولوجي في أوروبا الذي يدل على أنواع الوقود السائل المستمدة من أصل بيولوجي والمستخدمة كمصادر للطاقة في النقل - أي الإيثانول البيولوجي والديزل البيولوجي. لكن هذا المصطلح لن يستخدم في الوثيقة الحالية.

المصدر: FAO, 2004

ومن وقت قريب كانت قدرة الوقود البيولوجي السائل على الحلول محل الوقود المستخدم في النقل حافزاً كبيراً على الاستثمار في إنتاج الإيثانول والديزل البيولوجي من منتجات نباتية. وأكثر الوقود البيولوجي السائل يستخرج في الوقت الحاضر من محاصيل غذائية تشمل نخيل الزيت وقصب السكر والذرة واللفت والصويا والقمح وغيرها. وبصفة عامة يُنتج الجيل الأول من الإيثانول البيولوجي من سكر النباتات أو النشا كما يُستخرج الديزل البيولوجي من زيت النباتات. وعلى هذا فإن هناك إمكانية حصول تنافس بين الاستخدامات النهائية، وهناك ادعاءات كثيرة بأن أسعار الأغذية ارتفعت نتيجة للطب على هذه المحاصيل وغيرها من أجل إنتاج الطاقة.

والمتوقع في الأجل المتوسط أن تتوافر التكنولوجيا لإنتاج الوقود البيولوجي السائل بتكاليف اقتصادية من المواد . فالأخشاب والمخلفات الزراعية وبعض أنواع الأعشاب مثل *Panicum virgatum* و *Miscanthus sinensis* هي أكثر المواد الأولية التي يُحتمل استخدامها. ونظراً لأن هذه المواد الأولية لا تستخدم كمصادر غذائية ونظراً لأنها يمكن أن تنمو في مناطق تُعتبر هامشية لإنتاج الأغذية فإن استخداماتها بهذا الشكل لن تؤدي إلى ارتفاع أسعار الأغذية.

وفي الأجل القريب تتوافر احتمالات قوية أن يؤدي توسع الإنتاج الزراعي من أجل إنتاج الطاقة البيولوجية إلى الضغط الأراضي وإلى إزالة مزيد من الغابات. ورغم أن كثيراً من المحاصيل الحالية والجديدة المستخدمة في إنتاج الوقود البيولوجي السائل تناسب الأراضي الهامشية فإنها في كثير من الحالات تنافس أراضي الغابات. ونظراً لأن الغابات تخزن كميات كبيرة من الكربون فإن الانتقال إلى محاصيل الطاقة البيولوجية ربما يؤدي إلى خسارة صافية في الكربون الأرضي. وفي الوقت الحاضر ترجع نسبة 17 في المائة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في العالم إلى عمليات إزالة الغابات (IPCC, 2007).

ومع تزايد الاهتمام بالطاقة البيولوجية ووضع خرائط للتأثيرات التي يُحتمل أن تنشأ عنها ظهرت للعيان عدة أوجه تعارض. ففي مقالات البحوث الأخيرة برزت حجج تُقلل من تأثير الوقود البيولوجي السائل في تخفيف تغير المناخ. والقضية الرئيسية هي درجة تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بواسطة هذا الوقود بالمقارنة مع الوقود الأحفوري. ونظراً لأن هناك طاقة تُستخدم في إنتاج المحاصيل والوقود البيولوجي وفي حصدها وتجهيزها ونقلها فإن الفائدة الصافية قد تكون ضئيلة في بعض الحالات بل قد تكون سلبية في حالات أخرى. ولكن الوقود البيولوجي السائل من الجيل الثاني تتوافر فيه إمكانيات ضخمة. فعلى عكس الوقود البيولوجي السائل المعروف الآن سيكون استخدام الأخشاب من موارد مستدامة للحصول على الحرارة وتوليد الطاقة أو لكل من الحرارة وإنتاج الطاقة، عالي الكفاءة سواء من حيث تحويل الطاقة أو من حيث انبعاثات غاز الدفيئة.

وفي السنوات المقبلة سيرتفع استخدام الطاقة في العالم ارتفاعاً كبيراً، وسيظل الوقود الأحفوري، رغم نقائصه، أكبر مصدر اقتصادي للطاقة. ويعتمد مدى تغير موارد الطاقة في المستقبل على عدة عوامل، من بينها أسعار الطاقة والاعتماد على واردات الوقود الأحفوري، وتكاليف موارد الطاقة البديلة وإمكان تخفيضها، ودرجة الالتزام بتخفيف تغير المناخ. كما ستؤدي القرارات السياسية المتعلقة بإعانات التنمية الزراعية والريفية دوراً مهماً جداً (Wolf, 2007). ومع تطور ديناميكية استخدام الطاقة وعلاقتها بتغير المناخ ستظهر آثار عميقة في غابات العالم. ومن الواضح أن الطلب على الطاقة واحد من أهم القضايا الحاسمة التي تواجه قطاع الغابات في القرن الحادي والعشرين. وهناك تحديات كبيرة ومن شأن اتخاذ قرارات السياسات السليمة توفير الفرصة لتعظيم المنافع الاقتصادية والبيئية والاجتماعية ولنشر هذه المنافع بين مختلف أعضاء المجتمع وبين مختلف الأجيال.

2. عرض الطاقة والطلب عليها: الاتجاهات والاحتمالات

المتوقع أن تحدث زيادة كبيرة في الطلب على الطاقة في السنوات المقبلة بسبب النمو السكاني والتنمية الاقتصادية (EIA, 2007) ويمر كثير من سكان العالم في الوقت الحاضر بتحولات كبيرة في أسلوب الحياة مع انتقال اقتصادات بلدانهم من اقتصاد الكفاف إلى قاعدة صناعية أو خدمية. وستحدث أكبر زيادة في الطلب على الطاقة في البلدان النامية التي يتوقع أن ترتفع حصتها من استهلاك الطاقة العالمي من 46 في المائة إلى 58 في المائة بين عامي 2004 و2030 (EIA, 2007). ولكن أرقام الاستهلاك الفردي ربما تظل أقل مما هي عليه في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية.

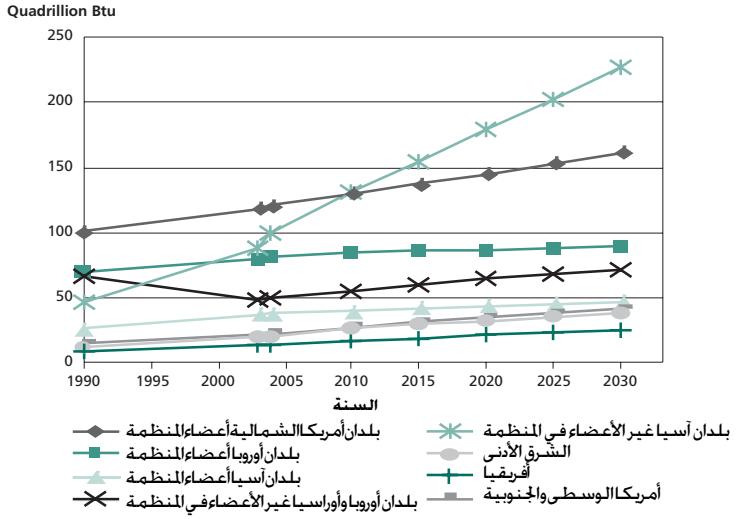
والمتوقع أن يزيد استهلاك الطاقة في البلدان النامية بمعدّل سنوي 3 في المائة بين عامي 2004 و 2020. وأما البلدان الصناعية فقد وصل اقتصادها مرحلة النضج ويتوقع أن يكون نموها السكاني ضئيلاً نسبياً ولهذا فإن المتوقع أن ينمو طلبها على الطاقة بمعدل 0.9 في السنة، وهذا طبعاً يرجع إلى أن نقطة البداية كانت عالية. وتتوقع الإسقاطات أن يتجاوز استهلاك الطاقة في الأقاليم النامية ما هو عليه في الأقاليم الصناعية عام 2010. وستكون نصف الزيادة في الطلب العالمي على الطاقة عام 2030 مطلوبة لتوليد الطاقة ونسبة الخُمس لاحتياجات النقل – وأغلبها في شكل وقود نفطي (EIA, 2007).

وسيكون جزء كبير من زيادة الطلب على الطاقة راجعاً إلى النمو الاقتصادي السريع في الاقتصادات الآسيوية، وخصوصاً في الصين والهند. والمتوقع أن يزيد الطلب على الطاقة في بلدان آسيا النامية بمعدل سنوي 3.7 في المائة أي أعلى بكثير مما يحدث في أي إقليم آخر (الشكل 1). والمتوقع أن يزيد استهلاك الطاقة في آسيا بأكثر من الضعف في العشرين عاماً المقبلة وأن يمثل نحو 65 في المائة من مجموع زيادة الطلب على الطاقة في جميع البلدان النامية. ورغم أن استهلاك الطاقة في البلدان النامية في الأقاليم الأخرى سينمو بمعدل أبطأ مما هو عليه في آسيا فإن المعدلات ستتجاوز المتوسط العالمي كما هو متوقع (الجدول 1). وإذا كانت جميع الأقاليم ستؤدي دوراً في عرض الطاقة والطلب عليها في المستقبل فإن الزيادة الضخمة في الاستهلاك المتوقعة في آسيا تجعل لهذا الإقليم أهمية كبيرة في تطور قطاع الطاقة في المستقبل.

وتأتي الأغلبية العظمى من الطاقة العالمية من موارد غير متجددة هي النفط والفحم والغاز (الشكل 2). ونسبة 13 في المائة فقط من الطاقة العالمية هي التي تُستمد من موارد متجددة، ومنها نسبة 10.6 في المائة من متجددات قابلة للاحتراق ومن الفضلات المنزلية المتجددة. وأما بقية الطاقة المتجددة فتأتي من المياه وحرارة الأرض والشمس والرياح ومن حركة المد والجزر والأمواج.

وتفيد إسقاطات استهلاك الطاقة العالمية بين عامي 2004 و 2030 أن الوقود الأحفوري سيقدم أكبر جزء من الزيادة، وأن المصادر النووية وغيرها من المصادر لن تقدم إلا مساهمات بسيطة نسبياً من حيث الأرقام المطلقة. (الشكل 3 والجدول 1). وبالأرقام النسبية يُحتمل أن يحدث أكبر تغير

الشكل 1
مجموع استهلاك الطاقة التجارية في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وغيرها من البلدان، 1990-2030*



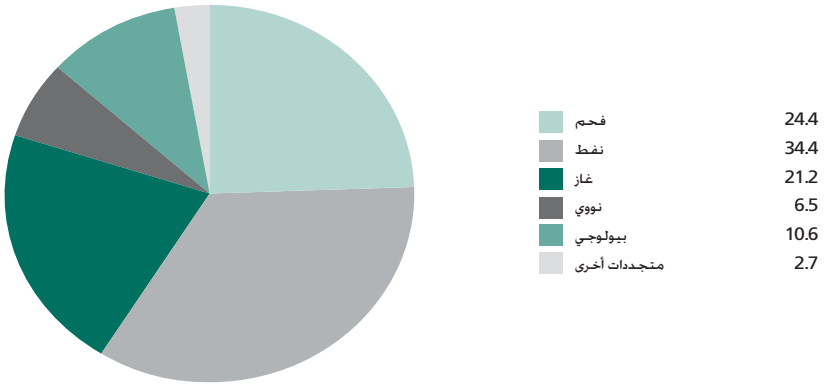
* إسقاطات بعد عام 2004
ملاحظة: لا يشمل الكتلة البيولوجية التقليدية
المصدر: EIA, 2007

الجدول 1
مجموع استهلاك الطاقة التجارية في العالم بحسب الأقاليم وأنواع الوقود، 1990 - 2030 (Quadrillion Btu)

الأقاليم/المصادر	السنة					النمو
الإقليم	1990	2004	2010	2020	2030	النمو السنوي ٪ 2004–2030
بلدان أمريكا الشمالية الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	100.8	120.9	130.3	145.1	161.6	1.1
بلدان أوروبا الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	69.9	81.1	84.1	86.1	89.2	0.4
بلدان آسيا الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	26.6	37.8	39.9	43.9	47.2	0.9
بلدان أوروبا وأوراسيا غير أعضاء منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	67.2	49.7	54.7	64.4	71.5	1.4
بلدان آسيا غير أعضاء منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	47.5	99.9	131.0	178.8	227.6	3.2
الشرق الأدنى	11.3	21.1	26.3	32.6	38.2	2.3
أفريقيا	9.5	13.7	16.9	21.2	24.9	2.3
أمريكا الوسطى والجنوبية	14.5	22.5	27.7	34.8	41.4	2.4
مجموع بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	**197.4**	**239.8**	**254.4**	**275.1**	**298.0**	**0.8**
مجموع البلدان غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	**150.0**	**206.9**	**256.6**	**331.9**	**403.5**	**2.6**
المصادر						
النفط	136.2	168.2	183.9	210.6	238.9	1.4
الغاز الطبيعي	75.2	103.4	120.6	147.0	170.4	1.9
الفحم	89.4	114.5	136.4	167.2	199.1	2.2
الوقود النووي	20.4	27.5	29.8	35.7	39.7	1.4
أنواع أخرى	26.2	33.2	40.4	46.5	53.5	1.9
مجموع العالم	**347.3**	**446.7**	**511.1**	**607.0**	**701.6**	**1.8**

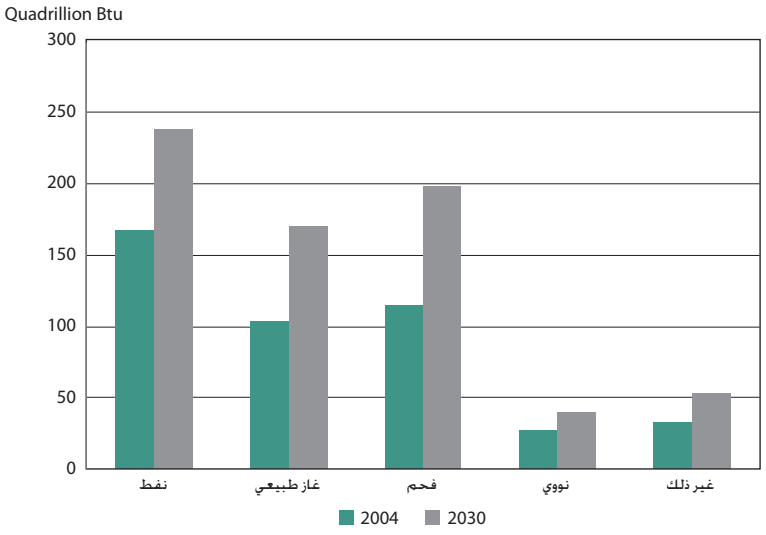
ملاحظة: لا يشمل الكتلة البيولوجية التقليدية
المصدر: EIA, 2007

الشكل 2
حصة مختلف أنواع الوقود في مجموع إمدادات الطاقة الأولية في العالم عام 2004 (%)



المصدر: IEA, 2007a

الشكل 3
مجموع استهلاك الطاقة التجارية في العالم بحسب مصادرها عام 2004، وإسقاطات عام 2030



ملاحظة: لا يشمل الكتلة البيولوجية التقليدية
المصدر: EIA, 2007

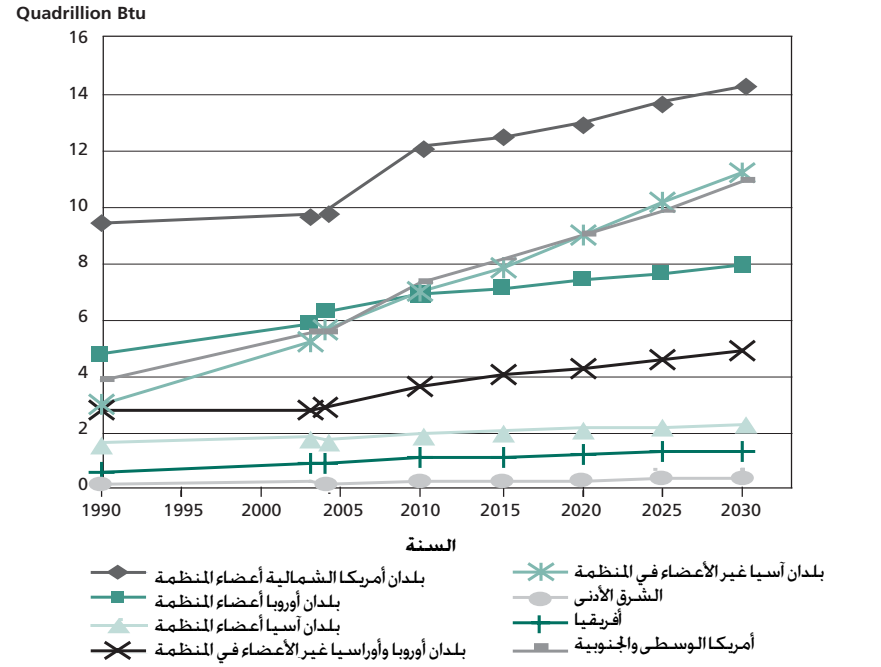
في الغاز والفحم وأن تصل الزيادات فيهما إلى 65 و74 في المائة على التوالي. والمتوقع أن يزداد استهلاك النفط بنسبة 42 في المائة في حين أن المصادر النووية والمتجددة، التي تنطلق من نقطة أقل بكثير، ستزداد بنسبة 44 و61 في المائة على التوالي. وستتحدد المساهمات النسبية التي تقدمها مختلف المصادر بحسب الاتجاه الذي تسير فيه السياسات وعلى ذلك ينبغي النظر إلى الإسقاطات على أنها أساساً نقطة بداية لمزيد من المناقشة.

الطاقة المتجددة

تتألف الطاقة المتجددة من طاقة أُنتجت أو اشتقت من مصادر يمكن – من ناحية المبدأ – أن تتجدد إلى ما لا نهاية مثل طاقة المياه والشمس والرياح، أو يمكن إنتاجها بطريقة مستدامة مثل الكتلة البيولوجية. ورغم سيادة الوقود الأحفوري المتوقعة سوف يتوسع استخدام الطاقة المتجددة. واستناداً إلى إسقاطات وضعتها إدارة معلومات الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية سيرتفع نصيب المتجددات (باستثناء الكتلة البيولوجية التقليدية) في السوق في السنوات المقبلة بمعدل سنوي نحو 1.9 في المائة. والمتوقع أن تحدث أكبر زيادات مطلقة في أمريكا الشمالية وفي بلدان آسيا النامية وفي أمريكا الوسطى والجنوبية كما جاء في الشكل 4. وستحدث أكبر زيادة سنوية في استهلاك المتجددات في الشرق الأدنى وفي بلدان آسيا النامية وفي أمريكا الوسطى والجنوبية (الجدول 2) وفي بلدان آسيا النامية يكون الاتجاه راجعاً إلى زيادة استهلاك الطاقة لا إلى التركيز على واحد من المتجددات كما في أمريكا الوسطى والجنوبية.

وفي معظم أقاليم العالم يتوقع أن تزيد حصة المتجددات التجارية في السنوات المقبلة (الشكل 5). وستكون أكبر حصة من استهلاك الطاقة المتجددة في أمريكا الوسطى والجنوبية حيث أصبحت المصادر الأخرى غير الوقود الأحفوري قادرة على المنافسة الاقتصادية بالفعل (الإطار 2). وهذه الأرقام لا تأخذ في حسبانها استراتيجية الطاقة طويلة الأجل التي يتبعها الاتحاد الأوروبي

الشكل 4
استهلاك الطاقة التجارية المتجددة في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وغيرها من البلدان، 1990-2030*



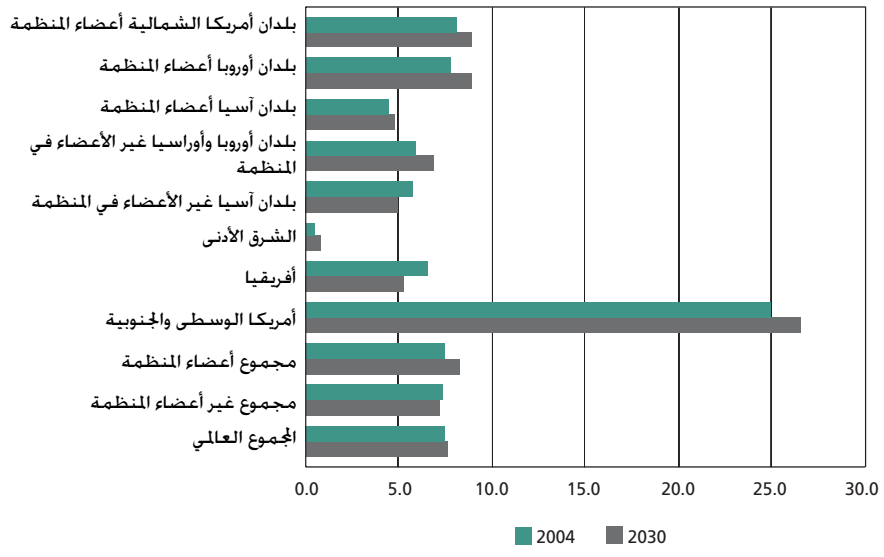
* إسقاطات بعد عام 2004
ملاحظة: لا يشمل الكتلة البيولوجية التقليدية
المصدر: EIA, 2007

الجدول 2
الاستهلاك العالمي من الكهرباء المائية وغيرها من مصادر الطاقة التجارية المتجددة، بحسب الأقاليم، 1990-2030 (Quadrillion Btu)

الإقليم	1990	2004	2010	2020	2030	النمو السنوي ٪ 2004–2030
بلدان أمريكا الشمالية الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	9.5	9.9	12.2	13.1	14.4	1.5
بلدان أوروبا الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	4.8	6.3	6.9	7.5	8.0	0.9
بلدان آسيا الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	1.2
بلدان أوروبا وأوراسيا غير أعضاء منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	2.8	2.9	3.6	4.3	4.9	2.0
بلدان آسيا غير أعضاء منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	3.0	5.7	7.0	9.1	11.3	2.7
الشرق الأدنى	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	4.3
أفريقيا	0.6	0.9	1.2	1.2	1.3	1.4
أمريكا الوسطى والجنوبية	3.9	5.6	7.4	9.1	11.0	2.6
مجموع بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	**15.9**	**17.9**	**21.1**	**22.7**	**28.8**	**1.2**
مجموع البلدان غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية	**10.3**	**15.3**	**19.3**	**23.9**	**28.8**	**2.5**
مجموع العالم	**26.2**	**33.2**	**40.4**	**46.5**	**53.5**	**2.5**

المصدر: EIA, 2007.
البيانات لا تشمل الطاقة البيولوجية التقليدية

الشكل 5
النسبة المئوية للطاقة التجارية المتجددة من مجموع استهلاك الطاقة في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وغيرها من البلدان، 2004 وإسقاطات 2030



ملاحظة: لا يشمل الكتلة البيولوجية التقليدية
المصدر: EIA, 2007

الإطار 2

الوقود البيولوجي في قطاع النقل في البرازيل

على مستوى العالم لا تُستمد إلا نسبة 1 في المائة تقريباً من استهلاك وقود النقل العالمي من الوقود البيولوجي السائل. ولكن البرازيل هي استثناء واضح من هذا المتوسط ففي أزمة النفط العالمية الأولى عام 1975 بدأت البرازيل برنامجاً وطنياً أدى إلى إنتاج الإيثانول على نطاق واسع من إمدادات السكر المحلية. وهناك أكثر من 90 في المائة من جميع السيارات التي تُنتج وتُباع في البرازيل مزودة بمحرك يمكن أن يسير بالإيثانول أو النفط أو بمزيج منهما. وقد بدأت البرازيل من وقت قريب حملة عالمية لترويج الوقود البيولوجي باعتباره بديلاً سليماً يُستخدم في النقل بدلاً من الوقود الأحفوري.

والوقود البيولوجي المستخرج من قصب السكر في البرازيل يتفوق على الكازولين في التنافسية عندما تكون أسعار النفط أكثر من 35 دولاراً أمريكياً للبرميل. وأما الإيثانول المستخرج من الذرة في الولايات المتحدة فيكون تنافسياً إذا كان سعر برميل النفط 55 دولاراً. وأما في الاتحاد الأوروبي فيجب أن تكون أسعار النفط 75 دولاراً إلى 100 دولار للبرميل حتى يستطيع التنافس (Worldwatch Institute, 2007).

ويرجع نجاح الوقود البيولوجي في البرازيل بدرجة كبيرة إلى ارتفاع إنتاجية قصب السكر وإلى سهولة تحويله بكفاءة إلى إيثانول. ويُضاف نحو 000 190 هكتار من مزارع السكر كل عام إلى الموجود منها بالفعل. وأكثرها في الجزء الجنوبي من البرازيل (FAO, 2007c). **والمتوقع أن تظل البرازيل أكبر مصدر للوقود البيولوجي في العالم بأكمله.** (Global Insight, 2007).

منذ وقت قريب والتي تقترح أن يرتفع استهلاك الاتحاد من المتجددات بحلول عام 2020 إلى نسبة 20 في المائة من مجموع الطاقة المستخدمة؛ وسترتفع حصة الوقود البيولوجي المستخدم في النقل إلى 10 في المائة؛ كما ستنخفض انبعاثات غاز الدفيئة في الاتحاد الأوروبي بنسبة 20 في المائة تحت مستويات عام 1990 (European Union, 2007).

وسيكون ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري والسياسات والبرامج الحكومية التي تدعم تنمية الطاقة البديلة من العوامل التي تُساعد على تنافسية المتجددات. ولكن رغم الجهود الوطنية والدولية لا تدل التنبؤات على حدوث زيادة كبيرة في المتجددات في العالم بأكمله. وكل ما هو متوقع أن يحدث توسع بسيط من نسبة 7.4 إلى 7.6 في المائة (EIA, 2007).

ويتبين من World Alternative Policy Scenario الذي جاء في World Energy Outlook 2006 (IEA, 2006) أن سوق الطاقة العالمية قد يتطور إذا اتخذت مختلف بلدان العالم السياسات والتدابير التي هي موضع نظر الآن من أجل تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتحسين أمن إمدادات الطاقة (الجدول 3). وفي هذا السيناريو ستظل المتجددات في استهلاك الطاقة العالمي بدون تغيير تقريباً في حين أن نسبة الكتلة البيولوجية التقليدية ستنخفض. وسيرتفع إنتاج الطاقة من الموارد المائية ولكن حصتها ستظل ثابتة في حين أن حصة الموارد المتجددة الأخرى (بما في ذلك الموارد من حرارة الأرض والشمس ومن الرياح، سترتفع بأكبر سرعة ولكن ابتداءً من نقطة منخفضة جداً بحيث إنها ستظل أصغر مكونات الطاقة المتجددة عام 2030.

وعند إدخال الطاقة البيولوجية التقليدية في الحساب سيظل الطهي والتدفئة هما أكبر استخدامين للمتجددات في الخمسة وعشرين عاماً المقبلة. ولكن المتوقع أن يكون قطاع الطاقة هو الذي يقود

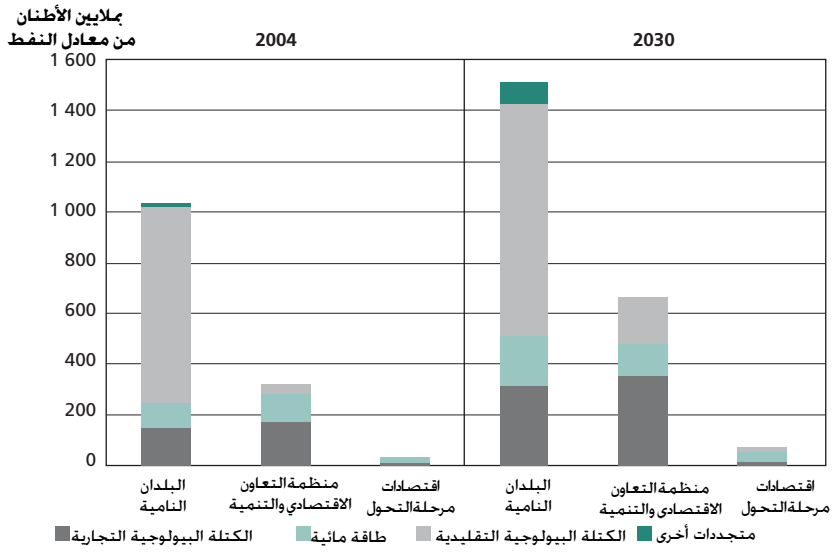
الزيادة العالمية في استهلاك المتجددات (IEA, 2004). وهذا القطاع كان يمثل ربع استهلاك المتجددات في العالم عام 2002 ولكن المتوقع أن ترتفع حصته إلى 38 في المائة عام 2030. وأما قطاع النقل فإن الوقود الذي يستخدمه من متجددات يقل عن نسبة 1 في المائة وتفيد الإسقاطات بأن هذه الحصة سترتفع إلى 3 في المائة في الخمسة وعشرين عاماً المقبلة. وسيكون التأثير الشامل لهذه التغيرات في الاستهلاك العالمي من الطاقة تأثيراً صغيراً نسبياً وإن كان تأثيره في إزالة الغابات والأمن الغذائي ربما يكون كبيراً.

الجدول 3
الزيادة في مصادر الطاقة المتجددة في العالم

مصادر الطاقة	2004	2030	الزيادة التقريبية (عدد المرات)
توليد الكهرباء (TWh)	**3 179**	**7 775**	**2<**
الطاقة المائية	2 810	4 903	2>
الكتلة البيولوجية	227	983	4<
الرياح	82	1 440	18
الطاقة الشمسية	4	238	60
الحرارة الأرضية	56	185	3<
المد والجزر والأمواج	1>	25	46
الوقود البيولوجي (Mtoe)	15	147	10
الصناعة والبناء (Mtoe)	**272**	**539**	**2**
الطاقة البيولوجية التجارية	261	450	2>
الحرارة الشمسية	6.6	64	10
الحرارة الأرضية	4.4	25	6

ملاحظة: TWh = Terrawatt hour; Mtoe = Million tonnes of oil equivalent
المصدر: IEA, 2006; OECD/IEA 2006 cited in IEA, 2007a

الشكل 6
استهلاك الطاقة المتجددة في العالم بحسب الأقاليم 2002 وإسقاطات 2030



المصدر: EIA, 2004

والطاقة المتجددة، بما فيها الكتلة البيولوجية التقليدية، تحتل في مجموع إمدادات الطاقة في البلدان النامية حصة أكبر مما هي عليه في البلدان المتقدمة. فنحو ثلاثة أرباع المتجددات تُستهلك في البلدان النامية وتستمد من الكتلة البيولوجية التقليدية ومن طاقة المياه. ولا تمثل البلدان الصناعية إلا 23 في المائة من مجموع استهلاك المتجددات في العالم بأكمله، وأما اقتصادات مرحلة التحول فلا تمثل إلا 3 في المائة (الشكل 6).

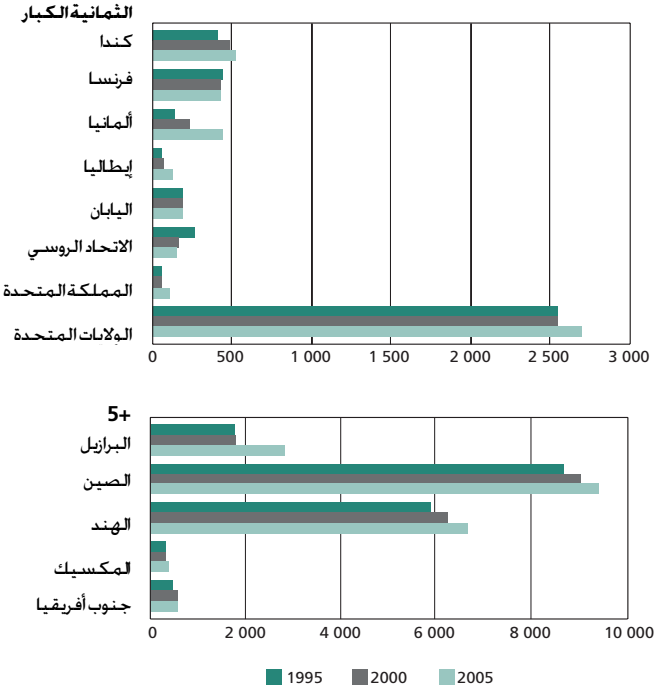
وأكبر إقليمين يستخدمان الطاقة المتجددة هما أفريقيا وأمريكا اللاتينية. ففي أفريقيا يرجع ذلك بدرجة كبيرة إلى استهلاك حطب الوقود من أجل التدفئة والطهي. وأما في أمريكا اللاتينية فيرجع ذلك إلى كثرة استخدام الموارد المتجددة في البرازيل حيث تكون نسبة 45 في المائة من جميع الطاقة المستهلكة مستمدة من الموارد المتجددة –الطاقة المائية، الأخشاب، إيثانول قصب السكر.

ويتزايد استخدام الوقود البيولوجي في معظم البلدان الثمانية الكبرى +5 بلدان، فهي تستهلك أكبر كميات من الطاقة في العالم باستثناء واضح هو الاتحاد الروسي الذي يتزايد فيه توافر الوقود الأحفوري. وبالأرقام المطلقة، تستهلك الولايات المتحدة والصين والهند أكبر كميات من الوقود البيولوجي (الشكل 7).

ويبين الشكل 8 بوضوح تأثير السياسات الحكومية عند مقارنة استخدام الطاقة البيولوجية كنسبة من مجموع استهلاك الطاقة في البلدان الثمانية الكبرى +5 بلدان بين عامي 1995 و 2005.

الشكل 7

مجموع إمدادات الطاقة الأولية من الوقود البيولوجي للثمانية الكبار+ 5 بلدان (PJ)



ملاحظة: PJ- Peta Joule = 10^{15} joules

المصدر: EIA, 2007b

الشكل 8
النسبة المئوية لإمدادات الطاقة الأولية من الطاقة البيولوجية

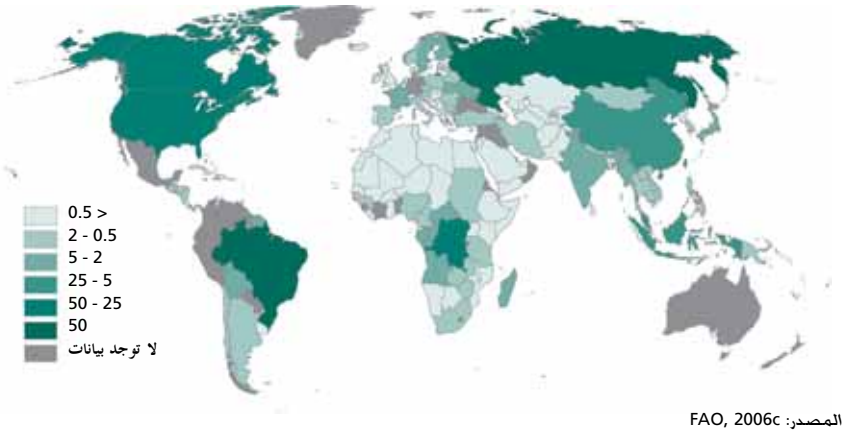
المصدر: IEA, 2007b

فقد زادت الطاقة البيولوجية كنسبة مئوية من مجموع استخدامات الطاقة بين عامي 2000 و 2005 في كل من ألمانيا وإيطاليا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة والبرازيل، وكلها بلدان كانت تقدم حوافز اقتصادية لاستهلاك الطاقة البيولوجية. والهند حيث إن معدلات النمو الاقتصادي فاقت تأثيرات ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري.

الطاقة المستمدة من الأخشاب

تتوزع إمدادات الأخشاب، وإمكانياتها كوقود بيولوجي يحل محل النفط في المستقبل، توزعاً غير متساوٍ في العالم بأكمله (الشكل 9). فقد بلغ الإنتاج العالمي من الأخشاب المستديرة الصناعية نحو 1.7 مليار متر مكعب في عام 2005 بالمقارنة مع إنتاج حطب الوقود وهو نحو 1.8 مليار متر مكعب (FAO, 2007c). وأنتجت نسبة 65 في المائة تقريباً من الإنتاج العالمي من هذه الأخشاب في البلدان الصناعية، التي لم تُنتج إلا نحو 13 في المائة من حطب الوقود. وأكبر البلدان التي تنتج حطب الوقود هي الهند (306 مليون متر مكعب)، الصين (191 مليون متر مكعب)، والبرازيل (138 مليون متر مكعب). وليس لإنتاج حطب الوقود أهمية إلا في قليل من البلدان الصناعية ومنها الولايات المتحدة والمكسيك وفنلندا والسويد والنمسا، وبلدان أخرى. ولكن هناك مشكلات في توافر البيانات، وقد كشفت مسوحات استخدام حطب الوقود بواسطة الأسر عن وجود استهلاك كبير في عدد آخر من البلدان الصناعية (Steierer *et al.*, 2007).

الشكل 9
مجموع مخزونات النمو (مليار م^3)



المصدر: FAO, 2006c

ومعظم حطب الوقود يُنتج ويُستهلك محلياً. ولما كان استخدامه يجري أساساً في منازل الأسرة، وتجارته تجري عادة بشكل غير منظم يصعب جمع بيانات سليمة على المستوى القطري. وهناك تحفظات كثيرة أخرى على دقة إحصاءات حطب الوقود ومدى توافرها (الإطار 3).

وعبر عصور التاريخ كان الحطب أهم مصدر للطاقة البيولوجية. فقد استُخدم في الطهي والتدفئة منذ اكتشاف النار. وهو يستخدم في البلدان النامية أيضاً في تطبيقات تجارية مثل تجفيف الأسماك وفي معالجة التبغ وفي حرق الطوب الني. وأما في البلدان المتقدمة فهو يستخدم أساساً لتوليد الطاقة في الصناعات الحرجية.

وفي السنوات الأخيرة اجتذبت الطاقة الخشبية الاهتمام باعتبارها بديلاً صديقاً للبيئة يُغني عن الطاقة الأحفورية، وتوجهت استثمارات لتحسين الكفاءة في إنتاج توليد الحرارة والطاقة، وخصوصاً في التطبيقات الصناعية. كما أن تغيرات سياسات الطاقة في بعض أجزاء العالم ساعدت على تطوير نُظم للطاقة المعتمدة على الأخشاب. وتساعد التكنولوجيات الحديثة على تحسين الجدوى الاقتصادية لتوليد الطاقة من الأخشاب، وخصوصاً في البلدان التي لديها غابات كثيفة ولديها صناعات راسخة لتجهيز الأخشاب.

وبالأرقام المطلقة من ناحية الحجم يظهر أن أكبر البلدان أعضاء منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية التي تستخدم الخشب لإنتاج الطاقة البيولوجية الصناعية هي الولايات المتحدة وكندا والسويد وفنلندا. ومعظم الكتلة البيولوجية الحرجية المستخدمة لإنتاج الطاقة في هذه البلدان تُسترجع من مصادر غير مباشرة تشمل السائل الأسود في عمليات إنتاج لب الورق وغير ذلك من بقايا الأخشاب (Steierer *et al.*, 2007). وكانت التطبيقات الصناعية تستأثر بأكثر من 50 في المائة بقليل من مجموع استخدام الطاقة البيولوجية في كل واحدة من تلك البلدان.

وحطب الوقود هو الشكل السائد لإنتاج الطاقة من الأخشاب في المناطق الريفية في معظم البلدان النامية، وإن كان الفحم النباتي يظل مصدراً كبيراً للطاقة في كثير من منازل المناطق الحضرية في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية. وتمثل البلدان النامية نحو 90 في المائة من مجموع استهلاك حطب الوقود في

الإطار 3

العوائق أمام الحصول على معلومات دقيقة عن الحطب

كان من الصعب دائماً الحصول على معلومات إحصائية عن استهلاك الحطب. والأسباب الرئيسية هي:

- **لابد من عمل مسوحات كثيفة لجمع معلومات دقيقة لأن إنتاج الحطب واستهلاكه يختلف اختلافاً كبيراً بين المواقع وبين مختلف أوقات السنة.**
- **يُجمع الحطب في الأكثر ليستخدمه الجامعون بأنفسهم دون أن يُباع في أماكن معروفة مثل الأسواق أو المحلات التجارية أو المصانع مما كان من شأنه أن يساهم في جمع المعلومات.**
- **نظراً لانخفاض أسعار الحطب في معظم البلدان فإن هذا القطاع ليست له أهمية اقتصادية كبيرة ولهذا لا تتجه الاستثمارات إلى جمع إحصاءات قليلة القيمة.**
- **ليس لدى كثير من البلدان الموارد المالية والبشرية المطلوبة لجمع معلومات عن الحطب، وخصوصاً أن البلدان التي يزيد فيها استهلاكه هي في العادة من أفقر البلدان.**
- **التنسيق ضعيف بين المؤسسات التي لها اهتمام بهذا القطاع (مثل الوكالات الحكومية المختصة بالزراعة وبالغابات وبالطاقة وبالتنمية الريفية) وربما لا يكون جمع المعلومات ذا منفعة كبيرة لأي جهة بمفردها.**
- **يُركّز كثير من وكالات الغابات الحكومية جهوده على إنتاج الأخشاب التجارية مع إهمال المنتجات الحرجية التي لا تدخل التجارة.**
- **تُعاني المعلومات عن حطب الوقود من عدم وجود تعاريف واضحة، ولا الاتفاق على القياسات وعوامل التحويل مما يخلق صعوبات في المقارنة بين الإحصاءات عبر الأقاليم وعبر المراحل الزمنية.**
- **نظراً لانتشار عمليات القطع غير الشرعية فإن الإنتاج المعلن عنه قد يكون أقل من الحقيقي ولهذا قد تكون تقديرات البقايا الخشبية المتاحة لاستخدامها في إنتاج الطاقة أقل من الحقيقة.**

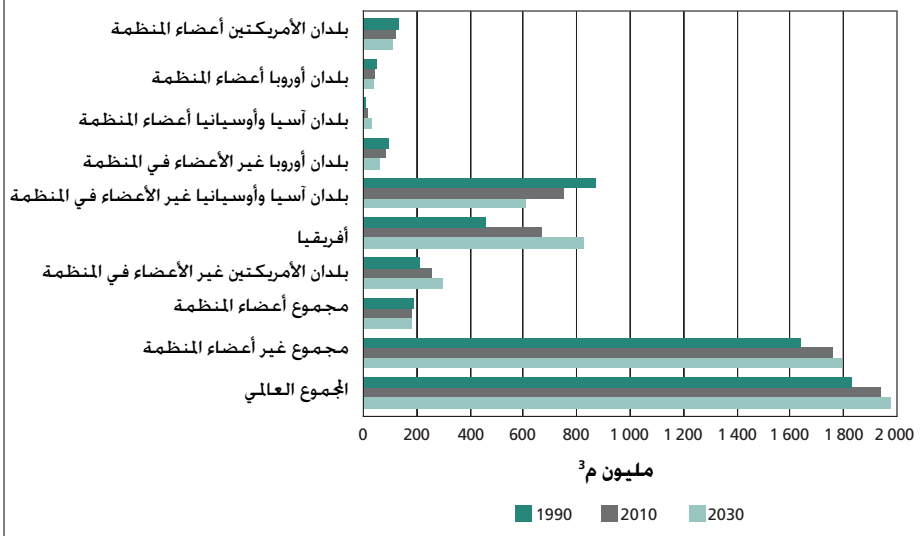
المصدر: Broadhead, Bahdon and Whiteman, 2001

العالم (الحطب والفحم النباتي)، ولا تزال الأخشاب هي المصدر الرئيسي للحصول على الطاقة من أجل الطهي والتدفئة في البلدان النامية (Broadhead, Bahdon and Whiteman, 2001). وفي الخمسة عشر عاماً الماضية ظل استهلاك الحطب في العالم مستقراً نسبياً بين 1.8 و1.9 مليار متر مكعب.

ويبين الشكل 10 استهلاك الحطب في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وفي البلدان الأخرى بين عامي 1990 و2003. ويتبين من الاتجاه العالمي تزايد استخدام الحطب، ويرجع ذلك بدرجة كبيرة إلى زيادة استهلاكه في أفريقيا. وأما البلدان التي ليست من بلدان المنظمة المذكورة في آسيا وأوسيانيا فيظهر فيها على العكس من ذلك اتجاه هبوطي نظراً للزيادة السريعة في الدخل وتوسع المدن. والمتوقع أن يكون الاستهلاك الجديد في بلدان أوروبا الأعضاء في المنظمة أكبر مما هو واضح في الشكلين 10 و11 وذلك بسبب الخطط الحديثة لدى الاتحاد الأوروبي لرفع حصة المتجددات في مجموع استخدام الطاقة إلى 20 في المائة عام 2020 (European Union, 2007).

وقد تبين أيضاً من عمليات المسح الأخيرة أن استهلاك الحطب زاد بقدر كبير عن التقديرات السابقة في عدد من البلدان الصناعية (Steierer *et al.*, 2007) ولهذا ربما تكون الأرقام الخاصة بمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية أقل من الحقيقة.

الشكل 10
استهلاك الوقود الخشبي في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وغيرها 1990، وإسقاطات 2010 و 2030



المصدر: Broadhead, Bahdon and Whiteman, 2001

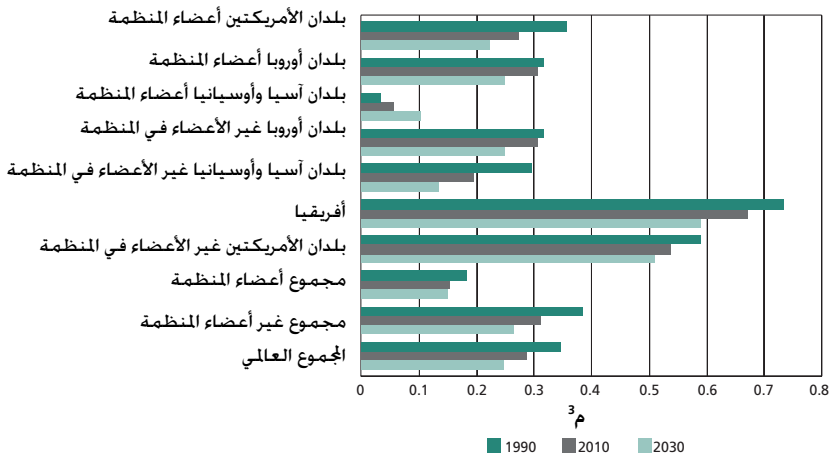
ويتبين من الاستهلاك الفردي للحطب (الشكل 11) أن مجموع الاستهلاك يسير في اتجاهات مختلفة، ففي جميع أقاليم العالم، باستثناء بلدان آسيا وأوسيانيا الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، يتناقص الاستهلاك الفردي مع تزايد الدخل، وتوسع المدن، وقلة توافر الموارد الخشبية، وزيادة توافر مصادر بديلة للطاقة أفضل من حطب الوقود. ورغم هذا الاتجاه فإن مجموع استهلاك الحطب يتزايد في البلدان الأفريقية وفي البلدان الأمريكية غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بسبب النمو السكاني.

وتفيد تقديرات استخدام الأخشاب في أفريقيا أن الأكثرية العظمى من إزالة الأخشاب تكون لإنتاج الحطب وأن الكميات المستهلكة في تطبيقات صناعية ليست لها أهمية في أي مكان باستثناء أفريقيا الجنوبية (الشكل 12). ويتزايد استخدام الحطب في جميع الأقاليم الأفريقية، وإن كان معدل الزيادة يتناقص.

وتفيد البيانات التي جمعتا الوكالة الدولية للطاقة (IEA, 2006) أن عدد الناس الذين يستخدمون مصادر الكتلة البيولوجية كوقود أول للطهي سيتزايد (الجدول 4). والمتوقع أن تحدث زيادات كبيرة في أفريقيا وآسيا غير الصين. وبصفة عامة، وفي حالة عدم وجود سياسات جديدة، فإن عدد الأشخاص الذين يعتمدون على الكتلة البيولوجية سيزيد من 2.5 إلى 2.7 مليار عام 2030.

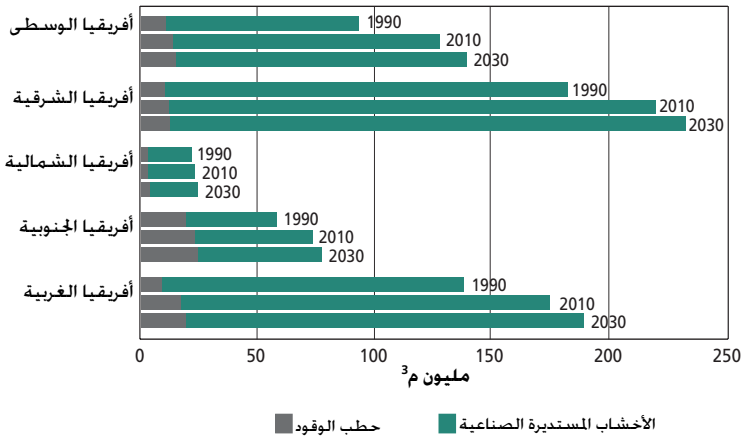
وبسبب صعوبات جمع معلومات دقيقة عن استهلاك الحطب لا بد من الحذر عند تفسير البيانات. فمثلاً كانت الزيادات الأخيرة في أسعار الطاقة في العالم سبباً في تقليل انتقال مستخدمي الحطب إلى وقود أنظف وأكفأ في عمليات الطهي والتدفئة (IEA, 2006).

الشكل 11
الاستهلاك الفردي من الوقود الخشبي في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وغيرها من البلدان 1990، وإسقاطات 2010 و 2030



المصدر: Broadhead, Bahdon and Whiteman, 2001

الشكل 12
كميات الأخشاب المستخرجة في أفريقيا



المصدر: FAO, 2007b

خيارات الطاقة في المستقبل - القضايا الرئيسية

ستعتمد خيارات الطاقة في المستقبل على عدد كبير من العوامل. وتختلف أهمية مصادر الطاقة بحسب الأهداف الرئيسية التي تسعى إليها سياسة الطاقة. فتغيير انبعاثات الكربون يكون مهماً لأهداف تغير المناخ في حين أن مواقع الإمدادات تكون مهمة عند الاعتماد على الطاقة المستوردة من الخارج. وهناك أيضاً أهمية لأسعار الوقود الأحفوري في المستقبل ومدى الجهود التي ستُبذل

الجدول 4
عدد الأشخاص الذين يستخدمون الطاقة البيولوجية التقليدية (بالملايين)

الإقليم/البلد	2004	2015	2030
أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى	575	627	720
شمال أفريقيا	4	5	5
الهند	740	777	782
الصين	480	453	394
إندونيسيا	156	171	180
بقية آسيا	489	521	561
البرازيل	23	26	27
بقية أمريكا اللاتينية	60	60	58
المجموع	**2 528**	**2 640**	**2 727**

المصدر: IEA, 2006

للحصول على بدائل. والوزن الترجيحي لكل واحد من هذه العوامل، ومدى التنافس بين مختلف أهداف السياسات، هما العاملان اللذان سيُحددان بدرجة كبيرة استهلاك الطاقة في المستقبل.

أسعار النفط

في اوائل مايو/أيار 2008 كان النفط يُباع بمبلغ 126 دولارا للبرميل بسبب زيادة سريعة رفعت الأسعار من أقل من 20 دولاراً عام 1999 إلى هذا المستوى (الشكل 13). وتفيد إسقاطات الوكالة الدولية للطاقة أن الأسعار ستنخفض إلى نحو 60 دولاراً (بدولارات عام 2006) عام 2015 ثم ترتفع ببطء وتصل إلى 62 دولاراً (أي 108 دولارات بالأسعار الاسمية) عام 2030. وهناك شك في أن تستطيع قدرات الإنتاج الجديدة أن تعوّض عن تدهور الإنتاج من الحقول الموجودة وأن تتماشى مع الزيادة في الطلب، مما قد يعني زيادة في أسعار النفط قبل عام 2015 (IEA, 2007a).

ومن المحتمل أن تكون لأسعار النفط وسائر الوقود الأحفوري تأثيرات كبيرة في اللجوء إلى البدائل الأخرى، فإذا كانت هذه الأسعار ستنخفض فلن يلجأ واضعو السياسات إلى البدائل، وإن كان من المحتمل في البلدان النامية بوجه خاص أن يؤدي ارتفاع أسعار النفط، إلى تعطيل النمو الاقتصادي، وعدم الاستثمار في البدائل المتجددة.

وفي هذا الخصوص تكون الاقتصادات النامية حساسة بوجه خاص لتقلبات العرض والطلب العالمي من الطاقة. وتقدر الوكالة الدولية للطاقة أن زيادة 10 دولارات أمريكية في سعر النفط يمكن أن تقلل نمو إجمالي الناتج المحلي بمتوسط 0.8 في المائة في آسيا بل وحتى 1.6 في المائة في بلدان الأقاليم الفقيرة المثقلة بالديون. بل يمكن أن تكون الخسارة في نمو هذا الناتج أكبر من ذلك في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى بحيث تصل في بعض البلدان إلى 3 في المائة (IEA, 2004). وستكون تأثيرات أسعار النفط على تنمية المتجددات وعلى التوزيع العالمي للاستهلاك أمراً معقداً، وسيكون لقضايا مثل التجارة ونقل التكنولوجيا أهمية كبيرة.

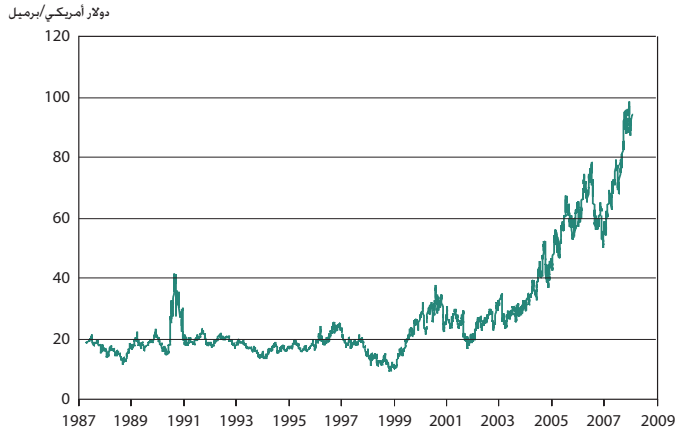
انبعاثات غاز الدفيئة

أكثر هذه الانبعاثات يأتي من إنتاج الطاقة على نطاق العالم (الشكل 14). وأما المصادر الأخرى لهذه الانبعاثات، بما في ذلك تغيرات استخدامات الأراضي والغابات والزراعة، فهي مسؤولة عن ثلث الانبعاثات. ولكن استخدام الوقود الأحفوري له أكبر تأثير بشري على المناخ، إذ المقدر أنه

مسؤول عن 56.6 في المائـــــة مـــــن انبعاثات غاز الدفيئة (IPCC, 2007). وقد أصبح قطاع النقل، رغم أنه غير مسؤول إلا عن نحو ثُمن الانبعاثات، موضع تركيز كبير في المناقشة في الطاقة البيولوجية بسبب كثافة انبعاث الكربون من وسائط النقل وبسبب ارتفاع أسعار النفط في نظر الجمهور وبسبب الاعتماد على البلدان المنتجة له.

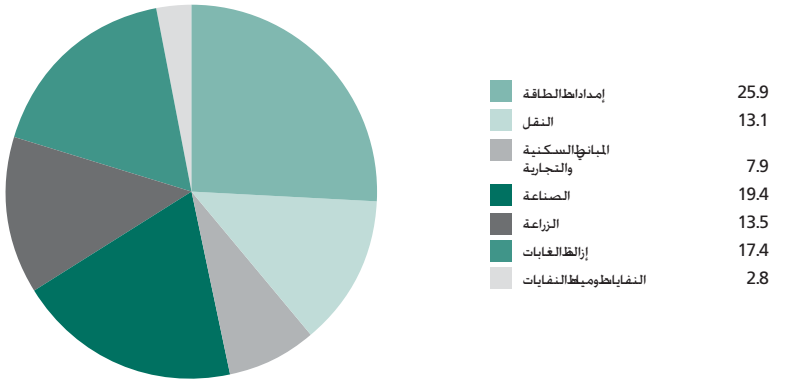
ورغم التركيز على النفط والنقل في السنوات الأخيرة لا يمكن التغاطي عن أهمية الفحم في الطاقة في المستقبل وعن دوره في تغير المناخ، وخصوصاً عند تغويز الفحم على نطاق واسع في إنتاج أنواع وقود النقل (Perley, 2008). فالفحم هو أكثر أنواع الوقود الأحفوري تلويثاً، ومع ذلك تتزايد أهميته – وخصوصاً في آسيا حيث من المتوقع أن تحدث أكبر زيادة في الطلب على الطاقة.

الشكل 13
أسعار نفط برنت في أوروبا (فوب)، 1987-2008



المصدر: EIA, 2008

الشكل 14
انبعاثات غاز الدفيئة عام 2000 بحسب القطاعات (%)



المصدر: IPCC, 2007

ومن بين جميع أنوع الوقود الأحفوري يُعتبر الفحم أكبر مساهم في الغازات التي تغير المناخ، وقد تفوق على النفط عام 2003. وهو يقدم نسبة من مجموع الطاقة العالمية تماثل نسبة الغاز ولكنه يبعث ضعف ما يبعثه الغاز من ثاني أكسيد الكربون (IEA, 2006).

ولما كان عرض الفحم ليس مقيداً مثل عرض النفط فإن الزيادة في حصة الطاقة التي يقدمها الفحم تبدو زيادة لا مفر منها، مهما يكن التشريع البيئي. ومخزونات الفحم منتشرة انتشاراً أوسع من انتشار النفط والغاز. فتوجد مخزونات كبيرة من الفحم لتوليد الطاقة في أستراليا والصين وكولومبيا والهند وإندونيسيا والاتحاد الروسي وجنوب أفريقيا والولايات المتحدة. وتشير إسقاطات استخدام الفحم إلى أن أكبر الزيادات ستحدث في إقليم آسيا والمحيط الهادي. والمقدر أن الصين والهند سوياً ستستأثران بنحو ثلاثة أمثال الزيادة في الطلب على الفحم من البلدان النامية وبثلثي الزيادة في الطلب العالمي عليه (IEA, 2003).

وينبغي أن تؤخذ في الاعتبار الحصة الكبيرة من انبعاثات غاز الدفيئة الراجعة إلى إزالة الغابات، وهي حصة تبلغ 17.4 في السنة. ومن الضروري بذل جهود لضمان عدم ضياع الكربون الأرضي عند إنتاج الطاقة البيولوجية وإزالة الغابات إذا أريد بلوغ أهداف تخفيف تغير المناخ. وتوحي الأبحاث الأخيرة بأن إزالة الأراضي العشبية أو الغابات لإنتاج الوقود البيولوجي ربما تؤدي إلى خسارة في الكربون تتطلب قروناً لإعادتها Searchinger *et al.*, 2008; Fargione *et al.*, 2008.

الاعتماد على الطاقة

الاعتماد على استيراد الطاقة عامل آخر في تحديد مدى اللجوء إلى المتجددات وإلى الطاقة البيولوجية. ويبين الجدول 5 مدى الاعتماد على استيراد الوقود في مختلف أقاليم العالم وحصة الصادرات في مجموع تجارة البضائع. فجميع الأقاليم باستثناء الشرق الأدنى تستورد نسبة عالية، وكثير من الأقاليم يصدِّر أكثر مما يستورد، مما يعني إمكان حدوث بعض الإحلال. وواردات آسيا تجاوز بكثير صادراتها. وأما أوروبا وأمريكا الشمالية فتوجد فيهما اختلافات طفيفة بين الواردات والصادرات، وهو ما يرجع جزئياً إلى الاتجاه الأخير نحو تنشيط الوقود البيولوجي.

الجدول 5
حصة الوقود في مجموع تجارة البضائع في مختلف الأقاليم

الإقليم	النسبة المئوية من الصادرات	النسبة المئوية من الواردات
أمريكا الشمالية	7.1	11.7
أمريكا الجنوبية والوسطى	20.2	15.6
أوروبا	5	8.5
كومنولث الدول المستقلة	43.9	9.8
أفريقيا	51.9	10.2
الشرق الأدنى	73	4.3
آسيا	5.1	14.7
العالم	**11.1**	**11.1**

المصدر: WTO, 2004

3. إنتاج الطاقة البيولوجية

هناك عمليات كثيرة يمكن اللجوء إليها في إنتاج الطاقة البيولوجية، ابتداءً من حرق أعواد الشجر والفروع للطهي والتدفئة، إلى تغويز شظايا الخشب لإنتاج وقود يُستخدم في النقل. ويمكن المقارنة بين هذه النُظم من حيث كفاءة إنتاج الطاقة، وتكاليف إنشائها، وانبعاثات الكربون، وكثافة اليد العاملة أو أي مجموعة من التكاليف والمنافع. واختيار النظام الملائم يعتمد بدرجة كبيرة على الهياكل والأسواق القائمة أكثر مما يعتمد على تقييم عمليات الإنتاج بمفردها.

وفي الفترة الأخيرة دار نقاش كبير عن المنافع المفترضة في الطاقة البيولوجية من حيث انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ولكن يلاحظ أن الطاقة البيولوجية لا تكون متجددة ومستدامة إلا بتوافر عدة شروط (Perley, 2008). وللمحافظة على توازن ثاني أكسيد الكربون يجب ألا يكون حصد الكتلة البيولوجية أكبر من الزيادة الراجعة للنمو ويجب أن يؤخذ في الحسبان انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أثناء الإنتاج والنقل والتجهيز. كما ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار كفاءة تحويل المنتجات، وكذلك استخداماتها النهائية، من أجل تجنب فشل السياسات.

وتعتمد مدى ملاءمة نُظم إنتاج الطاقة البيولوجية من النواحي الاقتصادية والبيئية والاجتماعية اعتماداً كبيراً على الظروف الوطنية والمحلية. وعند تخطيط استراتيجية للطاقة البيولوجية يجب عمل تحليل لمختلف الخيارات وتأثيراتها الواسعة حتى يمكن التأكد من بلوغ أهداف السياسة الموضوعة.

الوقود الخشبي الجامد

إذا كان استخدام الأخشاب للطهي والتدفئة قديماً قدم البشرية فإن كفاءة هذا المصدر من مصادر الطاقة تختلف بحسب نُظم الإنتاج. فالحرائق في الهواء لا تحول إلا نحو 5 في المائة من الطاقة الكامنة في الأخشاب. أما الأفران التقليدية التي تستخدم الخشب فهي ترفع هذه الكفاءة إلى نحو 36 في المائة في حين أن النُظم التي تستخدم الفحم النباتي ترفعها إلى نحو 44 و80 في المائة بحسب تصميم الفرن وأسلوب إنتاج الفحم النباتي. وأما فرن الكريات الخشبية الحديث فهو يرفع الكفاءة إلى نحو 80 في المائة في الاستخدامات المترلية (Mabee and Roy, 2001; Karlsson and Gustavsson, 2003).

وهناك تكنولوجيات متعددة تستخدم أو يجري إعدادها لاستخدامها في إنتاج الطاقة البيولوجية على نطاق صناعي. ومن هذه النُظم والتكنولوجيات المراجل التي تسترجع الحرارة، والنُظم التي تجمع بين الحرارة والطاقة (CHP) من أجل إنتاج كل من الحرارة والطاقة الكهربائية، ونُظم التغويز المتقدمة لاستعادة الطاقة.

ومراجل التوربينات البخارية التي تعمل أساساً بالقلف يمكن أن تضاف إلى مناشر الأخشاب بدلاً من آلات الحرق ذات الخلايا أو غيرها من الأجهزة التي تتخلص من الفضلات. ويمكن توليد بخار من حرارة المراجل لاستخدامه في توليد الكهرباء بواسطة توربينات أو استخدامه في تلبية متطلبات عمليات أخرى. وتستخدم مراجل الاستعادة بطريقة مماثلة في مصانع اللب والورق من أجل إعادة تدوير السائل الأسود واستعادة كيميائيات معالجة اللب، ولإنتاج بخار لتحريك عملية

إنتاج اللب. وفي العادة تكون كفاءة المراجل التي تحرك التربينات البخارية نحو 40 فـــــي المائة (Karlsson and Gustavsson, 2003). وبسبب انخفاض أسعار الوقود الأحفوري في الماضي لم تكن هناك حوافز كافية لتركيب طاقة لتوليد الكهرباء في مناشر الأخشاب.

وفي مرافق إنتاج الحرارة والطاقة المشتركة (CHP) يُستخدم البخار الناتج لتزويد عمليات صناعية أخرى أو لدعم شبكات تسخين محلية في المرافق السكنية أو في المؤسسات والصناعات. واستعادة الحرارة والطاقة من هذه العملية يمكن أن يرفع الكفاءة بدرجة كبيرة. وعند استخدام أحدث التكنولوجيات وإدخال نظام استعادة الغاز وتدويره يمكن أن تصل الكفاءة إلى ما بين 70 و80 في المائة (Karlsson and Gustavsson, 2003).

وتكون كفاءة الكربون في نُظم CHP التي تستخدم الأخشاب كفاءة عالية بصفة عامة بالمقارنة مع مصادر الطاقة غير المتجددة ومع معظم أنواع الوقود الأحفوري الأخرى. وقد وجد Jungmeier (2006) و Spitzer أن إنتاج الحرارة من مصنع مشترك للطاقة بالطريقة الدائرية يعمل بشظايا خشبية لا ينتج إلا 60 غرام من مواد ثاني أكسيد الكربون مقابل كل كيلوات من الطاقة ينتجه المصنع. وأما المصنع المماثل الذي يستخدم الغاز الطبيعي فهو ينتج نحو 427 غراماً.

وقد تبين أن التكنولوجيات الجديدة التي تستخدم التغويز أكفأ بكثير في استعادة الطاقة وتوليد الكهرباء من الاحتراق التقليدي في مراجل إنتاج الطاقة. وفي وسع الدورة المشتركة المتكاملة للتغويز أن ترفع الكفاءة إلى نحو 47 في المائة بل أن ترفعها نظرياً إلى 70 أو 80 في المائة باستخدام النُظم المشتركة. ولكن لا تزال هناك عقبات تقنية كبيرة يجب التغلب عليها.

وقد اقتُرح اتباع تكنولوجيا التغويز لتوفير الطاقة على نطاق صغير في القرى وفي الصناعات الصغيرة. وتعتبر المصانع الصغيرة مناسبة تكنولوجيا لأنها أرخص، ولسهولة الحصول على قطع الغيار، ولإمكان إجراء التصليحات في الموقع (Knoef, 2000). وفي كمبوديا وجد Abe *et al.* (2007) أن تغويز الكتلة الحيوية يوفر طاقة أرخص من مولدات الديزل ولكن توجد دائماً عقبات في التأكد من توافر العرض وفي التغلب على عوائق نمو الأخشاب. كما تبين أن ربحية المصانع صغيرة النطاق التي أُنشئت كشركات تجارية كانت ربحية هامشية وتعتمد اعتماداً كبيراً على أسعار الطاقة وعلى تكاليف المدخلات من الكتلة البيولوجية (Knoef, 2000). وقد وصل Wu *et al.* (2002) إلى استنتاجات مماثلة من العمل الذي أجري في الصين والذي يدل على أن المصانع متوسطة الحجم قد تكون أمثل إذا كانت الاعتبارات المالية هي التي لها الأهمية.

وقد أصبحت أفران الكريات الخشبية، التي تستخدم أحدث التكنولوجيا في صون الطاقة واستعادتها، خياراً تكنولوجياً جذاباً. ويأتي إنتاج الكريات الخشبية من البقايا الخشبية (مثل نشارة الأخشاب والقشور) لا من جذوع بأكملها وعلى ذلك تُعتبر جزءا متكاملاً من تصنيع المنتجات الحرجية. فيجب تجفيف الخامات ثم تجزئتها بالآلات إلى الحجم المطلوب وتجميعها في كريات تحت الضغط. وتُعتبر الأفران صغيرة النطاق الحديثة التي تستخدم هذه الكريات أكفأ وسيلة لإنتاج الطاقة البيولوجية على نطاق صغير.

الوقود البيولوجي السائل

أي أنواع الوقود السائل والغازي المستخرج من الكتلة الحيوية. وتشتق أنواع الوقود من «الجيل الأول» من المحاصيل الحقلية ومن بينها السكر والإيثانول البيولوجي المستخرج من النشا

والديزل البيولوجي المستخرج من البذور الزيتية. وأما الأنواع «من الجيل الثاني» فهي تستخرج من محاصيل زراعية غير غذائية ومن منتجات حرجية، وتستفيد من العناصر الخشبية في المادة النباتية.

ومن زمن قريب، وبسبب ارتفاع أسعار النفط، زاد الاهتمام بهذه الأنواع من الوقود البيولوجي السائل. ونظراً لانخفاض أسعار هذه الأنواع وتقدم عملية إنتاجها أصبحت هذه الأنواع المستمدة من المحاصيل الزراعية تحظى بأكبر اهتمام. والمتوقع في الأجل المتوسط أن يؤدي التقدم التكنولوجي إلى زيادة تنافسية أنواع الجيل الثاني. وفي الوقت الحاضر ينظر كثير من الحكومات إلى الوقود البيولوجي على أنه وسيلة لتقليل الاعتماد على النفط المستورد وتقليل انبعاثات غاز الدفيئة. فمثلاً تشمل مبادرة وزارة الطاقة في الولايات المتحدة المسماة Biofuels Initiative goals جعل تكاليف الإيثانول المستخرج من مادة سيلولوزية تكاليف تنافسية مع الكازولين عام 2012، والاستعاضة عن 30 في المائة من استهلاك الكازولين الحالي بوقود بيولوجي عام 2030 (UNECE/FAO, 2007).

الوقود البيولوجي السائل من الجيل الأول

تصنع هذه الأنواع من مجموعة من المحاصيل تكون نوعية في موقعها الجغرافي. ففي المناطق المعتدلة يُستخدم اللفت والذرة وغيرها من الحبوب كمادة أولية لإنتاج الوقود البيولوجي، وأما في الأقاليم الاستوائية فيستخدم قصب السكر وزيت النخيل وكذلك الصويا والكسافا بدرجة أقل. وقصب السكر ليس محصولاً منتشراً في بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية إلا في أستراليا والولايات المتحدة. وأما الشمندر السكري فهو ينمو في كثير من بلدان تلك المنظمة، والإنتاج مخصص أساساً للأغذية ولكن يتغير ذلك في المستقبل.

وقد تقدمت تكنولوجيا إنتاج الإيثانول من السكر والنشا في السنوات الأخيرة. وحققت البرازيل والولايات المتحدة تقدماً ظاهراً في هذه التكنولوجيا إذ ركزت البرازيل على تحويل السكر والولايات المتحدة على تحليل النشا بالماء وتخميره. ولدى عدد من بلدان آسيا والمحيط الهادي نُظم متقدمة لإنتاج قصب السكر،وخصوصاً الفلبين والهند وباكستان وتايلند، وهي نُظم آخذة في التوسع. ومن مزايا استخدام قصب السكر أن القش، وهو المادة الخشبية في أعواد القصب، يمكن استخدامه في توليد طاقة لإنتاج الإيثانول البيولوجي وبذلك ترتفع الكفاءة الشاملة في الكربون والطاقة.

وينتشر إنتاج محاصيل البذور الزيتية في العالم كله أكثر من انتشار قصب السكر. وتستخدم هذه البذور في إنتاج ديزل بيولوجي بعملية تسمى توزيع الجزيئيات التبادلي. ولكن إنتاج محاصيل بذور زيتية يتطلب تربة جيدة وظروف نمو مثالية. ومعنى هذا ضيق فرص زيادة الإنتاج مما قد يؤدي إلى تحويل أراضي الغابات الصالحة للزراعة إلى إنتاج البذور الزيتية.

وكانت أوروبا هي المسيطرة على صناعة الديزل البيولوجي حتى الآن، إذ تنتج نحو 90 في المائة من الإنتاج العالمي باستخدام زيت اللفت كمادة أولية. أما زيت النخيل فأكبر منتجيه الآن هما ماليزيا وإندونيسيا. ففي عام 2006 كان المقدَّر أن ماليزيا لديها 3.6 مليون هكتار مزروعة بنخيل الزيت وفي إندونيسيا كان هناك 4.1 مليون هكتار (FAO, 2007c). ولكن تقديرات المساحة المزروعة الآن بنخيل الزيت تختلف اختلافاً كبيراً، وتقترح بعض المصادر أرقاماً أكبر بكثير من تلك التي جمعتها منظمة الأغذية والزراعة (Butler, 2007a).

ولتنمية إنتاج الوقود البيولوجي وصناعة زيت النخيل أهمية كبيرة في آسيا نظراً للزيادة الكبيرة المتوقعة في الطلب على الطاقة في هذا الإقليم. وهناك نزاعات على الأراضي التي تحوَّل إلى زراعة نخيل الزيت ويُقال إن التوسع في زراعة هذه الأشجار في ماليزيا وإندونيسيا كان يجري في الغالب على حساب مساحات الغابات التي تُقطع خصيصاً لهذا الغرض وعلى حساب الغابات المطيرة أو المستنقعات التي تحبس الكربون. وفي جنوب شرق آسيا تقع نسبة 27 في المائة من استزراعات نخيل الزيت في أراضي البيت بعد تجفيفها (Hooijer *et al.*, 2006). وتساهم الانبعاثات التي تنشأ عن ذلك مساهمة كبيرة في غازات الدفيئة في العالم بأكمله.

ومن وقت قريب بدأ استكشاف استخدام نباتات بذور زيتية أخرى مثل *Jatropha* spp كمادة أولية لإنتاج الديزل البيولوجي. وهذا النبات يضم أكثر من مائة نوع تشمل الجنبات والأشجار، ومنشؤه في جزر الكاريبي ولكنه يوجد الآن في جميع أنحاء الغابات الاستوائية. وبذور هذا النبات تنتج زيتاً يزداد استخدامه في إنتاج الديزل البيولوجي وخصوصاً في الفلبين والهند. وهذا النبات قوي الاحتمال وينمو جيداً في الأراضي الهامشية كما يمكن استخدامه في إصلاح الأراضي المتدهورة. وهذه الخصائص توحي بأن إنتاجه، إذا كان إنتاجاً سليماً، يمكن أن يتوسع دون أن يتنافس مباشرة مع أراضي الغابات الطبيعية أو مع الأراضي الزراعية ذات القيمة العالية المستخدمة في إنتاج الأغذية.

الوقود البيولوجي السائل من الجيل الثاني

هناك تكنولوجيات يجري تطويرها والمتوقع منها أن تُنتج هذه الأنواع من الوقود بصورة اقتصادية وقابلة للمنافسة وتُستخدم في النقل وذلك بالاعتماد على مادة أولية سيلولوزية تشمل البقايا الزراعية والأخشاب. والمتوقع أن تكون هذه التكنولوجيا لإنتاج وقود بيولوجي سائل بتحويل السيلولوز قادرة على المنافسة التجارية وأن تكون متوافرة خلال عشر سنوات إلى خمسة عشر سنة (Worldwatch Institute, 2007). وهناك بالفعل الآن إنتاج على مستوى البيان العملي (انظر www.iogen.ca)والإيثانول البيولوجي هو الوقود البيولوجي السائل الذي يقترب من مرحلة التسويق. وتستثمر حكومة الولايات المتحدة في الوقت الحاضر في معامل لتكرير السيلولوز بيولوجياً (US Department of Energy, 2008).

والمفترض أن تكون أرخص مادة أولية لإنتاج هذه الأنواع السائلة هي المخلفات الزراعية. فقش قصب السكر ومخلفات إنتاج الحبوب، ومنها الذرة والقمح والشعير والأرز والشوفان، هي كلها مواد أولية يمكن أن تستخدم في توليد الإيثانول البيولوجي. ولكن النسبة التي ستتوافر من مجموع المخلفات وتكون متاحة لتوليد الطاقة هي نسبة 15 في المائة فقط بعد حساب ما يلزم لصون التربة، ولأعلاف الحيوانات وحساب عوامل أخرى مثل التباين بين موسم وآخر (Bowyer and Stockmann, 2001). وكلما زاد إنتاج الطاقة البيولوجية قد تصبح المخلفات الزراعية مادة أولية مهمة لإنتاج الوقود البيولوجي وربما يتزايد توافرها بفضل اتباع ممارسات سليمة في إدارتها.

وأما مخلفات صناعة المنتجات الحرجية والأخشاب من عمليات الاستزراع فهي مصدر محتمل آخر للحصول على مادة أولية لإنتاج الوقود البيولوجي بالطرق التجارية. وفي الوقت الحاضر لا توجد إلا نسبة صغيرة من هذا الوقود تعتمد على المنتجات الحرجية، ولكن تطوير عملية لإنتاج

وقود بيولوجي سائل من المواد الخشبية وبأسعار اقتصادية يمكن أن يؤدي إلى التوسع في استخدام الكتلة البيولوجية الحرجية في قطاع النقل.

وهناك نوعان من التكنولوجيا الأساسية يجري تطويرهما لتحويل الأخشاب إلى وقود وكيميائيات سائلة: عمليات التحويل الكيميائي البيولوجي والتحويل الكيميائي الحراري (التغويز أو الانحلال الحراري). ففي عمليات التحويل البيوكيميائي تُعالج الأخشاب باستخدام أنزيمات لإطلاق السيلولوز النصفي والسيلولوز على شكل سكر. ويمكن تحويل هذا السكر فيما بعد إلى إيثانول أو غيره من المنتجات. أما المادة الخشبية المتبقية فيمكن تحويلها أيضاً إلى منتجات أخرى أو تستخدم للحصول على حرارة وطاقة لتشغيل المصنع، أو يمكن أن تباع.

وفي عمليات التغويز تخضع الأخشاب والقلف لحرارة في وجود أدنى قدر من الأكسجين وذلك لإنتاج مزيج من أول أكسيد الكربون والهيدروجين الذي يطلق عليه بعد تنظيفه اسم الغاز التخليقي. وهذا الغاز يمكن تحويله بعد ذلك إلى وقود سائل يُستخدم في النقل. وأما الانحلال الحراري فهو عملية معالجة الأخشاب بدرجات حرارة أقل في وجود أقل قدر ممكن من الأكسجين لتحويل هذه الأخشاب إلى فحم نباتي وإلى غازات غير قابلة للتكثف وإلى زيوت الانحلال الحراري. وهذه الزيوت يمكن أن تستخدم مباشرة كوقود أو يُعاد تكريرها لاستخراج وقود ومواد كيميائية.

وفي الوقت الحاضر تحتاج تكنولوجيا التحويل البيوكيميائية إلى شظايا خشبية نظيفة (أي بدون قلف) وهي نفس المواد التي تستخدمها مصانع لب الورق. وأما التحويل الكيميائي الحراري فيمكن أن يستخدم مزيجاً من الأخشاب والقلف.

ومن الاحتمالات المهمة إقامة المصافي البيولوجي التي يتوقع منها أن تنتج لا الحرارة والطاقة فحسب بل أيضاً إنتاج وقود للنقل ومنتجات صناعية. ويمكن القول بأن مصانع اللب الورق الحديثة، التي تكون في بعض الحالات منتجة صافية للحرارة والطاقة، نموذج للمصافي البيولوجية. والفكرة هي أن تلك المصانع ستتحول من مستهلكة كبيرة للطاقة ومنتجة للب والورق فقط إلى أن تصبح منتجة للب والورق إلى جانب الحرارة والكهرباء ووقود النقل وكيميائيات متخصصة. وهناك إمكانية لتكييف أنواع المنتجات بحسب أوضاع السوق مما يعني تعظيم الربح من نفس الكمية من الأخشاب (UNECE/FAO, 2007).

ومن المحتمل أن تكون عمليات الجيل الثاني أربح عند إدماجها في مرافق التصنيع الموجودة، مثل مصانع الورق، أي تلك المرافق التي تُنتج كتلة بيولوجية رخيصة من المخلفات أو تستطيع الحصول عليها (Global Insight, 2007). ومن المحتمل أن يكون إنتاج الإيثانول من المادة الخشبية محدوداً في غير الولايات المتحدة وأوروبا والبرازيل وذلك بسبب ضآلة حجم الأسواق المتوقعة وبسبب توافر الواردات.

وفي الوقت الحاضر تعتبر الولايات المتحدة أكثر البلدان تقدماً من حيث تحويل المادة الخشبية . وهناك تأييد في الولايات المتحدة لتطوير المصافي البيولوجية الحرارية المتكاملة التي تضاف إلى مصانع لب الورق القائمة وتُنتج طاقة بيولوجية متجددة ومنتجات بيولوجية من مواد حرجية وزراعية (UNECE/FAO, 2007) . وتتركز الجهود الحالية في ثلاثة مجالات:

- إيجاد عمليات تحقق مردودية التكاليف بفصل مكونات مختارة واستخلاصها من الأخشاب قبل إنتاج اللب بحيث يمكن استخدامها في إنتاج وقود سائل وكيميائيات؛

- استخدام تكنولوجيا التغويز في تحويل الكتلة البيولوجية، التي تشمل المخلفات الحرجية والزراعية والسائل الأسود، إلى غاز تخليقي يحول فيما بعد إلى وقود سائل، وإلى طاقة وكيميائيات وغيرها من المواد عالية القيمة؛
- تعزيز إنتاجية الغابات بما في ذلك التوسع في استزراع الكتلة البيولوجية سريعة النمو التي تخصص لإنتاج مواد أولية لاستخدامها في الطاقة البيولوجية وفي المنتجات البيولوجية بطريقة اقتصادية.

وهناك أمل كبير في تطوير تكنولوجيا إنتاج الوقود السائل من المواد الخشبية باستخدام الأخشاب في إنتاج الطاقة. وإذا كان الأمر ما زال يحتاج إلى تكنولوجيا متقدمة فإن ذلك يعني وجود قيود على مدى توافر أنظمة عالمية لتحويل الأخشاب وغيرها من المواد الأولية إلى وقود سائل. ويحذر معهد السياسة الزراعية والتجارية Institute for Agriculture and Trade Policy من أن تكون سياسة براءات الاختراع وتكاليف إتاوات براءات الاختراع ورسوم الترخيص عائقاً أمام اختيار الوقود السائل (IATP, 2007). وبالإضافة إلى القضايا التكنولوجية والاقتصادية لا بد من فهم سياسة براءات الاختراع على إنتاج الكتلة البيولوجية والوقود البيولوجي حتى يمكن فهم مدى قدرة تكنولوجيا الوقود البيولوجي على المساهمة في التنمية المستدامة.

وتواجه البلدان والشركات التي تنظر في إنتاج وقود سائل من الجيل الثاني من الكتلة مستقبلاً غير مؤكد، وإن كان يبدو أنه يحمل احتمالات الكسب. فتطوير تكنولوجيا لإنتاج الوقود السائل من الأخشاب بطريقة تنافسية سيتطلب وقتاً واستثمارات كبيرة في البحوث. كما يتطلب الأمر استثمارات كبيرة في المرافق واسعة النطاق، وخصوصاً للتغويز. ويلاحظ أن ارتفاع أسعار النفط في أوائل الثمانينات أدى إلى نشوء عدد من مصانع التغويز لإنتاج الميثانول من الأخشاب وخصوصاً في بعض البلدان الأوروبية. ولكن هذه الحركة هدأت بعد ذلك بسبب انخفاض أسعار النفط (Faaij, 2003). وهناك أخطار كبيرة في الاستثمار في الوقود البيولوجي السائل من الجيل الثاني ولهذا فربما تعمد أكثر البلدان النامية إلى استكشاف خيارات أخرى بصورة كاملة قبل الشروع في هذه المغامرة.

4. مساهمة الطاقة الخشبية في تلبية الطلب في المستقبل

يعتمد مستقبل الطاقة البيولوجية والطاقة الخشية اعتماداً كبيراً على فاعلية السياسات والتناسق في تطبيقها. فلا زالت هناك مخزونات وفيرة من الفحم في مناطق العالم التي سيكون النمو الاقتصادي والسكاني فيها أعلى ما يمكن. وإذا لم تعد أسعار الوقود الأحفوري عالية بما يخلق حافزاً لتنمية إنتاج الوقود البيولوجي فإن السياسات الفعالة هي الوحيدة الكفيلة برفع الطلب على هذا النوع من الوقود ومعنى ذلك أن الدعم من السياسات سيكون ضرورياً في حالات كثيرة لتشجيع الاستثمار في تنمية الطاقة البيولوجية – على الأقل حتى تتعادل أسعارها أو حتى يقترب تعادل أسعارها مع أسعار الوقود الأحفوري. وبهذا المعنى فإن أسواق التصدير قد تكون أهم إذا أخفقت السياسات المحلية في تشجيع الانصراف عن الوقود الأحفوري.

وهناك نُظم مختلفة اختلافاً كبيراً لإنتاج الطاقة الخشبية واستخدامها في العالم، ومن المحتمل أن يكون هناك إجابات مختلفة للتحول الأخير في سياسة الطاقة في عدة بلدان. وسيتأثر عرض الكتلة البيولوجية الت الطاقة الخشبية، والطلب على هذه العناصر كلها، تأثراً مختلفاً بحسب مختلف العوامل التي تؤثر في البلدان المتقدمة والنامية.

كما أن العوامل المرتبطة بتغير المناخ وكفاءة الطاقة ومكان وجود الإمدادات ستؤدي دوراً رئيسياً في إنتاج الطاقة الخشبية. يُضاف إلى ذلك أن مجموعة من القضايا الإيكولوجية والاقتصادية والاجتماعية ستدخل إلى الحلبة. ففي بعض المناطق وفي بعض أنواع الأراضي قد تكون الأشجار أكثر إنتاجية من المحاصيل الزراعية وقد لا تكون لها نفس الآثار البيئية السلبية. كما أن توافر اليد العاملة الرخيصة قد يُحبذ الاستثمار في الغابات بدلاً من المحاصيل الزراعية. وهناك عوامل أخرى قد تقلل الطلب على غابات إنتاج الطاقة ومنها مثلاً المشكلات التكنولوجية المتعلقة بإنتاج الوقود البيولوجي السائل من المواد الخشبية والقيود في قطاع النقل. وبصفة عامة ستتأثر مساهمة الغابات في إنتاج الطاقة في المستقبل بما يلي:

- تنافسية الطاقة الخشبية في بلوغ الأهداف المرسومة لسياسة الطاقة؛
- التكاليف والمنافع الاجتماعية والاقتصادية والبيئية من اتباع نُظم إنتاج الطاقة الخشبية؛
- السياسات والمؤسسات التي توفر الإطار لعمل الغابات.

وأي استراتيجية لإنتاج الطاقة البيولوجية ستتأثر بدرجة كبيرة أيضاً بالسياق المحلي الذي يشمل: الموقع وتأثيره في الطلب والعرض؛ البنية الأساسية والمناخ والتربة؛ مدى توافر الأراضي واليد العاملة؛ الهياكل الاجتماعية وهياكل الحكم الرشيد. وبالنظر لهذه العوامل كلها يصعب عمل مقارنات بين الطاقة البيولوجية المستمدة من الزراعة وتلك المستمدة من الغابات (Perley, 2008).

وسيكون تطوير تكنولوجيا قادرة على التنافس اقتصادياً لإنتاج وقود بيولوجي سائل من مواد سيلولوزية نقلة كبيرة في أهمية الطاقة الخشبية. وعند هذه النقطة ستصبح المنتجات الحرجية

منافسة مباشرة للزراعة للحصول على حصة من أسواق الوقود البيولوجي كما أن هذه المنتجات الحرجية ستصبح أيضاً مصدراً للوقود المستخدم في النقل وإذا كان استهلاك الطاقة يتأثر تأثراً كبيراً بتدابير السياسات (كما في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة)، فستنفتح أسواق كبيرة أمام الطاقة المستمدة من غابات من البلدان النامية في العالم بأكمله.

وفي كثير من أنحاء العالم قد يتأخر أي توسع كبير في استزراع الأشجار من أجل إنتاج الطاقة البيولوجية بعوائق الاستثمار مثل التنازع على الأراضي، وعدم الاطمئنان إلى حيازة الأراضي، وأخطار نزع الملكية وعدم وجود الحكم الرشيد. كما قد تنشأ قضايا اجتماعية من النوع الذي ينشأ في العادة عند الاستعاضة عن الغطاء النباتي الطبيعي بمحاصيل تُدار لأغراض تجارية وذلك بسبب تغير الملكية وحقوق استخدام الأراضي.

وعند تفضيل المحاصيل الزراعية على الأشجار قد تقتصر مساهمة الغابات على مكاسب في الكفاءة في الاستخدامات الحالية وعلى زيادة استخدام مخلفات الأخشاب من العمليات الحرجية الموجودة. وفي هذه الظروف يُحتمل أن يكون توافر الأخشاب لإنتاج الطاقة البيولوجية غير خاضع لأسواق الطاقة بل لاتجاهات إنتاج الأخشاب المستديرة ولمدى انتشار المواد الحرجية وللتنافس في الطلب على المخلفات الخشبية.

ورغم أن أسعار النفط مرتفعة فإن على البلدان النامية تقييم أخطار الاستثمار في الطاقة البيولوجية تقييماً دقيقاً. فكثير من الاستثمارات في الوقود البيولوجي في الثمانينات انهار بعد أن عادت أسعار النفط إلى مستوياتها السابقة (IBDF, 1979; Tomaselli, 1982). ولكن الوضع يتغير الآن نظراً لوجود عوامل جديدة أصبحت مهمة، ومنها الاحترار العالمي.

وغالباً ما تعتمد الاستثمارات في الطاقة البيولوجية على الإعانات وعلى تطوير تكنولوجيا جديدة. وليس للبلدان النامية إلا أموال محدودة تواجه أولويات كثيرة، بحيث إن عمل تقييم كامل للأخطار والتعرف على طرق تعظيم المنافع من الاستثمار في الطاقة البيولوجية ستكون له أهمية أساسية. وتوفر آلية التنمية النظيفة التي جاءت في بروتوكول كيوتو حوافز لاستزراع أشجار لتوليد الطاقة وتمويل استخدام الوقود البيولوجي بطريقة مستدامة، كما أن بروتوكول كيوتو يسهل نقل التكنولوجيا إلى البلدان النامية.

مصادرالوقود الخشبي

أصبحت الطاقة الخشبية المنتجة بتكنولوجيا كفؤة منافسة بالفعل للطاقة الأحفورية في كثير من البلدان، وتستطيع أن تصل إلى أعلى مستويات كفاءة الطاقة والكربون بين مختلف المواد الأولية لإنتاج الطاقة البيولوجية، خصوصاً عند استخدامها لتوليد الحرارة والطاقة. وإلى جانب أنها أصبحت جذابة اقتصادياً فإن الطاقة الخشبية هي خيار استراتيجي لزيادة أمن الطاقة، وخصوصاً في البلدان التي بها مساحات حرجية واسعة وتعتمد على استيراد الطاقة.

ويمكن إيجاد موارد خشبية لإنتاج الطاقة من مجموعة من نُظم الإنتاج الموجودة الآن. فمخلفات الأخشاب توفر أكبر فرصة مباشرة لتوليد الطاقة نظراً لأنها متوافرة وأن قيمتها منخفضة نسبياً ولقرب أماكن إنتاجها من أماكن العمليات الحرجية القائمة. أما الاستزراعات التي تُقام لغرض وحيد هو إنتاج الطاقة فقد أصبحت أشيع في بعض البلدان ومن المحتمل أن تساهم الاستزراعات ذات الأغراض المتعددة في تقديم جذوع لإنتاج الطاقة وجذوع لأغراض أخرى بحسب طلب

الأسواق. وهناك إمكانية إضافية للحصول على أخشاب للطاقة من مناطق الغابات التي يحدث بها إفراط في القطع ومن الأنواع التي لا تطلبها الأسواق في الوقت الحاضر.

المخلفات الخشبية

كثير من البلدان ليس لديه تصور واضح عن كمية الطاقة البيولوجية التي يمكن جمعها من العمليات الحرجية الجارية، ولم تضع أي تقييم لإمكانيات المخلفات الخشبية في توليد الطاقة. ويقارن الجدول 6 توافر المخلفات الخشبية من الغابات الطبيعية في منطقة الأمازون ومن استزراعات الصنوبر سريع النمو في عمليتين نموذجيتين من العمليات الصناعية في البرازيل. وتدل المعلومات على أن حصة صغيرة فقط من الأشجار هي التي تحوَّل إلى منتجات للتسويق. وفي الغابات الطبيعية يكون هناك ما بين 80 و90 في المائة من مجموع حجم المخلفات يمكن استخدامه في توليد الطاقة. ومعظم هذه المواد تتألف من تيجان الأشجار وغيرها من القطع غير المطلوبة التي تترك في الغابة بعد عمليات الحصد.

وفي البلدان النامية غالباً ما تُترك المخلفات الخشبية الفائضة في مواقع المصانع دون أن تُستخدم، بل إنها قد تخلق مشكلات بيئية بتأثيرها في نوعية الماء والهواء. وإنتاج الطاقة من هذه المخلفات يمكن أن يحل كل من مشكلة الطاقة ومشكلة التخلص من النفايات. وتكنولوجيا إحراق المخلفات تشمل آلات بخارية بسيطة لإنتاج الطاقة على نطاق صغير وتوربينات بخارية للمصانع الكبيرة لإنتاج الطاقة (ITTO, 2005).

ويوحي التحليل النظري لإمدادات الطاقة من المخلفات الخشبية في البلدان النامية بأن هناك إمكانية كبيرة لتوليد الطاقة (Tomaselli, 2007). ففي بلدان مثل الكاميرون يُقدّر أن المخلفات الخشبية في المصانع تكفي لتوفير مجموع الطلب الوطني على الكهرباء. فإذا استُخدمت جميع المخلفات من العمليات الحرجية في إنتاج الكهرباء سيستطيع البلد أن ينتج خمسة أمثال الطلب الحالي.

ويمكن أيضاً استخدام المخلفات الخشبية من المصانع في إنتاج جزء كبير من الكهرباء المستهلكة في كل من غابون ونيجيريا وماليزيا والبرازيل. ويمكن القول إن إمكانية مساهمة المخلفات الخشبية في مجموع استهلاك الكهرباء في الهند وتايلند وكولومبيا وبيرو ستكون مساهمة ضئيلة نسبياً بالمقارنة مع البلدان السابقة.

والمخلفات الخشبية من المصانع ليست إلا نسبة صغيرة من مجموع المخلفات المتاحة. فحجم المخلفات الخشبية المتروكة من عمليات حصد الغابات الاستوائية يصل إلى ثلاثة أمثال أو ستة

الجدول 6
المخلفات الخشبية من عمليات الصناعة الحرجية في البرازيل (النسبة المئوية من مجموع الاخشاب المحصودة)

العمليات	غابات طبيعية		استزراعات	
	المنتجات	المخلفات	المنتجات	المخلفات
الحصد	40-30	70-60	90-80	20-10
التجهيز الاولي والثانوي	20-10	20-10	40-30	50-40
المجموع		**90-80**		**70-60**

المصدر : ITTO, 2005; STCP Data Bank

أمثال ما يتولد في المصانع. ويمكن استخدام أساليب تقنية كفؤة في حصد المنتجات ونقلها لجمع هذه المواد وتسليمها لمصانع إنتاج الطاقة من أجل تقليل التكاليف وتخفيف التأثيرات البيئية وإنتاج الطاقة. ولما كان ذلك مطبقاً بالفعل إلى درجة كبيرة في معظم البلدان الصناعية المتقدمة فإن المفهوم أن النطاق محدود أمام زيادة استخدام المخلفات في إنتاج الطاقة في تلك البلدان (Steierer *et al.*, 2007).

وفي كثير من البلدان يكون استخدام المخلفات الزراعية والحرجية سبباً كبيراً في تخفيض مساحة الأراضي المطلوبة لإنتاج الوقود البيولوجي وبذلك تقل التأثيرات الاجتماعية والبيئية الناشئة عن استزراع الغابات من أجل إنتاج الطاقة. ولكن من الناحية العملية فإن الأخشاب التي يقال إنها متاحة لإنتاج الطاقة على نطاق صناعي لا يمكن في كثير من الحالات حصدها بطريقة اقتصادية. يُضاف إلى ذلك أن عمليات قطع الأشجار وتوسع الزراعة وغيرها من العوامل قللت من مساحة الغابات في جميع أنحاء العالم. وعلى ذلك يمكن توقع تناقص إمدادات المخلفات في السنوات المقبلة رغم ارتفاع نسبة استزراع الأشجار.

والمخلفات الخشبية ضرورية للمحافظة على صحة التربة والنظام الإيكولوجي، ولذلك يجب أن يبقى جزء منها على الأرض. كما أن مخلفات عمليات القطع مصدر مهم لتغذية الغابات وهي تساعد على تقليل أخطار تعرية التربة (UN-Energy, 2007) ومن التأثيرات التي يمكن أن تنشأ عن التوسع في استعادة الكتلة الحيوية تضاؤل المغذيات، وضياع التنوع البيولوجي، وإحداث تغيرات في طريقة عمل النظام الإيكولوجي.

استزراع الغابات من أجل الحصول على الطاقة

زراعة محاصيل الطاقة ليس أمراً مبتكراً. فاستزراع الغابات المخصصة لإنتاج أخشاب من أجل الطاقة موجود في كثير من البلدان منذ زمن (NAS, 1980)، وإن كان معظم هذه الاستزراعات صغير ولا يستخدم إلا تكنولوجيا بسيطة ويركّز بصفة عامة على توفير حطب الوقود للاستهلاك المحلي.

وفي المناطق المعتدلة توجد أنواع كثيرة من الأشجار سريعة النمو التي تلائم الاستزراع من أجل الطاقة، وهي تشمل: *Acacia mangium* و *Gmelina arborea* و العديد من *Eucalyptus*، *Salix* و *Populus* species (Perley, 2008) . وتختلف معدلات نمو الأشجار اختلافاً كبيراً بحسب طريقة الإدارة وبحسب أنواع الأخطار ومواقعها. ففي البلدان الاستوائية تعتمد معدلات النمو اعتماداً كبيراً على توفر المياه (Lugo, Brown, and Chapman, 1988). كما أن خصب التربة عامل له تأثيره. وتتطلب المحاصيل الحرجية قصيرة الدورة مغذيات أعلى مما تتطلبه الغابات الواقعة على أرض ليست مطلوبة كثيراً للزراعة.

والبرازيل واحد من البلدان القليلة الذي بدأ في استكشاف إنتاج الطاقة من الأخشاب على نطاق واسع منذ عدة سنوات. وقد اتجهت استثمارات كبيرة إلى استزراع الأشجار، ومعظمها من أنواع الكافور سريعة النمو، المخصصة لإنتاج أخشاب لتحويلها إلى فحم نباتي بالطرق الصناعية لتغذية صناعة الفولاذ. كما أن البرازيل استزرعت غابات لإنتاج كتلة بيولوجية لآلات الاحتراق ولتوليد الحرارة والكهرباء لصناعات الأغذية والمشروبات وغيرها.

وتستطيع السياسات الواضحة والمتناسقة والقوانين والخطوط التوجيهية عن أفضل الممارسات أن توازن التأثيرات الثقافية والاقتصادية والبيئية التي تنتج عن زيادة الاستثمار في استزراع الغابات

(FAO, 2007a). ومن الضروري تحقيق إنتاجية عالية في الاستزراعات، واتباع ممارسات كفؤة في الحصد ووجود نظام سوقيات جيد حتى يمكن إنتاج كتلة بيولوجية بتكاليف تسمح بتوليد طاقة بأسعار تنافسية.

والأشجار باعتبارها مصدراً للطاقة البيولوجية تتميز عن كثير من المحاصيل الزراعية الأخرى التي لا بد من حصدها سنوياً في العادة، مما قد يعني زيادة العرض عما هو مطلوب، وتقلب الأسواق (Perley, 2008). أما حصد الأشجار وغيرها من المحاصيل المعمرة فيمكن التبكير به أو تأخيره بحسب حركة الأسعار. وتكون منتجاتها مؤلفة من عدة بنود لها استخدامات نهائية مثل إنتاج الطاقة أو صناعة لب الورق أو الألواح الخشبية أوحتى إنتاج جذوع منشورة.

وعلى البلدان التي تنظر في استزراع غابات من أجل إنتاج الطاقة أن تبدأ بإيجاد الظروف لإنتاج الطاقة من هذه الزراعات بطريقة كفؤة، وهذه الظروف تشمل إيجاد المادة الوراثية المناسبة للأحوال المحلية وإيجاد تكنولوجيا متقدمة لزراعة الغابات وإدارة الاستزراعات وحصد المنتجات ونقلها وتحويلها إلى طاقة.

وربما تحتاج بعض البلدان النامية إلى الاستثمار لعدة سنوات في البحث والتطوير التكنولوجي حتى تستطيع أن تحول هذه الاستزراعات إلى عملية جذابة تجارياً. وقد يمكن تقليل الأخطار باستخدام أنواع مناسبة ومواد وراثية عالية الجودة، ولكن البلدان والمستثمرين يجب أن يدركوا أنهم يتعاملون مع استثمارات طويلة الأجل غير مؤكدة. وهناك خطر رئيسي لا تستطيع البلدان أو المستثمرون أن يتحكموا فيه هو تقلبات أسعار الطاقة والأخشاب مع مرور الوقت.

وأي تغيرات في أسعار الطاقة قد تجعل الاستزراعات من أجل إنتاج الطاقة غير اقتصادية وبالتالي لا يكون لها قيمة سوقية. وهذا الخطر ليس كبيراً في البلدان التي لديها صناعات حرجية متقدمة فتستطيع تكييف الكتلة البيولوجية لاستخدامات أخرى. فمثلاً تستطيع صناعات لب الورق والألواح الخشبية المعاد تكوينها أن تستخدم نفس الخامات وبذلك تقل أخطار الاستثمار في الاستزراعات. وعلى المستثمرين أن ينظروا فيما إذا كانت الاستزراعات وإدارتها من أجل الحصول على الكتلة الحيوية تتفق مع الصناعات الحرجية العاملة الآن في البلدان النامية، وخصوصاً في أقلها نمواً.

الأنواع غير المستخدمة والغابات الثانوية

هناك فرصة أخرى تتيحها أنواع الأشجار التي لا تستعملها صناعات الأخشاب. وقد تناولت دراسة حديثة تحليل إمكانية الجمع بين حصد الأنواع التقليدية لصناعة الأخشاب وحصد الأنواع غير المعروفة أو غير المستخدمة تماماً من أجل إنتاج الطاقة (ITTO, 2005). وهذا الأسلوب في توليد الطاقة يمكن أن يؤدي إلى زيادة الإيرادات وتحسين الإدارة المستدامة للغابات.

وهناك فرصة أخرى لإنتاج الكتلة البيولوجية من أجل توليد الطاقة وهي إدارة الغابات الثانوية. ففي المناطق الاستوائية توجد مساحات واسعة من الغابات الثانوية والتي تتميز بوجود أحجام كبيرة من هذه الكتلة لا يمكن استخدامها بواسطة الصناعات التقليدية لتجهيز الأخشاب، وهي تعتبر مصدراً جيداً لتوليد الطاقة. ويمكن تطبيق الخطوط التوجيهية التي وضعها المنظمة الدولية للأخشاب الاستوائية في إدارة هذه الغابات بما يعزز تنميتها المستدامة من أجل إنتاج أخشاب للحصول على الطاقة (ITTO, 2002).

عرض الأخشاب في المستقبل

نظراً لأن قيمة أخشاب الوقود ضئيلة بالمقارنة مع بقية الاستخدامات النهائية الأخرى فإن عرض الأخشاب لإنتاج الطاقة البيولوجية في المستقبل سيكون مستمداً من العمليات الحرجية الموجودة الآن. وقد يتغير ذلك إذا توافرت تكنولوجيا لإنتاج الطاقة بصورة تنافسية من المواد الخشبية كما سبق قوله في القسم 3.

الإطار 4

أسعار المنتجات الحرجية

في البلدان الأوروبية كانت أسعار الأخشاب تتناقص بالقيمة الحقيقة سواء منها الأخشاب المستديرة وأخشاب اللب (UNECE, 2007; Hillring, 1997). ويصعب التعرف على الاتجاهات العالمية طويلة الأجل وذلك بسبب أسعار العملات وتأثيرات معدلات التضخم المحلية ونُظم الضرائب الوطنية ومدى توافر المعلومات. وتتنبأ التقديرات العالمية بأن الأسعار الحقيقية للأخشاب الصناعية المستديرة والأخشاب المنشورة والألواح الخشبية لن تتغير إلا قليلاً قبل عام 2010 في حين أن أسعار ورق الصحف وورق الطباعة والكتابة ستتناقص بدرجة طفيفة (FAO, 1997; Trømborg, Buongiorno and Solberg, 2000). ولكن خلال السنوات القليلة الماضية كانت الأسعار الحقيقية للمنتجات الحرجية ترتفع في العالم بأكمله.

وقد لاحظت الدراسات الحديثة أن أسعار الأخشاب المنشورة اللينة ارتفعت في معظم أقاليم أمريكا الشمالية وأوروبا في فترة 2006/2005 (UNECE/FAO, 2006; 2007). فقد كان ارتفاع أسعار النقل وتوفير حوافز لإنتاج الطاقة البيولوجية سببين رئيسيين لهذه الزيادات. كما ارتفعت أسعار أخشاب إنتاج اللب في هذه الأقاليم. وربما كان ذلك راجعاً أيضاً إلى ارتفاع تكاليف النقل ولكن أيضاً لتحسن أسواق لب الورق. والمتوقع أن تستمر أسعار الأخشاب المنشورة وأخشاب اللب في الارتفاع خلال السنوات القليلة المقبلة (UNECE/FAO, 2006).

وبالنظر إلى هذه الاتجاهات في أسعار الأخشاب يمكن إبداء الملاحظات التالية:

- **حتى إذا كانت قيمة الأخشاب ترتفع فإن الصناعة الحرجية لا تحقق عائداً كبيراً الآن عما كان عليه الأمر في السنوات السابقة ومن المتوقع أن يكون ذلك حاجزاً أمام إعادة الاستثمار أو أمام دخول شركات جديدة إلى هذا المجال.**
- **أسعار الأخشاب في الوقت الحاضر، وهي أسعار منخفضة بالمقارنة مع البيانات التاريخية، ربما تكون حافزاً على استخدام الأخشاب في تطبيقات منخفضة القيمة مثل الطاقة البيولوجية.**
- **مع استكشاف احتمالات الطاقة البيولوجية ستؤدي زيادة التنافس على الألياف الخشبية إلى تعزيز الاتجاه نحو ارتفاع أسعار الأخشاب. ومع ارتفاع أسعار الأخشاب ربما يتباطأ تطوير إنتاج الطاقة البيولوجية في الأجل المتوسط إلى الأجل الطويل.**
- **قد يكون للسياسات الحكومية تأثير كبير على أسعار الأخشاب. فإعانات الاستثمار في الطاقة المتجددة والحوافز الضريبية والتعريفات الجمركية كلها تؤثر على أسعار الأخشاب، وخصوصاً في البلدان الصناعية.**

وفي الوقت الحاضر، من المتوقع أن يؤدي ارتفاع الطلب على الوقود البيولوجي المستخرج من مادة أولية خشبية إلى زيادة في أسعار المنتجات الحرجية. وهناك منافسة على إمدادات الأخشاب بين كل من مصانع إنتاج لب الورق ومصانع إنتاج الألواح الخشبية وتطبيقات الطاقة البيولوجية. ومن المحتمل في الأجل القصير أن يرى المستهلكون ارتفاعاً في أسعار بعض المنتجات (UNECE/FAO, 2007).

وقد استعرض Mabee (2007) وSaddler عدداً من دراسات المستقبل الإقليمية والعالمية بشأن توافر الألياف الحرجية للتعرف على الإمدادات العالمية المتجددة من الكتلة البيولوجية في الغابات التي يمكن أن تستخدم في إنتاج طاقة خشبية، وانتهى الكاتبان إلى أن زيادة الطلب على الطاقة الخشبية في البلدان الصناعية سيكون له تأثير كبير على كمية الكتلة البيولوجية الحرجية الفائضة إذ أنه سيلتهم ما بين 10 و25 في المائة من الفائض العالمي المقدَّر. وعلى كل حال فإن الكميات المتاحة عالمياً من الألياف ربما لا تغطي الطلب في بعض الأقاليم وربما يكون هناك طلب متزايد من صناعات تجهيز الأخشاب يتنافس أيضاً للحصول على إمدادات.

والتكنولوجيات والنُظم المستخدمة في إيجاد طاقة خشبية لها أهمية كبرى في تحليل مدى توافر الكتلة البيولوجية الحرجية في المستقبل من أجل إنتاج الطاقة البيولوجية. فالتحسينات في كفاءة استخدام الحطب يمكن أن توفر كميات كبيرة من الطاقة الخشبية في العالم بأكمله. وبإدخال أسلوب أفضل للممارسات في استعادة الطاقة (أي باستخدام أسلوب الجمع بين الحرارة والطاقة (CHP) مع استعادة الغاز المتدفق أو استخدام أفران عالية الكفاءة بواسطة الكريات الخشبية يمكن زيادة كمية الطاقة المتوافرة من الحطب زيادة كبيرة ويمكن توسيع هذا المصدر من مصادر الطاقة توسيعاً كبيراً.

وقد يكون لتزايد الطاقة البيولوجية الحرجية تأثيرات على صناعات التجهيز التقليدية. ففي بعض البلدان الصناعية أصبحت كميات إزالة الأخشاب من الغابة من أجل تطبيقات الطاقة البيولوجية تمثل على الأقل نصف إنتاج الأخشاب المستديرة الصناعية (Steierer *et al.*, 2007; FAO, 2007b). وفي بلدان أخرى لا تزال كمية الأخشاب المستخدمة لنفس هذا الغرض صغيرة بالمقارنة مع المحصود من الأخشاب المستديرة الصناعية. وعند إدخال استعادة المخلفات ومخلفات ما بعد الاستهلاك سيكون استخدام الأخشاب لإنتاج الطاقة أكبر من إنتاج الأخشاب المستديرة الصناعية في عديد من البلدان الصناعية. ويفصل الإطار 4 التأثيرات التي قد تظهر على أسعار المنتجات الحرجية بحسب الطلب على الأخشاب لإنتاج الطاقة البيولوجية.

الانبعاثات واقتصاديات الوقود البيولوجي

تتوقع معظم الدراسات أن تؤدي أنواع الوقود البيولوجي السائل من الجيل الثاني المستخرج من محاصيل معمرة ومن مخلفات خشبية وزراعية إلى إحداث تخفيض كبير في دورة حياة انبعاثات غاز الدفيئة عند مقارنتها مع الوقود النفطي. وبعض الخيارات ربما تؤدي إلى تخفيضات صافية في الانبعاثات تجاوز 100 في المائة – مما يعني أن حبس الكربون أثناء عملية الإنتاج سيكون أكبر من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أثناء دورة حياتها – هذا إذا أمكن تخفيض مدخلات الأسمدة إلى أدنى حد وأمكن استخدام الكتلة البيولوجية وغيرها من المتجددات في عملية إنتاج الطاقة (انظر Worldwatch Institute, 2007).

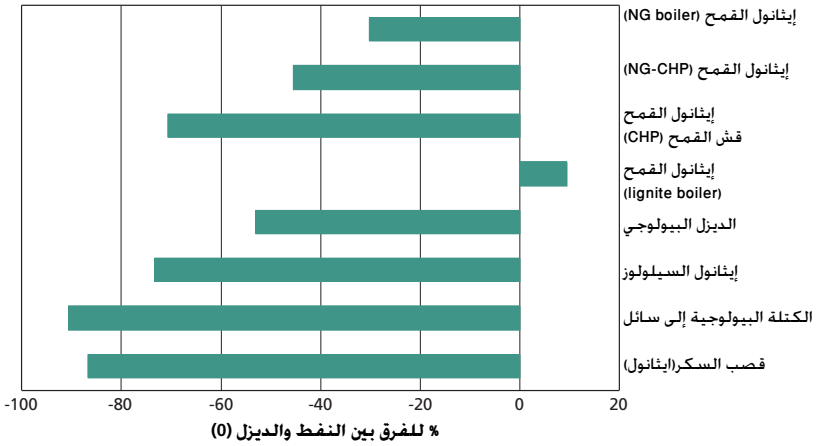
وترى الدراسات أن استخدام الإيثانول البيولوجي المستخرج من الذرة لن يكون فيه إلا تحسين ضئيل على كفاءة استخدام الوقود الأحفوري أو استخدام النفط بصفة مباشرة، في حين أن الإيثانول البيولوجي المستخرج من الأخشاب يمكن أن يحسّن كفاءة الطاقة بنحو أربعة أمثال (NRDC, 2006). وأما تقديرات انبعاثات غاز الدفيئة من الوقود الناشئ من الكتلة البيولوجية من الجيل الثاني فهي تقدَّر بـــ 75 إلى 85 في المائة أقل من المحركات التي تدور بالنفط، وذلك بسبب أن زراعتها تكون أقل كثافة وبسبب افتراض أن الحصة غير المختمرة من النبات ستستخدم كوقود

للتجهيز (Global Insight, 2007). وعلى ذلك إذا أدت تطورات التكنولوجيا إلى أن يصبح إنتاج الوقود البيولوجي السائل من المواد الخشبية أكفأ ويماثل في التكلفة إنتاجه من المحاصيل الغذائية فإن النتيجة ستكون قلة المنافسة مع إنتاج الأغذية، وزيادة في كفاءة الطاقة، وتحسين ميزان الطاقة الشامل بصفة عامة. وقد يؤدي ذلك إلى حوافز على التوسع في استزراعات الغابات.

وعلى ذلك فليس من الواقعي النظر إلى الوقود البيولوجي على أنه سيحل تماماً محل الوقود الأحفوري. ويجب النظر إلى هذا الوقود البيولوجي على أنه مصدر ممكن من مصادر الطاقة يجوز استخدامه بالاشتراك مع مصادر أخرى.

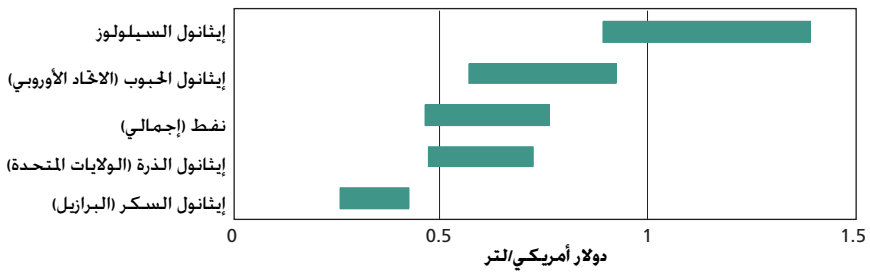
وعند المقارنة مع الكازولين أو الديزل يتبين أن انبعاثات غاز الدفيئة تكون أقل عند استخدام الكتلة البيولوجية في إنتاج سائل (أي التغويز/عمليات التغويز والانحلال الحراري التي يمكن أن تستخدم المصنع بأكمله). وقصب السكر يـــأتي في نفس الدرجة في حين أن الإيثانول المستخرج

الشكل 15
مقارنة انبعاثات غاز الدفيئة من الوقود البيولوجي المستمد من مختلف المصادر



ملحوظة: CHP: حرارة وطاقة سوياً. NG: غاز طبيعي
المصدر: Global Insight, 2007

الشكل 16
تنافسية أنواع الوقود البيولوجي بحسب مادتها الأولية



المصدر: مجموعة من مصادر البيانات مذكورة في Worldwatch Institute, 2007

من المواد يُقلل الانبعاثات بأكثر من 75 في المائة. أما الإيثانول المستخرج من القمح فهو لا يقلل الانبعاثات بدرجة كبيرة إلا إذا كان قش القمح سيستخدم في عملية CHP (الشكل 15).

وقصب السكر هو أكثر المواد الأولية الزراعية جاذبية من الناحية الاقتصادية لإنتاج الوقود البيولوجي في حين أن الذرة وغيرها من الحبوب ومحاصيل البذور الزيتية من نصف الكرة الأرضية الشمالي تكون أقل تنافسية في ظروف السوق (الشكل 16). وإذا كانت تكاليف إنتاج الإيثانول من المادة الخشبية في الوقت الحاضر أعلى من تكاليف إنتاجه من مادة أولية من الحبوب فإن إمكانية تخفيض تكاليف الإنتاج في المستقبل تبدو أكبر في حالة المادة الخشبية . وبحلول عام 2030 يمكن أن يتحقق التعادل مع الإيثانول المستخرج من قصب السكر (IEA, 2006).

وعند إيجاد عملية مجدية اقتصادياً لإنتاج وقود بيولوجي سائل من مادة سيلولوزية يمكن أن ينتشر استعمال الكتلة البيولوجية الحرجية في قطاع النقل. ولما كان معظم زيادة الطلب على الوقود البيولوجي السائل ستحدث في البلدان المتقدمة فإن آفاق التجارة ستكون هي العامل الرئيسي الذي يؤثر في خطط التنمية في معظم البلدان النامية.

وليس من المحتمل أن تهتم الأسواق بالمواد الأولية والعمليات التي لا تؤدي إلى مكاسب كبيرة صافية في الطاقة وإن كان من الممكن أن تكون هناك أهداف أخرى تُشجع على الاستمرار

الإطار 5

كفاءة الطاقة وإنتاج الطاقة البيولوجية

لاستهلاك الطاقة عند إنتاج الطاقة البيولوجية أهمية لسببين: فأولاً حتى تكون العملية مستدامة يجب أن تكون كمية الطاقة التي ستأتي من نموٍ واستخدام أي محصول أكبر من الطاقة المستخدمة في إنتاج هذا المحصول نفسه. وثانياً لأن نوع الوقود المستخدم في مدخلات الطاقة وانبعاثات غاز الدفيئة منه يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند ما تكون أهداف تغير المناخ داخلة في عملية استخدام الطاقة البيولوجية.

ويعتمد استخدام الطاقة على عدد من العوامل. فالزراعة تتطلب مدخلات من الطاقة في مراحل مختلفة، تشمل تشغيل الآلات الزراعية، والري وإدارة المياه ونقل المنتجات. كما أنها تستهلك كميات كبيرة من الطاقة في أنشطة مرتبطة بالزراعة مثل صناعة الأسمدة والمبيدات وتجهيزها، وتوزيع المنتجات الزراعية. وهذا هو الحال على وجه الخصوص في نُظم الزراعة الحديثة التي تعتمد على مدخلات كبيرة.

وتكون الزراعة في البلدان الصناعية بصفة عامة كثيفة في استعمال الطاقة عما هو الحال في البلدان النامية وإن كانت هذه البلدان الأخيرة تتحول إلى استعمال ممارسات زراعية أكثر تقدماً، وبالتالي تزيد المدخلات من الطاقة. وفي كثير من الحالات يُحتمل أن تأتي مدخلات الطاقة من الوقود الأحفوري. ولهذا السبب فإن إنتاج موارد الطاقة البيولوجية واستخدام هذا المورد لن يؤدي إلا إلى تخفيض هامشي في انبعاثات الكربون بالمقارنة مع ما ينتجه استخدام الوقود الأحفوري.

والميزة الرئيسية للغابات والأشجار كمصدر للكتلة البيولوجية هي انخفاض مدخلات الطاقة وقدرة هذه الموارد على النمو في مواقع أقل خصوبة مما هو مطلوب للزراعة. ولكن هناك عوائق كبيرة أمام الاستفادة من هذه الميزات. ومن هذه العوائق ظهور تقنيات من الجيل الثاني في الوقت المناسب. وتوافر الإمدادات من الأخشاب في المستقبل، والبنية الأساسية اللازمة حتى يكون الاستغلال اقتصادياً (Perley, 2008).

في إنتاجها (Wolf, 2007). فليس من المحتمل إنتاج كميات كبيرة من المحاصيل التي زُرعت خصيصاً لإنتاج وقود بيولوجي من مادة سيلولوزية لأن المكاسب في التكنولوجيا ولأن أسعار الإيثانول لن تُحبذ إنتاجها بدلاً من إنتاج محاصيل أخرى. وبالمثل ليس من المتوقع أن تكون المصانع التي تُنتج الإيثانول والديزل البيولوجيين من الجيل الثاني فقط دون غيرها من المنتجات مصانع مربحة في عشرات السنين المقبل (Global Insight, 2007).وستكون المنافسة بين مختلف المواد الأولية مرتبطة بالكفاءة الصافية في الطاقة عند إنتاج مختلف المحاصيل وعند تجهيزها (الإطار 5).

5. انعكاسات زيادة استخدام الطاقة البيولوجية

يتزايد الوعي بأن الطاقة البيولوجية بها مجموعة من المزايا تفوق ما يوجد في بقية مصادر الطاقة، ومن هذه المزايا زيادة دخل المناطق الريفية، وتخفيض مستويات الفقر في البلدان النامية، واستعادة الأراضي غير المنتجة أو المتدهورة، وتعزيز التنمية الاقتصادية. وفي المساهمة في زيادة أمن الطاقة يكون للطاقة البيولوجية انعكاسات استراتيجية أيضاً وخصوصاً عند البلدان المستوردة للنفط. وأخيراً فإنها تستطيع أن تساعد على تقليل انبعاثات غاز الدفيئة التي تعتبر مصدراً لقلق العالم بأكمله.

ولكن هناك تحديات لا بد من مواجهتها قبل الاستفادة الكاملة من إمكانيات الطاقة البيولوجية. فهناك عدد من المشكلات في إنتاج هذه الطاقة،وخصوصاً إنتاجها لعمليات واسعة النطاق ومن أجل تقليل الأخطار في استراتيجية تنمية الطاقة البيولوجية يكون من المهم تحليل مختلف جوانب هذه الطاقة وجوانب تنمية الطاقة الخشبية تحليلاً كاملاً:

- التنمية الريفية، والعدالة وتخفيف حدة الفقر؛
- إدارة الأراضي والغابات والتنوع البيولوجي؛
- أسعار الأغذية والمنتجات الحرجية؛
- انبعاثات غاز الدفيئة ونوعية الهواء؛
- توافر المياه؛
- أسعار الطاقة ومدى الاعتماد على الطاقة.

وينتج عن تنمية الطاقة البيولوجية منافع ونتائج إيجابية (الإطار 6). ونظراً لهذه التفاعلات فيجب تقييم المنافع والتكاليف من الاستثمارات في الطاقة البيولوجية في كل حالة على حدة أو في كل بلد على حدة.

وهناك عوامل كثيرة في إنتاج الطاقة من الكتلة البيولوجية. ومن أهمها نوع المحاصيل وإنتاجيتها. ففي عام 2004 وفي دراسة تستند إلى بيانات الوكالة الدولية للطاقة أجريت مقارنة بين مختلف أنواع الوقود الزراعي من حيث احتياجاتها إلى الأراضي الزراعية للحصول على نفس الكمية من الطاقة. وبيّنت النتائج أن الصويا يحتاج إلى مساحة من الأراضي تماثل 12 مرة ما يحتاج إليه قصب السكر. أما بقية مصادر الطاقة البيولوجية السائلة فهي تتراوح بين هذين الرقمين فتتطلب الذرة مثلاً مساحة مثل المساحة التي يتطلبها قصب السكر في حين أن نخيل الزيت يتطلب نسبة 30 في المائة أكثر.

والأهم من ذلك الإجابة عن سؤال: «ما هي مساحة الأراضي الزراعية التي ستكون مطلوبة لتحويل 25 في المائة من طاقة النقل من الوقود الأحفوري إلى الوقود البيولوجي السائل؟» والإجابة هي 430 مليون هكتار عند زراعة قصب السكر أي 17 في المائة من أراضي العالم الزراعية و5 مليارات في حالة الصويا – أي 200 في المائة من أراضي العالم الزراعية (Fresco, 2006).

الإطار 6

المكاسب والسلبيات الممكنة في تنمية الطاقة البيولوجية

المكاسب الممكنة	السلبيات الممكنة
• تنويع الإنتاج الزراعي • تنشيط التنمية الاقتصادية الريفية والمساهمة في تخفيف حدة الفقر • زيادة أسعار الأغذية وزيادة دخل للمزارعين • تحسين البنية الأساسية والعمالة في المناطق الريفية • تقليل انبعاثات غاز الدفيئة • زيادة الاستثمارات في استصلاح الأراضي • الحصول على إيرادات جديدة من استخدام المخلفات الخشبية والزراعية، ومن تقليل الكربون • تقليل الاعتماد على الطاقة من الخارج وتنويع إمدادات الطاقة المحلية وخصوصاً في المناطق الريفية • الحصول على طاقة نظيفة ورخيصة لمصلحة المشروعات الصغيرة المتوسطة الحجم في المناطق الريفية	• تقليل توافر الأغذية المحلية إذا كانت الاستزراعات من أجل الطاقة ستحل محل زراعة الكفاف • زيادة أسعار الأغذية للمستهلكين • ربما يؤدي الطلب على الأراضي لإنتاج محاصيل الطاقة إلى زيادة إزالة الغابات وتقليل التنوع البيولوجي ورفع انبعاثات غاز الدفيئة • زيادة عدد الملوثات • إدخال تعديلات على السيارات والمركبات وما يلزم لها من بنية أساسية للتزود بالوقود • ارتفاع تكاليف إنتاج الوقود • زيادة إزالة الأخشاب مما يؤدي إلى تدهور النُظم الإيكولوجية الحرجية • إزاحة صغار المزارعين وتركيز حيازة الأراضي والدخل • انخفاض جودة التربة وخصوبتها بسبب الزراعة الكثيفة للحصول على محاصيل الطاقة البيولوجية • تشويه الإعانات المقدمة لقطاعات أخرى وإيجاد حالات عدم مساواة داخل البلدان

المصدر: FAO, 2000; UN-Energy, 2007; Perley, 2008

وعلى ذلك فليس من الواقعي النظر إلى الوقود البيولوجي على أنه سيحل تماماً محل الوقود الأحفوري. ويجب النظر إلى هذا الوقود البيولوجي على أنه مصدر ممكن من مصادر الطاقة يجوز استخدامه بالاشتراك مع مصادر أخرى.

الفقر والعمالة والأسعار

ويعزز الأمن الغذائي. ولكن هناك متغيرات كثيرة تُحدد ما إذا كان التوسع في إنتاج الطاقة البيولوجية له أثر، إيجابي، أم سلبي، على سبُل العيش. فعندما تتاح لصغار المزارعين فرصة إنتاج الكتلة البيولوجية لحسابهم الخاص أو بواسطة نُظم تعاقد فقد تحقق منافع صافية. ولكن هناك تاريخاً من المنازعات، ففي إندونيسيا مثلاً كان إنشاء مزارع واسعة من نخيل الزيت يرتبط بادعاءات عن الاستيلاء على الأراضي والتعسف وانتهاك حقوق الإنسان (Aglionby, 2008).

ويعتمد خلق فرص العمل عند تنمية الطاقة البيولوجية على نوع المحاصيل ونظام إنتاجها. فحصد محاصيل مثل *Jatropha curcas* هو نشاط كثيف في العمالة ويمكن أن يولد فرص عمل ودخل لسكان الريف، ولكن حصد محاصيل مثل قصب السكر لا يتطلب كثيراً من اليد العاملة ولا يوفر إلا فرص عمل ضئيلة نسبياً لسكان الريف. وعلى هذا فإن أهمية الوقود البيولوجي السائل لقطاع العمالة هي موضع تساؤل (Biofuelwatch, 2007). ومن المحتمل أن يوفر إنتاج الطاقة البيولوجية فرص عمل أكبر مما يوفره استيراد الوقود الأحفوري، خصوصاً إذا كانت الواردات كبيرة. لكن حجم نُظم الإنتاج وطبيعتها ستكون لها أهمية حاسمة في توليد فرص العمل.

وتنطوي تنمية الطاقة البيولوجية على إمكان توفير الطاقة لسكان الريف الذين لا يستطيعون الحصول عليها من مصادر أخرى، ومن شأن ذلك أن ينشط التنمية الاقتصادية. فأحوال معيشة الأسر الفقيرة ستتحسن إذا أدت تنمية الطاقة البيولوجية إلى استخدام أكفأ ومستدام للطاقة البيولوجية التقليدية (UN-Energy, 2007).

ويمكن أن تنشأ منازعات اجتماعية عند إقامة مزارع كبيرة مزودة بمرافق مركزية لتحويل المحاصيل إلى طاقة. فهذه المرافق يجب أن تكون قريبة لمواقع إنتاج الطاقة الحيوية من أجل تقليل تكاليف النقل ورفع الجدوى الاقتصادية. ومن المحتمل أن تؤدي هذه الترتيبات إلى زيادة تركيز الملكية وإلى إزاحة المزارعين التقليديين. ولكن إذا كان هناك تخطيط محلي فعال يمكن وضع نظام لإبقاء المزارعين والتعاقد معهم مما يوفر فرصاً أمام صغار الحائزين ويشجعهم على الاستثمار.

وربما يؤدي التنافس على الأراضي والمنتجات الزراعية إلى رفع أسعار الأغذية ولكن يمكن أيضاً أن يؤدي إلى تحسين دخل المزارعين. فالذين ينتجون أكبر فوائض سيستفيدون، في حين أن المشترين الصافيين سيعانون المزيد. ويعتمد توزيع التكاليف والمنافع على الظروف المحلية وإن كان الأثر الصافي لارتفاع أسعار الأغذية سيكون أثراً سلبياً على الأمن الغذائي في كثير من الحالات. وربما يظهر أكبر أثر بين فقراء المدن الذين ليس لديهم فرص الحصول على أرض والاستفادة من منافع ارتفاع الأسعار الزراعية.

وإذا ارتفعت أسعار محاصيل الوقود البيولوجي السائل ارتفاعاً كبيراً سيميل المزارعون إلى تحويل الأراضي من زراعة المحاصيل الغذائية إلى زراعة محاصيل الطاقة. وفي الأجل القصير قد يؤدي ذلك إلى تقليل إمدادات الأغذية وربما ترتفع أسعارها. ولكن المزارعين لا يغيرون المحاصيل بسهولة، وتعتمد قرارات اختيار المحاصيل أساساً على أسعار السوق والربحية. وربما يؤدي ارتفاع أسعار الأغذية إلى الحفز على استخدام الأراضي لإنتاج محاصيل غذائية بحيث أن السوق ستعمل لإعادة التوازن بين العرض والطلب. ولكن ينبغي التأكيد على أن أي زيادة في أسعار الأغذية، حتى إذا كانت مؤقتة، ستؤثر على الفقراء، وخصوصاً في البلدان النامية (الإطار 7).

الأراضي والبيئة

الأرض عنصر أساسي في إنتاج الطاقة البيولوجية، ومدى توافر الأراضي يختلف بين الأقاليم والبلدان. فالتوسع في إقامة مزارع ضخمة لإنتاج الطاقة قد يُقلل من توافر الأراضي لإنتاج الأغذية وتكون النتيجة هي القلق على الأمن الغذائي في بعض البلدان – وخصوصاً تلك التي تكون أراضيها محدودة وسكانها كثيرون.

الإطار 7

أسعار الأغذية والطاقة البيولوجية

درس Rosegrant *et al.* (2005, 2006) التأثيرات المحتملة التي قد تنتج عن زيادة الطلب على الطاقة في أسعار الأغذية في العالم. وقد درسوا ثلاث حالات في تصور إنتاج الوقود البيولوجي السائل إنتاجاً ضخماً، بافتراض أن مجموع استهلاك هذا الوقود سيرتفع بمقدار ما بين مرتين وعشر مرات في بعض البلدان والأقاليم، بما فيها الصين والهند والبرازيل والولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي، وبافتراض أن أسعار النفط ستظل مرتفعة بالأرقام الحقيقية. وهذه الحالات الثلاث هي:

- استمرار التركيز على الوقود البيولوجي السائل المستخرج من الحبوب؛
- التحول إلى الوقود البيولوجي السائل المستخرج من الأخشاب؛
- زيادة استخدام الوقود البيولوجي المستخرج من المواد إلى جانب تحسين الممارسات الزراعية.

وكان في تقدير المؤلفين أن الأسعار الحقيقية للأغذية في الحالة الأولى سترتفع ارتفاعاً كبيراً بحلول عام 2020 (انظر الجدول). وأما في الحالة الثانية فإن التوسع الجديد سيقابله إنتاج الوقود من الأخشاب مما يقلل هذه الزيادات بعض الشيء. وأما الجمع بين استخراج الوقود البيولوجي من مادة سيلولوزية وتحسين الممارسات الزراعية فقد يؤدي إلى زيادات طفيفة في الأسعار. وفي جميع هذه الحالات يكون من المتوقع أن ترتفع الأسعار الحقيقية للمحاصيل في المستقبل.

وكل واحدة من هذه الحالات الثلاث ستعني ارتفاع متوسط الأسعار في الأسواق العالمية للأغذية، وإن كانت التغيرات ستختلف بين بلد وآخر. وهناك نماذج أخرى أيدت هذه النتائج، وخصوصاً التحليل الذي وضعه Schmidhuber (FAO, 2006a)، حيث تبين أن زيادة الطلب على المادة الأولية لإنتاج الوقود البيولوجي تؤدي إلى زيادة أسعار السلع الأساسية الزراعية في العالم.

وزيادة أسعار الأغذية سيكون لها تأثير على الأمن الغذائي،وخصوصاً في البلدان التي تُعاني من ندرة الأغذية بسبب سوء ظروف النمو أو بسبب عوامل بيئية أخرى. وزيادة أسعار السلع الغذائية سترفع أيضاً دخل المناطق الريفية وبالتالي تؤدي إلى تخفيف حدة الفقر. وبزيادة حصة الوقود البيولوجي المستمد من الأخشاب ربما تقل الزيادة المتوقعة في أسعار الأغذية. ولكن لا مفر من حدوث بعض الزيادة. ويلاحظ أن الأسعار الحقيقية للأغذية والمنتجات الزراعية كانت، تاريخياً، تتناقص. وأن التحول عن هذا الاتجاه لمواجهة الطلب على الوقود البيولوجي ربما لا يكون تحولاً دائماً (FAO, 2006a).

الارتفاع المتوقع في أسعار السلع الغذائية في ثلاث حالات عند إنتاج الوقود البيولوجي إنتاجاً ضخماً (النسبة المئوية للزيادة بين عامي 2005 و 2020)

السلع	تحسين الممارسات	الوقود البيولوجي المستمد من أخشاب	الانتقال إلى الوقود البيولوجي المستمد من الأخشاب
الكاسافا	135	89	54
الشمندر السكري	25	14	10
قصب السكر	66	49	43
البذور الزيتية	76	45	43
الذرة	41	29	23
القمح	30	21	16

المصدر: Rosegrant *et al.*, 2006

وقد بينت الدراسات الأخيرة أنه رغم وجود احتياطيات كبيرة في العالم من الأراضي الصالحة لزراعة المحاصيل فإن توقعات النمو السكاني والتنافس على استخدامات الأراضي توحي بأن هذه الاحتياطيات ليست موزعة توزيعاً جيداً في مواجهة الطلب المقبل. فمثلاً هناك بعض البلدان في آسيا بها سكان كثيرون ولكن لا يبدو أن لديها أراضٍ متاحة لإنتاج محاصيل الطاقة أو لديها مساحة بسيطة من هذه الأراضي (Risø, 2003).

ولكن في بلدان آسيا المكتظة بالسكان فإن الزراعة المختلطة بالغابات، واستخدام المخلفات الزراعية والحرجية والتكنولوجيا الكفؤة لتحويل الطاقة يمكن أن يوفر كميات كبيرة من الطاقة البيولوجية. وأما أمريكا اللاتينية وجزء كبير من أفريقيا وبعض البلدان الغنية بالغابات في آسيا فلديها مساحات واسعة يمكن تحويلها إلى إنتاج الوقود البيولوجي. ولكن التنوع البيولوجي يتعرض للخطر عند التوسع في زراعة محاصيل وحيدة من أجل إنتاج الطاقة حتى عند استخدام أراضٍ أخرى غير أراضي الغابات. كما أن ضياع أسلوب الحياة الرعوية مع تناقص الأراضي العشبية، وفقدان إنتاج الأعلاف لآكلات الأعشاب المستأنسة والبرية في تلك الأراضي يمكن أيضاً أن يكون له تأثير اقتصادي سلبي وتأثيرات اجتماعية سلبية (UN-Energy, 2007).

ويدرس كثير من البلدان النامية النظر في الاستفادة من الأراضي المتدهورة الشاسعة للتوسع في زراعة محاصيل الطاقة. فمثلاً تركّز الهند على 63 مليون هكتار تُعتبر من الأراضي البور. ويرى هذا البلد أن 40 مليون هكتار تصلح لزراعة محاصيل زيتية (Prasad, 2007). وكان هناك اقتراح بزراعة أشجار أو غيرها من محاصيل الطاقة على تلك المساحات كوسيلة لتقليل التعرية وإصلاح النظام الإيكولوجي وتنظيم تدفق المياه وتوفير المأوى والحماية للمجتمعات المحلية وللأراضي الزراعية (Risø, 2003). ولكن للاستفادة من هذه المنافع يجب أن يكون التوسع في إنتاج الطاقة البيولوجية مصحوباً بتنظيم واضح لاستخدامات الأراضي مع تنفيذه تنفيذاً فعالاً، وخصوصاً في البلدان التي لديها غابات استوائية معرضة لتحويلها إلى استخدامات أخرى (Worldwatch Istitute, 2007).

وقد كانت هناك مقاومة لمشروعات إنتاج الوقود الزراعي بسبب ما تنطوي عليه من أخطار وبسبب المنازعات التي قد تنشأ عنها. فمثلاً في أوغندا كان رد فعل الجمهور سلبياً حين منحت الحكومة إذناً لإحدى الشركات لاستغلال غابات مابيرا في زراعة قصب السكر لإنتاج هذا النوع من الوقود. وحدثت ردود أفعال أخرى مماثلة في كل من غانا وجنوب أفريقيا (GRAIN, 2007).

وقد استُعيض عن الغابات في بلدان كثيرة بمحاصيل لإنتاج الوقود البيولوجي ويمكن أن يتسارع هذا الاتجاه إذا حدثت زيادات كبيرة في الطلب على هذا الوقود وعلى الطاقة البيولوجية بصفة عامة ولكن يمكن أن تتغير هذه الحركة إذا أصبحت الكتلة البيولوجية الخشبية هي المادة الأولية المختارة لإنتاج الوقود البيولوجي ويمكن أن يكون الوضع في المستقبل هو أن الغابات هي التي تهدد الأراضي الزراعية وليس العكس.

ولضمان توافر أراض محصولية كافية لإنتاج الأغذية بأسعار معقولة، ولتجنب خسارة الموائل الثمينة، يكون من الضروري إدخال تخطيط استخدامات الأراضي ورصدها أثناء وضع استراتيجيات إنتاج الطاقة البيولوجية. ويبين الإطار 8 مختلف تطورات تنمية إنتاج محاصيل الطاقة مع بيان تأثيراتها المحتملة.

ومن الآثار البيئية السلبية التي قد تنتج عن التوسع على نطاق كبير في استزراع الغابات ومحاصيل الطاقة البيولوجية تقليل خصب التربة، وحدوث تعرية، وزيادة استخدام المياه. فالزراعة

الإطار 8

تصورات تنمية الوقود البيولوجي السائل

يتطلب إنتاج الطاقة البيولوجية على نطاق واسع وجود مساحات شاسعة من الأراضي، وهناك قلق من أن تؤثر محاصيل الوقود البيولوجي السائل من الجيل الأول على الأمن الغذائي وعلى الغطاء الحرجي. ولمعالجة قضايا استخدامات الأراضي وتأثيراتها على الغابات معالجة مقبولة يمكن التوسع في إنتاج الوقود البيولوجي السائل بحسب واحد أو أكثر من واحد من التصورات التالية:

- **تحويل الأراضي المتدهورة والأراضي المخصصة الآن للمحاصيل الغذائية إلى إنتاج الطاقة البيولوجية (بما في ذلك إنتاج الطاقة الخشبية).** وليس المتوقع أن يؤثر هذا الأسلوب على الغابات وإن كان قد يؤثر على الأمن الغذائي، وخصوصاً في حالة إذا كانت العمليات واسعة النطاق، ما لم ترتفع الإنتاجية أو يتحقق تآزر بين إنتاج الأغذية وإنتاج الطاقة.
- **إدخال محاصيل الوقود البيولوجي السائل في المناطق الحرجية.** يؤدي ذلك إلى إزالة الغابات ويؤثر على التنوع البيولوجي وعلى سائر السلع والخدمات التي تنتجها الغابات، كما أنه قد يزيد من انبعاثات غاز الدفيئة. ويمكن أن تواجه الصناعات التي تستخدم الأخشاب نقصاً في إمدادات الخامات، كما أن الطلب على مواد البناء وغيرها من المنتجات الخشبية قد ينخفض. وربما يزيد توافر الأخشاب لإنتاج الطاقة في الأجل القصير.
- **تحويل إنتاج الأخشاب من الغابات الموجودة إلى إنتاج الطاقة.** سيكون لذلك تأثير على الدخل وعلى إدارة الغابات الطبيعية والاستزراعات، ويرفع من المنافسة على هذه الموارد بين مستخدمي الأخشاب. وربما تتناقص الأخشاب المتاحة للصناعات الحرجية في الأجل القصير وربما سترتفع تكاليف المنتجات.
- **زيادة كفاءة استخدام الأخشاب بتحسين عمليات التجهيز واستخدام المخلفات الخشبية والأخشاب المسترجعة في إنتاج الطاقة البيولوجية.** يمكن توليد كميات كبيرة من الطاقة مع تقليل التأثيرات السلبية على الغابات والزراعة.

الكثيفة ترفع من استهلاك المياه وتركّز هذا الاستهلاك، وقد تكون هذه المياه في بعض البلدان مصدراً نادراً وتتزايد ندرته. وبعض محاصيل الطاقة يستهلك كميات كبيرة من المياه. وفي مارس/آذار 2006 أصدر المعهد الدولي لإدارة المياه تقريراً يحذر فيه من أن الاندفاع إلى إنتاج الوقود البيولوجي السائل ربما يزيد من شدة أزمة المياه في بعض البلدان. فمثلاً في الصين والهند، حيث المياه مورد نادر، يعتمد جزء كبير من إنتاج محاصيل الوقود على الري (GRAIN, 2007). ومن شأن ذلك أن يقلل من الموارد المائية للمحاصيل الغذائية مما سيؤثر على الأمن الغذائي. ومع ذلك فإن هذه التأثيرات يمكن التخفيف من حدتها بفضل تخطيط استخدام الأراضي بصورة جيدة وإدارتها إدارة مسؤولة (FAO, 2006b).

وهناك قلق أيضاً من زيادة تلوث الهواء عند زيادة إحراق الكتلة البيولوجية (WHO, 2006). وبوجه خاص فإن إحراق الأخشاب في مرافق ليست بها مرشحات كافية أو إحراقها إحراقاً غير كامل يُطلق جزيئيات دقيقة تُعتبر مصدر خطر على الصحة. وقد وضع بعض البلدان مواصفات قياسية لمرافق الإحراق، ولكن هذه المواصفات قد لا تطبق بسبب سوء قلة جودة

الوقود (مثلاً استخدام أخشاب بها رطوبة) أو بسبب اتباع تقنيات غير فعالة في الإحراق. ولما كانت هناك نتائج كبيرة ستنشأ عن زيادة إحراق الكتلة البيولوجية، وكانت هذه النتائج مترابطة فيما بينها فلا بد من اتباع أسلوب شامل عند وضع الأهداف ورسم السياسات لمقاومة تغير المناخ (UNECE/FAO, 2007). وتُبذل جهود كبيرة ويُنفق وقت كبير في جمع الوقود بدلاً من الاتجاه إلى ما هو أكثر نفعاً ولهذه الأسباب وضع مشروع الألفية الذي أقرته الأمم المتحدة هدفاً هو تخفيض عدد الأسر التي تستخدم الطاقة البيولوجية التقليدية للطهي إلى النصف بحلول عام 2015.

إزالة الغابات

مع تزايد الطلب على الأراضي لإنتاج وقود بيولوجي سائل من الجيل الأول من المحتمل أن يزيد الضغط على الغابات في مختلف أنحاء العالم. وفي كثير من الحالات ستكون تكلفة الفرصة عالية جداً لمنع تحويل الغابات لاستخدامات أخرى جذابة ستظهر إذا استمر تقدم الطاقة البيولوجية بسرعته الحالية. وستبدأ إزالة الغابات عندما تكون تدابير حماية الغابات وإدارتها إدارة مستدامة تدابير غير فعالة أو غير منفذة.

وسيؤدي فقدان مساحات من الغابات إلى إطلاق الكربون وإلى خسارة التنوع البيولوجي. كما ستتأثر ملكيات الأراضي وحقوق استخدامها إذا كانت الملكية من النوع التقليدي أو إذا كانت الحقوق غير معترف بها بالكامل. وقد كانت محاصيل الصويا وقصب السكر ونخيل الزيت مرتبطة كلها بإزالة الغابات مما أدى إلى انبعاثات غاز الدفيئة بدرجة كبيرة في البلدان التي انتشر فيها انتشار هذه المحاصيل (GRAIN, 2007).

ورأت الدراسات الحديثة أن الحوافز الاقتصادية لإنتاج الوقود البيولوجي تؤدي إلى تزايد تحويل الغابات أو الأراضي العشبية مما يطلق الكربون المخزون في النباتات والتربة أثناء عمليات التحلل أو بفعل الحرائق (Searchinger *et al.*, 2008). ولا يمكن التغاضي عن أهمية إدخال تغيير استخدامات الأراضي عند حساب الكربون أثناء تنمية الطاقة البيولوجية. فتفيد التقديرات مثلاً بأن إحلال نخيل الزيت بطريقة مستدامة محل غابة ثانوية يتطلب 50 إلى 100 سنة لإعادة حبس الكربون الذي انطلق (Butler, 2007b).

وقد أُزيلت مساحات كبيرة من الغابات المطيرة أو تجري إزالتها لزراعة نخيل الزيت. وتوجد أكبر مساحات مزروعة بنخيل الزيت في إندونيسيا وماليزيا. وهناك تقديرات بأن نحو 17 إلى 27 في المائة من إزالة غابات إندونيسيا ربما يرجع إلى زراعة نخيل الزيت أما الرقم المماثل في ماليزيا فربما يصل إلى 80 في المائة. وفي إندونيسيا هناك 3.6 مليون هكتار مزروعة بنخيل الزيت وهذا الرقم يزيد بنحو 13 في المائة كل سنة (FAO, 2007c). وفي الوقت نفسه هناك 1.8 مليون هكتار من الغابات تختفي كل سنة أي ما يعادل 2 في المائة من الغطاء الحرجي في البلد بأكمله. وقد أدى هذا لا إلى كثير من الانبعاثات ثاني أكسيد الكربون فحسب بل إنه زاد من التهديد الذي تتعرض له كثير من الأنواع المهددة بالانقراض (UNECE/FAO, 2007).

وتزيد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بوجه خاص عند إقامة زراعات نخيل الزيت على أراضي البيت بعد تجفيفها، وتفيد دراسة Hooijer *et al.* (2006)، أن 27 في المائة من زراعات نخيل الزيت توجد في مثل هذه الأراضي. وتشمل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من أراضي البيت المجففة في إندونيسيا 400 1 ميغاطن من حرائق هذه الأراضي و600 ميغاطن من تحلل تلك الأراضي.

والمقدر أن ذلك يعادل نحو 8 في المائة من الانبعاثات العالمية من حرق الوقود الأحفوري، مما يجعل إندونيسيا في المرتبة الثالثة من حيث انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بعد الولايات المتحدة والصين (Hooijer *et al.*, 2006). وهناك دلائل على أن منتجات الطاقة البيولوجية، بما في ذلك بعض المنتجات المخصصة للطاقة البيولوجية، تساهم في هذا الاتجاه. فمثلاً تستخدم كميات كبيرة من زيت النخيل لإنتاج الديزل البيولوجي، وبصفة أساسية لاستخدامه في أوروبا (Carrere, 2001; Colchester *et al.*, 2006).

ويمكن أن تنتج عن زيادة استخدام الطاقة البيولوجية في البلدان الصناعية آثار واسعة النطاق في العالم بأكمله. وفي الوقت الحاضر يصدق هذا الرأي على الوقود البيولوجي السائل الذي يسهل نقله. ولكن عندما تصبح أنواع الوقود البيولوجية السائلة المستمدة من المواد الخشبية صالحة للتسويق تجارياً فإن البلدان التي لديها موارد حرجية كبيرة ربما تشعر بالرغبة في زيادة إمدادات المواد الأولية في إنتاج الطاقة البيولوجية، مما يؤدي إلى خسارة الغابات عندما لا تكون خاضعة لإدارة مستدامة.

والغابات المتدهورة يمكن أيضاً أن تصبح هدافاً للتوسع في استزراعات الطاقة البيولوجية. وإذا كانت هذه الغابات ليست في أفضل أحوالها فإنها لا تزال تحتفظ بمستويات عالية من التنوع البيولوجي وبكميات كبيرة من الكربون وقد تكون أيضاً شبكة أمان للسكان المحليين من حيث توفير الأغذية وسائر المنتجات. وليس من المعروف حتى الآن ما إذا كانت هذه المساحات يمكن إدارتها إدارة مستدامة لإنتاج مجموعة من السلع والخدمات إلى جانب إنتاج الطاقة البيولوجية، ولكن الاتجاهات الحديثة لا تبعث على الثقة.

وفي سنة عام 2007 أعلنت إدارة الغابات الحكومية الصينية مبادرة لإقامة مزرعتين من أشجار *Jatropha curcas* في إقليمي يونـّـان وسيشوان لإنتاج الوقود البيولوجي. ومنذ ذلك الحين أعلنت الإدارة عزمها على تخصيص أكثر من 13 مليون هكتار من أراضي الغابات للتوسع في إنتاج هذا الوقود كما أن إدارة الغابات في إقليم يونـّـان تنوي تخصيص 1.3 مليون هكتار بحلول عام 2015 بهدف إنتاج أربعة ملايين طن من الإيثانول و600 000 طن من الديزل البيولوجي كل سنة (Liu, 2007). ويقال إن هذه الزراعات ستنفذ على أراضي غابات متدهورة وعلى أراضي محصولية قدّرت بنحو 4 مليون هكتار في مقاطعة يونان وحدها. كما أن المناطق الواقعة في جنوب غرب الصين بها أيضاً مساحات حرجية تتمتع بتنوع بيولوجي عالٍ وبقيم حماية الأراضي(Perley, 2008).

وقبل تنفيذ مثل هذه الخطط يجب على البلدان تقييم انبعاثات غاز الدفيئة وغير ذلك من النتائج البيولوجية التي ترتبط بمختلف بدائل إنتاج الطاقة البيولوجية من حيث وجود دورة حياة كاملة أي مجموع التأثيرات البيئية الناشئة عن هذا الإنتاج، بما في ذلك التغير في استخدامات الأراضي. ومن المعترف به تماماً أن الطاقة البيولوجية تستطيع تقليل انبعاثات غاز الدفيئة. وهناك مشروعات معروضة عرضاً جيداً في سلسلة المشروعات العالمية التي ستمولها آلية التنمية النظيفة بموجب بروتوكول كيوتو. ومن شأن هذه الآلية وغيرها أن تساعد على التغلب على الحواجز المالية لتنمية وقود بيولوجي يكون كفؤاً في استخدام الكربون، ولكن نظراً لتعقد القواعد والإجراءات فإن الوصول إلى هذه الآلية ما زال محدوداً حتى أمام البلدان المتقدمة، (Peskett *et al.*, 2007).

6. خيارات السياسات والتوصيات

سيستمر نمو الاستهلاك العالمي من الطاقة. ورغم القلق بشأن تغير المناخ وأمن الطاقة فإن الوقود الأحفوري سيظل هو المصدر الأساسي للطاقة. وفي الوقت نفسه فإن أسعار هذا الوقود الأحفوري المرتفعة ستشجع البلدان على تحقيق مزيد من الكفاءة في الطاقة. وقد بدأ بالفعل التحول التدريجي من الوقود الأحفوري إلى أنواع الوقود البديلة من أجل الحصول على الطاقة ومن أجل عمليات النقل. وتتزايد الاستثمارات في البحوث والتطوير في قطاع الطاقة البيولوجية وستكون التكنولوجيا متوافرة في وقت قريب لتحويل السيلولوز إلى وقود بيولوجي سائل على نطاق واسع وبأسعار جذابة اقتصادياً. وستكون لهذا تأثيرات كبيرة على إدارة الغابات في المستقبل.

وفي معظم البلدان لا تزال السياسات والبرامج التي ترمي إلى تنشيط استخدام الطاقة البيولوجية في مراحلها الأولى. ومعظم البرامج تركّز على الوقود السائل، وخصوصاً لقطاع النقل. وهذه السياسات والبرامج تميل إلى أن تكون محدودة النطاق ويتركز انتباهها على التدابير التنظيمية لا على الاستثمار في مجالات مثل البحث والتطوير، وتحرير الأسواق، والمعلومات والتدريب. وحتى الآن لم يحدث إلا قليل من نقل التكنولوجيا أو المعلومات عن الطاقة البيولوجية من البلدان المتقدمة إلى البلدان النامية.

وتتوافر لدى عديد من البلدان النامية إمكانيات هائلة لإنتاج الطاقة من الغابات والأشجار خارج الغابات وذلك باستثمارات ومخاطر قليلة. ولكن هذه الإمكانيات ليست واضحة تماماً في استراتيجيات تنمية الطاقة الوطنية. فسوء إدارة الغابات ونقص المعلومات السليمة – وهما في الغالب نتيجة لانتشار عمليات الغابات غير الشرعية – غالباً ما يعوقان تقييم الإمكانيات الاقتصادية والاجتماعية تقييماً كاملاً من حيث قدرة الغابات والأخشاب على إنتاج الطاقة. ومتى أمكن إدارة الغابات بطريقة مستدامة وشفافة فسيؤدي ذلك إلى منافع متعددة تشمل تحسين إنتاج الطاقة[1].

وتتطلب مشروعات الطاقة البيولوجية الواسعة وجود مساحات شاسعة من الأراضي بحيث أنها يمكن أن تؤثر على الأمن الغذائي وعلى التركيب الاجتماعي وعلى التنوع البيولوجي وعلى صناعة تجهيز الأخشاب ومدى توافر المنتجات الخشبية. ومن أجل تخفيف هذه التأثيرات لا بد من وضع تخطيط لاستخدامات الأراضي، والنظر في سياسات القطاعات الأخرى وإيجاد إدارة حكومية رشيدة. كما أن إشراك جميع أصحاب المصلحة عند وضع هذه الاستراتيجيات له أهمية كبرى في تحقيق التوازن بين مختلف نواحي التعارض بين التأثيرات والمنافع الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

[1] التوصيات الواردة هنا مأخوذة بقدر كبير من الحدث رفيع المستوى الذي رتبت منظمة الاغذية والزراعة لعقده عن الغابات والطاقة في روما من 17 الى 24 نوفمبر/تشرين الثاني 2007 ومن:
the International Tropical Timber Organization (ITTO), International Conference on Wood-based Bioenergy, Hanover, Germany, 17-19 May 2007; the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) Workshop on Mobilizing Wood Resources, Geneva, 11-12 January 2007; and the UNECE/FAO Policy Forum on Opportunities and Impacts of Bioenergy Policies and Targets on the Forest and Other Sectors, Geneva, Switzerland, 10 October 2007.

وفي أي استراتيجية وطنية يكون من المهم النظر في كفاءة الكربون والطاقة عند استخدام الغابات والزراعة لإنتاج الطاقة، وكذلك مردودية التكاليف، والإنجاز البيئي. وقد يساعد غرس الأشجار على تخفيف آثار تغير المناخ، ويوقف تعرية التربة ويصلح النُظم الإيكولوجية وخصوصاً في المناطق المتدهورة؛ ولكن الاستزراعات واسعة النطاق من محصول وحيد يمكن أن تكون لها آثار سلبية على موارد التربة والمياه.

وغالباً ما تكون الموارد المالية والقدرة البشرية محدودة لدى البلدان النامية بحيث أن تنمية الطاقة البيولوجية يجب أولاً أن تبدأ باستكشاف الفرص استناداً إلى الكتلة البيولوجية الموجودة بالفعل وإلى التكنولوجيا التي ثبت جدواها. وإدماج توليد الطاقة في العمليات الصناعية الحرجية هو طريقة تنافسية لتقليل الأخطار، وزيادة الربحية وتحسين إدارة الغابات. كما أنه يُقوي أمن الطاقة ويُساهم في تخفيف تغير المناخ وعلى ذلك يجب أن يكون له الأولوية في عمليات الاستكشاف.

وستستفيد البلدان كلها من تحسين المعلومات عن المادة الأولية الخشبية لإنتاج الطاقة، بما في ذلك الكتلة البيولوجية المسترجعة من العمليات الحرجية ومن تجارة الكتلة البيولوجية الحرجية. ويحتاج الأمر إلى موارد لتقييم إمكانيات تنمية الطاقة البيولوجية والطاقة الخشبية، وخصوصاً:

- وضع تخطيط كمي لإمكانية الكتلة الحيوية الحرجية على توليد مختلف مخرجات الطاقة (مثلاً الحرارة، الطاقة، الوقود البيولوجي السائل من المادة الخشبية)؛
- تقييم إمكانية مساهمة الغابات الطبيعية، والكتلة الحيوية الخشبية الواقعة خارج الغابات، واستزراعات الطاقة، والبقايا والمواد المتخلفة من الاستهلاك في إنتاج الطاقة الخشبية؛
- التعارض بين مختلف قرارات استخدامات الأراضي.

و لم يعد التحليل التقليدي لعرض الأخشاب والطلب عليها كافياً، لأنه كان يتركز على إزالة الأخشاب من الغابات وعلى المدخلات الخشبية في الصناعات. ولهذا ففي البلدان التي بلغت مرحلة من التقدم لا بد من أسلوب أحدث يستند إلى توازن الموارد الخشبية. وبقدر الإمكان يجب أن يكون جمع المعلومات متفقاً مع عمليات تقديم التقارير المتبعة الآن وخصوصاً في التقييم العالمي للموارد الحرجية الذي تضعه منظمة الأغذية والزراعة.

ويجب على جميع البلدان وضع أهداف للسياسات على المستوى الوطني في قطاع الغابات والطاقة، بحيث تعكس مبادئ التنمية المستدامة والإدارة الحرجية المستدامة. وينبغي أن تراعي الأهداف المرسومة التأثيرات الوطنية والدولية والتأثيرات التي ستحدث بين مختلف القطاعات الاقتصادية. كما ينبغي توجيه الاهتمام إلى أوجه التعارض بين الطاقة الخشبية والطاقة الزراعية وغيرها من مصادر الطاقة وخيارات استخدامات الأراضي. وفيما يلي النقاط التي يجب وضعها موضع الاعتبار عند رسم سياسة وطنية للطاقة الخشبية:

- ينبغي في عمليات السياسات معالجة الطاقة البيولوجية على أنها قضية تشمل جميع القطاعات وإدماج الطاقة في الغابات والزراعة وغيرها من سياسات استخدامات الأراضي.
- ينبغي أن يكون وضع السياسات مصحوباً بالتشاور بالقدر الكافي وتحليل التأثيرات البيئية والاقتصادية والاجتماعية في سياق الظروف النوعية على المستوى الإقليمي والوطني والمحلي.
- يجب تحسين تدفق المعلومات إلى أصحاب الغابات والحائزين وإلى الجمهور العام والمستهلكين بصفة عامة حتى يمكن دعم اتخاذ قرارات سليمة عن إدارة الموارد الحرجية.

- يجب في عمليات السياسات النظر في العمالة في الريف، وحماية البيئة، وإدارة استخدامات الأراضي، والنظر في قطاع المنتجات الحرجية وغيره من المجالات المتصلة بها الموضوع حتى يمكن التوصل إلى أوجه التآزر بينها وتجنب التأثيرات السلبية.
- ينبغي أن تقدم السياسات دعماً واسعاً لتسهيل تنمية الطاقة البيولوجية بما في ذلك التعليم والتدريب، والبحث والتطوير، وباللجوء إلى تدابير النقل البنية الأساسية، دون الاكتفاء بتقديم حوافز للمنتجين والموزعينوالمستهلكين.
- يجب أن تجاهد عمليات السياسات لخلق توازن مناسب بين الزراعة والغابات، وبين الواردات والكتلة البيولوجية. ويجب اتخاذ تدابير أيضاً لتفادي المنافسة مع الإنتاج الغذائي.
- يجب النظر في تأثيرات سياسة الطاقة البيولوجية على القطاعات الاقتصادية الأخرى من أجل تجنب تشويه الأسواق.
- يجب أن تتأكد الحكومات من أن الاستراتيجيات والتشريعات خارج قطاع الغابات ليس لها تأثير سلبي على تعبئة قطاع الأخشاب لإنتاج الطاقةالبيولوجية.
- ينبغي رصد السياسات بصورة منتظمة وفي أوقات معروفة لتفادي التأثيرات السلبية على البيئة والمجتمعات الريفية.
- يجب اتخاذ خطوات لتجنّب تدمير الموارد القيّمة سواء كانت موارد طبيعية أو التنوع البيولوجي.

وفيما يتعلق بعرض الأخشاب وصناعات الأخشاب يجب معالجة القضايا التالية:

- ضمان تعبئة الموارد الخشبية بمعالجة العوائق القانونية وعوائق المؤسسات (مثل ملكية الغابات)، والحصول على البيانات، والبنية الأساسية الحرجية، وتوفير أسعار كافية للأخشاب؛
- القوانين والأنظمة والسياسات الداعمة، إلى جانب المعلومات وتحفيز أصحاب الغابات ومنظمي المشروعات وغيرهم من الوحدات؛
- المكاسب في الكفاءة بفضل زيادة كثافة استخدام الموارد الحرجية الموجودة، بما في ذلك أنواع الأخشاب ومخلفات الغابات ومخلفات الصناعة التي لا تُستخدم في الوقت الحاضر، والكتلة البيولوجية الخشبية خارج الغابات والمنتجات الخشبية المسترجعة بعد الاستهلاك؛
- التوسع طويل الأجل في مساحة الغابات وتعزيز إنتاجية الموارد الحرجية، مثل الابتكارات في استزراع الغابات وفي المجال الوراثي.

وهناك أهمية كبيرة لنقل الطاقة والتكنولوجيا التي تُحقق الكفاءة في استخدام الموارد إلى البلدان النامية عند إنتاج طاقة بيولوجية خشبية حتى يمكن بلوغ أهداف تنظيم تغير المناخ عند تنمية الطاقة البيولوجية. والوضع الحالي يوفر فرصة كبرى أمام قطاع الغابات ليجد نفسه أدوار جديدة وليساهم في أمن توفير الطاقة وفي تخفيف تغير المناخ بالاستعاضة عن الوقود الأحفوري وبحبس الكربون في الغابات وفي المنتجات الحارجية.

المصطلحات

لم يستقر الاستعمال الدولي لمصطلحات الطاقة البيولوجية حتى الآن. وفي هذا المطبوع تكون للمصطلحات المستخدمة المعاني التالية، وهي واردة بحسب الترتيب الأبجدي الإنكليزي:

الطاقة الزراعية
هي الطاقة المستمدة من محاصيل مزروعة خصيصاً لهذا الغرض ومن المنتجات الثانوية والمخلفات والبقايا الزراعية والحيوانية.

الديزل البيولوجي
هو وقود بيولوجي ينتج من عدة مواد أولية تشمل الزيوت النباتية (مثل زيت النخيل، والبذور الزيتية واللفت والجاتروفا والصويا)، أو من الدهون الحيوانية أو الطحالب.

الطاقة البيولوجية
تشمل جميع أنواع الطاقة المستمدة من وقود بيولوجي ومنها الطاقة الخشبية والطاقة الزراعية.

الإيثانول البيولوجي
وقود بيولوجي ينتج من النباتات الغنية بالسكر (مثل قصب السكر والذرة والشمندر السكري والكسافا والقمح والسرغوم) أو من النشا.

الوقود البيولوجي
أي وقود يُنتج من الكتلة البيولوجية، سواء كان جامداً أم سائلاً أم غازياً.

الكتلة البيولوجية
مواد عضوية تكون موجودة فوق التربة وتحت التربة وتكون إما حية أو ميتة، مثل الأشجار والمحاصيل وأنواع الأعشاب وبقايا الأشجار والجذور.

المصافي البيولوجية
جيل جديد من المصافي يتوقع منه أن يُنتج لا الطاقة والحرارة فحسب بل أيضاً أن ينتج وقوداً للنقل وأن يُنتج منتجات صناعية.

السائل الأسود
وقود خشبي سائل، ينتج كمنتجات ثانوية في صناعة لب الورق.

المادة السيلولوزية
جزء اساسي في مكونات النباتات الارضية، يوجد في الاخشاب مع مادة شبه سيلولوزية وخشبية.

محاصيل الطاقة
محاصيل تُزرع لإنتاج وقود بيولوجي، أو تُستغل استغلالاً فورياً لمحتواها من الطاقة. وتكون زراعة محاصيل الطاقة التجارية زراعة كثيفة في العادة، وتكون أنواعها من المحاصيل وفيرة الغلة مثل *Miscanthus*, *Salix*, *Populus*.

المادة الأولية
أي كتلة بيولوجية مخصصة لتحويلها إلى طاقة أو وقود بيولوجي. فمثلاً قد تكون الذرة مادة أولية لإنتاج الإيثانول، ويكون زيت الصويا مادة أولية لإنتاج الديزل البيولوجي. وتتميز الكتلة البيولوجية بأنها يمكن أن تكون مادة أولية مهمة في إنتاج الوقود البيولوجي.

الوقود البيولوجي من الجيل الأول
الوقود المنتج من محاصيل زُرعت خصيصاً لهذا الغرض.

الكتلة البيولوجية الحرجية
أي كتلة حيوية توجد في الغابات وتشمل الأشجار والأوراق والفروع والجذور. ومن أنواع الكتلة البيولوجية التي يستهدفها إنتاج الطاقة: قمم الأشجار والفروع المتروكة بعد حصد الأخشاب، الأشجار قليلة الجودة في الغابات الخاضعة للإدارة، الأشجار التي تزال أثناء عمليات إعداد الأراضي، بقايا الأخشاب من المناطق الحضرية، والمخلفات الخشبية من مناشر الأخشاب.

الغطاء الحرجي
النسبة المئوية من الأراضي المغطاة بالغابات في مساحة معينة.

الوقود الأحفوري
مصدر طاقة غير متجدد يُنتج من بقايا الكائنات الحية التي تراكمت تحت الأرض على مر العصور الجيولوجية، ويكون سائلاً (نفط) أو جامداً (فحم أو بيت) وغازياً (غاز طبيعي).

محاصيل الوقود
انظر محاصيل الطاقة

حطب الوقود
أخشاب بحالة بدائية، (مثل شظايا الأخشاب أو نشارة الأخشاب أو كريات خشبية) تُستخدم لتوليد الطاقة.

الوقود الخشبي الغازي
غاز ينتج من تغويز أنواع الوقود الخشبي الجامد أو السائل.

غاز الدفيئة
مركبات كيميائية في الغلاف الجوي تحبس الإشعاع الشمسي والحرارة الشمسية.

Jatropha
وهي أساساً جنبات دائمة الخضرة من نوع *Jatropha curcas* توجد في آسيا وأفريقيا وجزر الهند الغربية. وبذورها لا تؤكل ولكنها تحتوي على نسبة كبيرة من الزيت يمكن استخدامه في إنتاج ديزل بيولوجي.

الوقود البيولوجي السائل
أنواع وقود من أصل بيولوجي تُستخدم في شكلها السائل، مثل الديزل البيولوجي والإيثانول البيولوجي، وهي تُصنع الآن أساساً من محاصيل غذائية تشمل نخيل الزيت وقصب السكر والذرة واللفت والصويا والقمح.

الوقود الخشبي السائل
السائل الأسود والإيثانول والميثانول وزيت pyrolytic.

أنواع الوقود البيولوجي السائلة
انظر الوقود البيولوجي من الجيل الثاني

المنتجات الثانوية من المدن
نفايات مثل نفايات الصرف الصحي وغاز المواد المطمورة، والمخلفات الجامدة في المدن.

الوقود غير المتجدد
وقود من موارد غير متجددة ستنتهي إلى التناقص وتُصبح غالية جدا أو مضرة بالبيئة جداً بحيث لا يُجدي محاولة استرجاعها، ويشمل الوقود الأحفوري من الفحم والبترول والغاز الطبيعي والطاقة النووية.

أخشاب اللب
أنواع الأخشاب التي تُستخدم في إنتاج الورق.

التحليل بالحرارة
إنحلال المادة العضوية كيميائياً بفعل الحرارة عند عدم وجود أكسجين، وهي طريقة لتحويل الكتلة البيولوجية إلى ديزل بيولوجي.

الطاقة المتجددة
طاقة تُنتج من مصادر يمكن تجديدها إلى ما لا نهاية، ومن أمثلتها الطاقة المائية والشمسية ومن حرارة الأرض ومن الرياح، أو تُستمد من كتلة بيولوجية يمكن إنتاجها بطريقة مستدامة.

الأخشاب المستديرة
الأخشاب في حالتها الطبيعية عند قطع الأشجار، سواء عليها القلف أم لا.

الأخشاب المنشورة
الأخشاب بعد نشرها.

الوقود البيولوجي من الجيل الثاني
أنواع الوقود المستمدة من مادة سيلولوزية ومن مخلفات المحاصيل ومن البقايا الزراعية والبلدية.

الكتلة البيولوجية الجامدة
الأخشاب وبقايا الأخشاب وغيرها من البقايا الجامدة.

الغاز التخليقي
هو مزيج من أول أكسيد الكربون والهيدروجين ينتج من تغويز مادة عضوية مثل الكتلة الحيوية باستخدام حرارة عالية. وبعد التنظيف يمكن استخدام هذا الغاز لتخليق جزيئات عضوية مثل الغاز الطبيعي التخليقي أو أنواع الوقود السائل.

الكتلة البيولوجية التقليدية
حطب الوقود، والمخلفات الزراعية وروث الحيوانات، وكلها تُستخدم لأغراض الطهي والتدفئة. ولا يزال استخدامها في البلدان النامية يجري على نطاق واسع وتُستخدم بطريقة غير مستدامة وغير مأمونة. وغالباً ما يكون التعامل فيها بطريقة منظمة وغير تجارية.

الطاقة الخشبية
الطاقة المستمدة من حطب الوقود والفحم النباتي والمخلفات الحرجية والسائل الأسود وأي طاقة أخرى مشتقة من الأشجار.

المادة الأولية الخشبية لإنتاج الطاقة
الأخشاب والكتلة البيولوجية المسترجعة من الغابات والأشجار لاستخدامها في إنتاج وقود.

حطب الوقود
هو الوقود المستخرج من مصادر خشبية بعضها جامد (حطب الوقود والفحم النباتي) وبعضها سائل (السائل الأسود، الميثانول، زيت البيروليتيك)؛ أو غازي من تغويز هذه الأنواع من الوقود.

الكريات الخشبية
أجزءا صغيرة تُستخدم في توليد الطاقة وتتألف من أخشاب جافة ومطحونة ومضغوطة.

المخلفات الخشبية
منتجات خشبية تترك أثناء حصد المنتجات الحرجية وعمليات تجهيز الأخشاب، وتكون على شكل شظايا خشبية أو ألواح أو نهايات طرفية أو نشارة أخشاب أو قصاصات الأخشاب أو خليط من هذه العناصر كلها فيما يسمى الوقود الخشبي المخلوط hog fuel.

المراجع

Abe, H., Katayama, A., Sah, B.P., Toriu, T., Samy, S., Pheach, P., Adams, M.A. & Grierson, P.F. 2007. Potential for rural electrification based on biomass gasification in Cambodia. Biomass and Bioenergy, 31(9): 656–664.

Aglionby, J. 2008. Indonesia faces dispute over biofuels fields. *Financial Times*, 11 February. Available at: www.ft.com/cms/s/0/aea8136e-d8b1-11dc-8b22-0000779fd2ac.html

Biofuelwatch. 2007. *Agrofuels: towards a reality check in nine key areas*. Available at: www.biofuelwatch.org.uk/docs/agrofuels_reality_check.pdf

Bowyer, J.L. & Stockmann, V.E. 2001. Agricultural residues: An exciting bio-based raw material for the global panels industry. *Forest Products Journal*, 51(1): 10–21.

Broadhead, J.S., Bahdon, J. & Whiteman, A. 2001. *Past trends and future prospects for the utilisation of wood for energy*. Global Forest Products Outlook Study Working Paper No. 5. FAO, Rome.

Butler, R.A. 2007a. Is peat swamp worth more than palm oil plantations? *Jakarta Post*, 22 August. Available at: news.mongabay.com/2007/0717-indonesia.html

Butler, R.A. 2007b. *Indonesian palm oil industry tries disinformation campaign*. 8 November. Available at: news.mongabay.com/2007/1108-palm_oil.html

Carrere, R. 2001. Oil-palm: the expansion of another destructive monoculture. *In The bitter fruit of oil-palm: dispossession and deforestation*. London, UK, World Rainforest Movement.

Colchester, M., Jiwan, N., Andiko, Sirait, M., Firdaus, A.Y., Surambo, A. & Pane, H. 2006. *Promised land: palm oil and land acquisition in Indonesia – implications for local communities and indigenous peoples*. Forest Peoples Programme, Sawit Watch, HuMA and the World Agroforestry Centre. Available at: www.forestpeoples.org/documents/prv_sector/oil_palm/promised_land_eng.pdf

EIA (Energy Information Administration). 2007. *International Energy Outlook 2007*. Washington, DC, USA. Available at: www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html

EIA. 2008. *Petroleum Navigator*. Washington, DC, USA. Available at: tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm

European Union. 2007. *Promoting biofuels as credible alternatives to oil in transport*. Press release, 10 January. Brussels, Belgium. Available at: europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/07/5

Faaij, A.P.C. 2003. Bioenergy in Europe: changing technology choices. *Energy Policy*, 34(3): 322–342.

FAO. 1997. *FAO provisional outlook for global forest products consumption, production and trade to 2010*. Rome.

FAO. 2000. *The energy and agriculture nexus.* Environment and Natural Resources Working Paper No. 4. Rome.

FAO. 2004. *Unified bioenergy terminology*. Available at: www.fao.org/DOCREP/007/j4504E/j4504e00.htm#TopOfPage

FAO. 2006a. *Impact of an increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: a longer-term perspective*, by J. Schmidhuber. Prepared for the International Symposium of Notre Europe, Paris, 27–29 November 2006. Available at: http://www.fao.org/es/esd/BiomassNotreEurope.pdf

FAO. 2006b. *Responsible management of planted forests: voluntary guidelines*. FAO Planted Forests and Trees Working Paper FP37E. Rome.

FAO. 2006c. تقييم حالة الموارد الحرجية في العالم 2005 - التقدم نحو الإدارة الحرجية المستدامة. دراسات الموارد الحرجية رقم 147. روما

FAO. 2007a. Bioenergy homepage. Rome, Natural Resources Management and Environment Department. Available at: www.fao.org/nr/ben/ben_en.htm

FAO. 2007b. *www.fao.org/forestry/sofo :* حالة غابات العالم. روما. موجود على

FAO. 2007c. FAOSTAT database. Rome. Available at: faostat.fao.org

Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S. & Hawthorne, P. 2008. *Land Cleaning and Biofuel Carbon Debt,* Sciencexpress. Available at: www.sciencexpress.org

Fresco, L.O. 2006. *Biomass for food or fuel: Is there a dilemma?* Amsterdam, the Netherlands, University of Amsterdam.

Global Insight. 2007. *The biofuels boom: A multi-client study*. Waltham, Massachusetts, USA.

GRAIN. 2007. The new scramble for Africa. *Seedling,* Agrofuels special issue. Barcelona, Spain.

Hillring, B. 1997. Price trends in the Swedish wood-fuel market. *Biomass Bioenergy*, 12(1): 41–51.

Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. & Page, S. 2006. *Assessment of CO_2 emissions from drained peatlands in South-east Asia*. Delft Hydraulics report Q3943. Delft, the Netherlands, Delft Hydraulics.

IATP (Institute for Agriculture and Trade Policy). 2007. *Patents: taken for granted in plans for a global biofuels market*. Minneapolis, Minnesota, USA. Available at: www.iatp.org/iatp/publications.cfm?refid=100449

IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal). 1979. *Sumário da viabilidade econômica-financeira da produção de etanol à partir da madeira*. Brasilia, Brazil.

IEA (International Energy Agency). 2003. *Background paper: coal industry advisory board meeting with IEA Governing Board*, 10 December. Paris, France. Available at: www.iea.org/textbase/papers/2003/ciab_demand.pdf

IEA. 2004. *World Energy Outlook 2004*. Paris, France.

IEA. 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris, France.

IEA. 2007a. *Renewables in global energy supply*. Paris, France. Available at: www.iea.org/textbase/papers/2006/renewable_factsheet.pdf

IEA. 2007b. *World Energy Outlook 2007*. Paris, France.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate change 2007 – the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, UK, Cambridge University Press. Available at: www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm

ITTO (International Tropic Timber Organization). 2002. *ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests*. ITTO Policy Development Series No. 13. Yokohama, Japan.

ITTO. 2005. *Increase in efficiency in conversion of tropical timber and utilization of residues from sustainable sources*. PD 61/99 rev. 4(I). Yokohama, Japan.

Karlsson, Å. & Gustavsson, L. 2003. External costs and taxes in heat supply systems. *Energy Policy*, 31: 1541–1560.

Knoef, H. A. M. 2000. The UNDP/World Bank monitoring program on small scale biomass gasifiers (BTG's experience on tar measurements). *Biomass & Bioenergy,* 18(1): 39–54.

Liu, Y. 2007 *Chinese biofuels expansion threatens ecological disaster*. Washington, DC, USA, Worldwatch Institute. Available at: www.worldwatch.org/node/4959

Lugo, A.E., Brown, S. & Chapman, J. 1988. An analytical review of production rates and stemwood biomass of tropical forest plantations. *Forest Ecology and Management*, 23(2–3): 179–200.

Mabee, W.E. & Roy, D.N. 2001. Fuelwood – an overview. *In A compendium of plant and animal life-cycle and their impact on the environment*, Vol. 2, pp. 310–317. Calcutta, India, Srebhumi Publishing Company.

Mabee, W.E. & Saddler, J.N. 2007. *Forests and energy in OECD countries.* Forests and Energy Working Paper No. 1. Rome, FAO. Available at: www.fao.org/forestry/energy

NAS (National Academy of Science). 1980. *Firewood crops: shrub and tree species for energy production.* Washington, DC, USA. Unpublished.

NRDC (Natural Resources Defense Council). 2006. *Ethanol: energy well spent – a survey of studies published since 1990*. New York, USA, NRDC and Climate Solutions. Available at: www.nrdc.org/air/transportation/ethanol/ethanol.pdf

Perley, C. 2008. *The status and prospects for forestry as a source of bioenergy in Asia and the Pacific*. Bangkok, Thailand, FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Peskett, L., Slater, R., Stevens, C. & Dufey, A. 2007. Biofuels, Agriculture and poverty reduction. *Natural Resource Perspectives 107*. London, UK, Overseas Development Institute. Available at: www.odi.org.uk/Publications/nrp/NRP107.pdf

Prasad, B. 2007. *Role of Indian agricultural cooperatives in development for biofuels*. Presented at the FAO/Regional Network for Development of Agricultural Cooperatives (NEDAC) regional workshop *Role of Agricultural Cooperatives in Bio-Fuel Development at Community-Level for Rural Food and Livelihood Security*, Bangkok, Thailand, 4–7 July.

Risø – National Laboratory for Sustainable Energy. 2003. *Risø energy report 2*. Roskilde, Denmark, Risø Technical University of Denmark.

Rosegrant, M.W., Msangi, S., Sulser, T. & Valmonte-Santos, R. 2006. Biofuels and the global food balance. *In* P. Hazell & R.K. Pachauri, eds. *Bioenergy and agriculture: promises and challenges*. 2020 Focus No. 14. Washington, DC, USA, International Food Policy Research Institute (IFPRI).

Rosegrant, M.W., Ringler, C., Msangi, S., Cline, S.A. & Sulser, T.B. 2005. International model for policy analysis of agricultural commodities and trade (IMPACT-WATER): Model description. Washington, DC, USA, IFPRI.

Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa J., Tokgoz, S., Hayes, D. & Yu, T.H. 2008. Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change. *Science*, 319: 1238-1240.

Spitzer, J. & Jungmeier, G. 2006. *Greenhouse gas emissions of bioenergy systems*. Presented at the European Conference on Bioenergy Research, Helsinki, Finland, 19–20 October.

STCP Data Bank. 1983–. STCP Engenharia de Projetos Data Bank. Curitiba, Brasil.

Steierer, F., Fischer-Ankern, A., Francoeur, M., Wall, J. & Prins, K. 2007. *Wood energy in Europe and North America: a new estimate of volumes and flows*. Geneva, Switzerland, UNECE/FAO, 6 February. Available at: www.unece.org/trade/timber/docs/stats-sessions/stats-29/english/report-conclusions-2007-03.pdf

Tomaselli, I. 1982. Liquidification of wood. *In* W.R. Smith, ed. *Energy from forest biomass*. Proceedings of the XVII IUFRO World Congress Energy Group. New York, USA, Academic Press.

Tomaselli, I. 2007. Forests and energy in developing countries. Rome, FAO.

Trømborg, E., Buongiorno, J. & Solberg, B. 2000. The global timber market: implications of changes in economic growth, timber supply, and technological trends. *Forest Policy and Economics*, 1(1): 53–69.

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2007. Timber Committee price database. Geneva, Switzerland. Available at: www.unece.org/trade/timber/mis/fp-stats.htm

UNECE/FAO. 2006. *Forest Products Annual Market Review, 2005-2006*. Geneva, Switzerland. Available at: www.unece.org/trade/timber/docs/fpama/2006/fpamr2006.htm

UNECE/FAO. 2007. *Forest Products Annual Market Review, 2006-2007*. Geneva, Switzerland. Available at: www.unece.org/trade/timber/docs/fpama/2007/fpamr2007.htm

UN-Energy. 2007. *Sustainable bioenergy: a framework for decision makers*. Available at: www.fao.org/docrep/010/a1094e/a1094e00.htm

US Department of Energy. 2008. *U.S. department of energy selects first round of small-scale biorefinery projects for up to $114 million in federal funding*. Press release. Available at: www.energy.gov/news/5903.htm

WHO (World Health Organization) Europe. 2006. Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. Copenhagen, Denmark, WHO Regional Office for Europe. Available at: www.euro.who.int/document/E88189.pdf

Wolf, M. 2007. Biofuels: a tale of special interests and subsidies. *Financial Times*, 30 October. Available at: www.ft.com/cms/s/0/40a71f96-8702-11dc-a3ff-0000779fd2ac.html?nclick_check=1

Worldwatch Institute. 2007. *Biofuels for transport: global potential and implications for sustainable energy and agriculture*. London, UK, Earthscan.

WTO (World Trade Organization). 2004. International trade statistics. Geneva, Switzerland.

Wu, C. Z., Huang, H., Zheng, S. P. & Yin, X. L. 2002. An economic analysis of biomass gasification and power generation in China. *Bioresource Technology*, 83(1): 65-70.

١٥٤

سلسلة الدراسات الحرجية للمنظمة

الغابات والطاقة

القضايا الرئيسية

ارتفاع استهلاك الطاقة وارتفاع أسعار الوقود الأحفوري، وتزايد انبعاثات غاز الدفيئة وكذلك تزايد القلق من الاعتماد على استيراد الطاقة، كلها عوامل تؤدي إلى البحث عن بدائل للاستغناء عن الوقود الأحفوري في إنتاج الطاقة. وقد أصبح الوقود البيولوجي في الوقت الحاضر أكبر مصدر للطاقة المتجددة التي ينتجها الكوكب الأرضي. فالأخشاب، ككتلة حيوية، تقدّم أعلى مستويات كفاءة استخدام الطاقة والكربون. وهذا المطبوع يستكشف العلاقة بين الغابات والطاقة. وهو ينظر في مساهمة الأخشاب، في الحاضر والمستقبل، في إنتاج الطاقة البيولوجية، وفي التأثيرات التي قد تظهر على الغابات بسبب تنمية محاصيل الوقود البيولوجي السائل. ويبدأ المطبوع باستعراض عام للعرض والطلب على الطاقة في العالم، مع إسقاطات حتى عام ٢٠٣٠. ثم ينتقل إلى النظر في مساهمة الطاقة الخشبية وذلك ضمن السياق العام لمناقشة مختلف محاصيل الطاقة البيولوجية واستخداماتها في إنتاج وقود بيولوجي من الجيل الأول والثاني. ويضع التحليل تقييماً للمفاضلة بين تطوير مختلف مصادر الطاقة البيولوجية ومخاطر تحويل الأراضي إلى هذه الاستخدامات. كما أنه يتناول مختلف قوى السوق والابتكارات التكنولوجية الجارية من أجل إنتاج الطاقة الخشبية. ويقدم المطبوع خيارات السياسات المطروحة والتوصيات من أجل تنمية الطاقة البيولوجية، ويؤكد على أهمية وضع تخطيط ورصد متكاملين لاستخدامات الأراضي، ونقل تكنولوجيا الطاقة الخشبية المتقدمة إلى البلدان النامية. وسيكون هذا المطبوع مفيداً لكل من المتخصصين والجمهور العام المهتم بمعرفة المزيد عن دور الغابات في إنتاج الطاقة.

ISBN 978-92-5-605985-7 ISSN 1728-4422

9 789256 059857

TC/M/I0139Ar/1/05.08/150