

Distr.
GENERAL

E/C.13/1994/6
10 January 1994
ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH

المجلس الاقتصادي والاجتماعي



اللجنة المعنية بمصادر الطاقة الجديدة
والمتجددة وبتسخير الطاقة لأغراض التنمية
الدورة الأولى

٧ - ١٨ شباط/فبراير ١٩٩٤

البند ٣ (ج) من جدول الأعمال المؤقت*

الطاقة والتنمية المستدامة: استخدام مصادر الطاقة بكفاءة

قضايا في مجال نقل تكنولوجيات الفحم النظيفة إلى
البلدان النامية

تقرير الأمين العام

موجز

تشير "تكنولوجيا الفحم النظيفة" إلى مجموعة متنوعة من الطرق التي تخفض كمية ثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النتروجين والجسيمات المتولدة خلال عمليات الاحتراق في محطات توليد الكهرباء العاملة بوقود الفحم أو التي تخفض من انبعاث هذه الملوثات. ويلزم الحد من هذه الانبعاثات لأنها تتسبب في وجود هواء غير صحي في الجو، وتسهم في تكوين "أمطار حمضية"، كما تسهم في تكوين الضباب الدخاني على مستوى سطح الأرض واستنفاد طبقة الأوزون في الأجواء العليا.

وتكنولوجيات الفحم التي ثبتت نظافتها متوفرة الآن تجارياً من أجل إعادة تجهيز محطات الكهرباء الموجودة. ويصف هذا التقرير القضايا والقيود المتضمنة في نقل هذه التكنولوجيات إلى البلدان النامية.

E/C.13/1994/1

*

الصفحة	الفقرات
٢	٩- ١ مقدمة
٥	٢٠-١٠ أولا - تكنولوجيايات الفحم النظيفة
٥	١٤-١١ ألف - تكنولوجيايات ما قبل الاحتراق
٦	١٩-١٥ باء - تكنولوجيايات الاحتراق وما بعد الاحتراق
٧	٢٠ جيم - تكنولوجيايات التحويل
٨	٤٤-٢١ ثانيا - المسائل المتصلة بنقل التكنولوجيا
٨	٢٨-٢١ ألف - اعتبارات التخطيط
١٠	٣٨-٢٩ باء - المسائل التقنية
١٣	٤٤-٣٩ جيم - القضايا الاقتصادية وقضايا السياسات

مقدمة

١ - الفحم مصدر وافر للطاقة استوفى احتياجات الانسان منذ بدء العصر الصناعي. واليوم، وبسبب القلق من احتمالات الاحترار العالمي والتهطلال الحمضي، كثيرا ما توجه الى الفحم الانتقادات بوصفه سببا رئيسيا للانحطاط البيئي على الصعيد المحلي والاقليمي والعالمي. بيد أن استخدام الفحم، بالنسبة لكثير من البلدان النامية، في توفير الطاقة والتنمية الاقتصادية ليس سوى البديل الوحيد في المستقبل المنظور؛ والسؤال الذي تطرحه هذه البلدان ليس "هل نستخدم الفحم أم لا ؟" بل "كيف نستخدم الفحم ؟".

٢ - وينبغي الإقرار أولا بأنه قد تم حل الكثير من المشاكل البيئية التي جرى تعيينها. بيد أن إدماج تكنولوجيات الفحم السليمة بيئيا في تخطيط الطاقة في البلدان النامية يتطلب إعادة تفكير في التكاليف والمزايا الحقيقية لاستخدام الفحم، الى جانب النهج المنقحة في نقل التكنولوجيا وتحويل مرافق الطاقة. ويلزم، على وجه الخصوص، أن تستحدث المرافق ووزارات الطاقة المرتبطة بها نهجا جديدة لإشراك القطاع الخاص المحلي والأجنبي.

٣ - ويشير مصطلح "تكنولوجيا الطاقة النظيفة" إلى جيل جديد من تكنولوجيات استخدام الفحم المتقدمة أنظف بيئيا، وأكفأ في كثير من الحالات وأقل تكلفة من عمليات استخدام الفحم التقليدية. وهذه النظم الجديدة في الطاقة وفي الحد من التلوث هي نتاج سنوات من البحث والتطوير في مئات من المختبرات الحكومية والخاصة في جميع أنحاء العالم. وتوجد في عديد من البلدان المتقدمة صناعيا، أي اليابان والولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية، برامج بحوث جارية في الإثبات العلمي لتكنولوجيا الفحم النظيفة وتقييمها، وهي تشمل كيمياء الفحم. واحتراق الفحم، والحد من التلوث. والإجراء الذي يلزم القيام به هو ترجمة نتائج الاختبارات التي تجرى في المختبرات الى السوق التجاري، ولا سيما في البلدان النامية. وإذا أمكن إثبات صلاحيتها بذلك فإن تكنولوجيات الفحم النظيفة، توفر إمكانات إيجاد بيئة أنظف وتكاليف أقل بالإسهام في حل القضايا المتعلقة بالأمطار الحمضية، وتغير المناخ العالمي، واحتياجات الطاقة في المستقبل والأمن الطاقوي.

٤ - وتشمل تكنولوجيات الطاقة النظيفة طرقا استحدثت لتخفيض مقادير ثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النتروجين والجسيمات المتولدة خلال عمليات الاحتراق في محطات توليد الكهرباء العاملة بوقود الفحم وتخفيض انبعاثات هذه الملوثات. وقد اعتمدت الأمم المتحدة تعريفا أوسع أساسا، يعتبر تكنولوجيات الفحم النظيفة جميع الابتكارات التكنولوجية التي تخفض الآثار البيئية طوال دورة الوقود الفحمي. وتشمل هذه أنشطة التعدين والنقل، بالإضافة الى تكنولوجيات ما قبل الاحتراق، والاحتراق وما بعد الاحتراق والتحويل.

٥ - وفي البداية اقتصر الانبعاثات غير المرغوبة الناتجة عن محطات توليد الكهرباء التي ستزيلها أو تخفضها هذه التكنولوجيات على أكاسيد الكبريت (ومعظمها ثاني أكسيد الكبريت). والنتروجين (من ن_٢، ن_٢ أ، ن_٢ أ، الخ...) التي يشار إليها في مجموعها بأنها ن_٢ وكذلك انبعاثات الجسيمات. وقد أضيف الآن أول أكسيد الكربون إلى القائمة. وقد حددت وكالة حماية البيئة التابعة للولايات المتحدة مؤخرًا الحدود لعدد من الانبعاثات الكريهة الأخرى الناجمة عن العناصر النزرة في الفحم أو المتولدة بمقادير ضئيلة أثناء الاحتراق، والتي يشار إليها في مجموعها، في بعض الأحيان، بأنها "سميات جوية".

٦ - وانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين التي يرمز إليها بـ س ك_٢ و ن_٢ أس ملوثات تحط من نوعية الهواء الجوي، وتتلغ النباتات وتزيد من أمراض الجهاز التنفسي؛ وهي أيضا سلائف في تكوين الأمطار الحمضية، التي صممت تكنولوجيات الفحم النظيفة لتخفيفها. ويوجد حاليا بعض الغموض بشأن ما إذا كان يمكن اعتبار الطرق المقترحة لتخفيض ثاني أكسيد الكربون (وهو "غاز دفيئة" قد يسهم في احترار مناخ الأرض باستيعابه للأشعة دون الحمراء المنعكسة) تكنولوجيات فحم نظيفة أم لا.

٧ - وتبغى الإشارة إلى أن التفكير في تكنولوجيات الفحم النظيفة بدأ بسبب الاستياء العام من التكلفة المرتفعة والأداء السيئ لنظم إزالة الكبريت من غاز المداخن التي كانت متوفرة تجاريا وقتئذ (المعروفة عامة بأجهزة غسل الغاز). بيد أن تعبير "تكنولوجيات الفحم النظيفة" يتضمن، كما يستعمل حاليا، نظم إزالة الكبريت من غاز المداخن، وكلا من نظامي الجير/الحجر الجيري المطفأ والجاف الذي وضع برنامج تكنولوجيات الفحم النظيفة ليحل محلها أو يحسنها.

٨ - ولم تثبت بعد صلاحية الكثير من تكنولوجيات الفحم النظيفة التي اختيرت للبحوث. وثمة تكنولوجيات أخرى، مثل حقن المواد الماصة في الأتنية، ولو أنها لا تزال في مراحل إثباتها العملي الأولي، تبدو احتمالاتها مشجعة للغاية. ومن السهل نقلها إلى البلدان النامية بسبب تكلفتها المنخفضة المسقطه وبساطة استعمالها النسبية.

٩ - وفي بعض الأحيان تدخل في التعريف العريض الحالي لتكنولوجيات الفحم النظيفة نظم التحكم في الجسيمات التي كانت قائمة بالفعل عندما بدأت برامج تكنولوجيات الفحم النظيفة، مثل أجهزة الترسيب الالكتروستاتيكية وحجرة المرشحات الكيسية. ونظرا لأن تصميم وأداء هذه النظم موصوفتين في الكتب المدرسية الهندسية الموحدة، فلن توصف هنا؛ بيد أنه ستجرى مناقشة تأثير تكنولوجيات الفحم النظيفة الأخرى على أدائها.

أولا - تكنولوجيايات الفحم النظيفة

١٠ - يمكن تصنيف التكنولوجيايات الموصوفة بإيجاز أدناه وفقا للمرحلة التي تطبق فيها - مرحلة ما قبل الاحتراق. مرحلة الاحتراق، ومرحلة ما بعد الاحتراق أو مرحلة التحويل. وترد في الجدول قائمة بجميع تكنولوجيايات الفحم النظيفة.

ألف - تكنولوجيايات ما قبل الاحتراق

١١ - تنظيف الفحم تكنولوجيايا سابقة للاحتراق مفيدة يمكن استخدامها لتخفيض محتوى الفحم من الرماد والكبريت. ويحتوي الفحم، عندما يعدن، على أشكال مختلفة من الكربون، والكبريت، والرطوبة، والغازات القابلة للاحتراق، والنتروجين. وكثيرا ما يحتوي على صوديوم وبوتاسيوم، وهما مادتان خاملتان تنتجان، في الغالب، رمادا بعد الاحتراق، ومجموعة من العناصر غير المرغوبة، مثل الزئبق، التي يمكن العثور عليها في الرماد، أو التي تتبخر أثناء الاحتراق. وقد استخدم تنظيف الفحم في البداية لتخفيض المواد الخاملة في الفحم المستخدم في صنع الصلب ولتخفيض تكلفة نقل الفحم مسافات طويلة. وقد حسّن أيضا من الأداء وقلل من صيانة الغلايات المشعلة للفحم. وغسل الفحم بالمياه أكثر الطرق شيوعا في تنظيف الفحم؛ ويمكن استخدام الهواء عندما لا تكون المياه متوفرة. ومن المهم للغاية كذلك، أن غسل الفحم يزيل جزءا رئيسيا من الكبريت البيريتي في الفحم. ويمكن تنظيف الفحم بدرجات متنوعة.

١٢ - وقد تطور تنظيف الفحم مؤخرا ليشمل مجموعة من الأساليب المتقدمة التي تشمل إضافة المواد الكيميائية (التنظيف الكيميائي للفحم) أو التي تشمل أشكالا أخرى من الطاقة. وتجري المختبرات والشركات الخاصة حاليا بحوثا على طرق مثل التكتل الانتقائي وتقويم الزبد المتقدم. وتطبق هذه الأساليب على عمليات المقصود منها تحويل الفحم الى سائل أو وقود غازي. وهي كثيفة استخدام الطاقة وباهظة التكاليف الى حد ما ولن تناقش هنا.

١٣ - وقد أقر منذ زمن طويل بمزايا تنظيف الفحم الطبيعي في تخفيض الانبعاثات وتحسين أداء محطات توليد الكهرباء العاملة بالفحم. وتقليل المواد الخاملة التي توجد عادة في الفحم يؤدي الى أداء محسن في الغلايات. وتكاليف صيانة أقل وانخفاض في الطلب على وحدات السحق، وتخفيض الرماد الذي يسبب تلف المعدات وتحات الأنابيب والذي يمكن أن يعرقل، إذا ترسب في أنابيب، نقل الحرارة، مما يؤدي الى تقليل الحاجة الى أجهزة الترسيب ومعالجة الرماد.

١٤ - وقد كان تنظيف الفحم الطبيعي عملية راسخة منذ زمن طويل قبل الاهتمام الذي أولي مؤخراً لتكنولوجيات الفحم النظيفة، رغم القيام الآن بتطوير معدات جديدة ورغم الاستمرار في تحسين المعدات القديمة. بيد أن إسهام تنظيف الفحم في تخفيض الانبعاثات الناجمة من محطات توليد الكهرباء لم يحظ بالتقدير الكافي إلا مؤخراً. وقد يكون أحد أسباب ذلك هو أن تنظيف الفحم الطبيعي لا يزيل سوى الكبريت المرتبط بالبيريترات في الفحم وليس الكبريت "العضوي". ومن الواضح أن التكرار الواسع للكبريت البيريترتي، ومدى إسهامه في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت والسهولة النسبية لإزالته مسائل لم تقدر على الوجه الصحيح. ويوجد الفحم البيريترتي، بل وينتشر، في أجزاء كثيرة من العالم ويسهم إلى حد كبير في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت. وهذه هي الحالة في الولايات المتحدة، حيث توصلت دراسة أجرتها وكالة حماية البيئة في عام ١٩٨٣ إلى أن غسل الفحم، في ٢٤ محطة لتوليد الكهرباء، قدرتها تزيد عن ٥٠٠ ميغاوات وحرقت فحماً يحتوي على أكثر من ١ في المائة من الكبريت ولا توجد بها نظم لإزالة الكبريت من غاز المداخن، أدى إلى تخفيض في انبعاثات الكبريت بلغت نسبته ٢٩ في المائة في المتوسط.

باء - تكنولوجيات الاحتراق وما بعد الاحتراق

١٥ - يمكن تقسيم تكنولوجيات الاحتراق وما بعد الاحتراق إلى فئات تبعاً للمادة الملوثة التي تتحكم فيها: حيث يمكن تصنيفها، على سبيل المثال، بمثابة تكنولوجيات التحكم في ثاني أكسيد الكبريت، أو تكنولوجيات التحكم في أكاسيد النيتروجين، أو تكنولوجيات التحكم في ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين معاً.

١٦ - وتتألف تكنولوجيات التحكم في ثاني أكسيد الكبريت بصفة رئيسية من أجهزة لإزالة الكبريت من غاز المداخن. فهي تزيل الكبريت من خلال التفاعل الكيميائي مع مواد ماصة للقلويات (مثل الجير أو الحجر الجيري عادة) ينضث بها على تيار الغاز بعد الاحتراق. ويشار كذلك إلى أجهزة إزالة الكبريت من غاز المداخن بوصفها "أجهزة غسيل الغاز" لأن غازات الاحتراق ينظر إليها كما لو أنها "غُسلت" أو "نُقيت". وتستطيع أجهزة غسيل الغاز إزالة ما يزيد عن ٩٠ في المائة من ثاني أكسيد الكبريت من غازات المداخن المنبعثة عن منشآت توليد الطاقة التي تشغل بواسطة حرق الفحم عالي نسبة الكبريت؛ ويمكن بلوغ الإزالة نسبة كفاءة تصل إلى ٩٥ في المائة باستخدام كاشفات محسنة.

١٧ - وتشتمل تكنولوجيات التحكم في أكاسيد النيتروجين على مواقع لأكاسيدات النيتروجين منخفضة الانبعاثات، والاحتراق التدريجي، وإعادة الحرق (بغازات طبيعية أو بالفحم)، وتخفيض انتقائي حفاز، وتخفيض انتقائي غير حفاز. وتشمل العمليات السابقة للتحكم في أكاسيد النيتروجين إدخال تعديلات على الاحتراق على نحو يقلل من كمية أكاسيدات النيتروجين من خلال إدخال هواء الاحتراق أثناء مراحل مختلفة

خلال الاحتراق فينتج عن ذلك "احتراق تدريجي"، أو من خلال إدخال الوقود على مراحل مختلفة خلال الاحتراق فينتج عن ذلك "إحراق الوقود على مراحل". وتستخدم كذلك طريقة "إعادة إحراق الوقود" وسواها من الطرق. وكل طريقة بمفردها يمكن أن تحقق، بصفة عامة، تخفيضاً يصل إلى ٥٠ في المائة، ولكن يمكنها، بالاقتران مع غيرها، أن تحقق تخفيضاً يصل إلى ٩٠ في المائة. ومن أجل نجاح التحكم في أكاسيد النتروجين يلزم توفر أدوات دقيقة لقياس ومراقبة تدفق الوقود والهواء وقياس درجات الحرارة وأكاسيد النتروجين. ويمكن الاضطلاع بالتخفيض اللاحق لأكاسيد النتروجين بطرق شتى. من بينها التخفيض الانتقائي غير الحفاز، ويتم ذلك بحقن و خلط النشادر واليوريا ومركَّب آخر من مركبات النتروجين في تيار غاز المداخن بالتركز الملائم والمقدار المناسب من الحرارة. وثمة طريقة أخرى، وهي التخفيض الانتقائي الحفاز، التي يستخدم أيضاً حقن أحد مركبات النتروجين ولكن تخفيض أكاسيد النتروجين يجري غالباً في مصفوفة حفاز لاحقة من قبيل الفاناديوم أو البلاتينيوم أو التيتانيوم.

١٨ - وتشمل تكنولوجيات التحكم في خليطة ثاني أكسيد الكبريت مع أكاسيد النتروجين الاحتراق على قاعدة ممیعة (وعلى وجه التحديد الاحتراق الجوي على قاعدة ممیعة أو مراحل الاحتراق الجوي على قاعدة ممیعة)، والاحتراق على قاعدة ممیعة دوارة (مراحل الاحتراق على قاعدة ممیعة دوارة)، والاحتراق على قاعد ممیعة مضغوطة (مراحل الاحتراق على قاعدة ممیعة مضغوطة)، وتكنولوجيات تنظيف الفحم والتكنولوجيات التكميلية. وإلى جانب استطاعة مراحل الاحتراق على قاعدة ممیعة على الاشتغال بفحم ذي نوعية متدنية وخصائص مختلفة فإنها تتمتع بمزية توليد كمية ضئيلة من أكاسيد النتروجين وتلغي الحاجة بالتالي الى استخدام أجهزة تنقية الغاز، وبمزية القدرة على إزالة ثاني أكسيد الكبريت من عملية الاحتراق عن طريق إضافة مادة ماصة الى مادة القاعدة تستطيع امتصاص ثاني أكسيد الكبريت لدى تشكله خلال عملية الاحتراق.

١٩ - ويشار أيضاً الى تكنولوجيات الفحم النظيفة بوصفها تكنولوجيات "التعديل التحديثي" أو "إعادة التمكين". وتعمل تكنولوجيات التعديل التحديثي على تخفيض الانبعاثات دون أن تؤدي الى إحداث زيادة كبيرة في قدرة منشآت توليد الطاقة، في حين تؤدي تكنولوجيات إعادة التمكين الى إحداث زيادة على المعايير السابقة للمنشأة.

جيم - تكنولوجيات التحويل

٢٠ - تقوم عمليات معينة بتحويل الفحم الى وقود "نظيف" مسيل أو غازي من قبيل الوقود غير المحتوي على كبريت أو نتروجين، أو بإزالة مركبات الكبريت أو النتروجين في خطوة وسيطة سابقة للاحتراق. وتضم العمليات مجموعة متنوعة من عمليات تحويل الخواص، وعدداً من عمليات تنظيف هذه

المنتجات الوقود السائل أو الغازي، وعددا من عمليات "الدورة المشتركة للتغوز المتكامل، التي يحول الفحم بواسطتها الى وقود غازي ذي حرارة تتراوح ما بين منخفضة وعالية بمقياس الوحدة الحرارية البريطانية، وذلك عن طريق الإحراق مع حقن البخار (واستخدام الأوكسجين عوضا عن الهواء، إذا استدعت الحاجة استخدام غاز ذي حرارة عالية بمقياس الوحدة الحرارية البريطانية). وفي عمليات الدورة المشتركة للتغوز المتكامل، لا يختزن الغاز الاصطناعي ولا ينقل وإنما يجري تنظيفه في خطوات لاحقة ويحرق على الفور في المحركات الغازية لتوليد الطاقة مع دمج خطوة التغوز مع خطوة توليد الطاقة على نحو يقلل الفاقد من الطاقة الذي يرافق عادة عملية التغوز الى أدنى حد ممكن. وهذه العمليات خضعت للبحث والتمحيص الى الحد الذي يسمح باستخدامها تجاريا.

ثانيا - المسائل المتصلة بنقل التكنولوجيا

ألف - اعتبارات التخطيط

٢١ - إن اختيار تكنولوجيا الفحم النظيفة للتعديل التحديتي لمنشأة طاقة كهربائية قائمة لا يعد من الإجراءات البسيطة لأنه ينطوي على عوامل اقتصادية وتكنولوجية كثيرة ولا يمكن الاضطلاع به بمعزل عن العوامل الأخرى بمجرد دراسة المنشأة المعنية ومدى توفر تكنولوجيات الفحم النظيفة. فقرارات من هذا النوع تتخذ عادة في سياق ما يعرف عادة باسم "استراتيجية الامتثال لاعتبارات البيئة" من أجل الوفاء بحدود معينة للانبعاثات من المصادر المختلفة، أو بالمعدلات الاجمالية على صعيد المنطقة على مدى فترة معينة من الوقت وفق ما تملية التشريعات والاتفاقات الأخرى. وينبغي أن تدرس، كحد أدنى، مساهمة منشأة معينة في مزيج توليد الطاقة في البلد ومستوى الانبعاثات الناشئة عنها. فعلى سبيل المثال، إذا كانت منشأة لتوليد الطاقة لا تعمل إلا نادرا فإن استعمال أجهزة تنقية الغاز ربما تكون، من وجهة نظر تقنية صرفة، خيارا ملائما لتكنولوجيا الفحم النظيفة. ولكن ارتفاع تكاليفها الأولية ربما يشجع على الاستغناء عن المنشأة أو تشغيلها (نادرا) بوقود نظيف مرتفع السعر وعالي النوعية من قبيل الغاز أو النفط المنخفض الكبريت. وقد يفضل استخدام أجهزة تنقية الغاز في منشأة جديدة نوعا ما لتوليد الطاقة ذات حمل أساسي وتشغل بالفحم ويسفر تشغيلها المستمر بعوامل طاقة عالية عن تخفيض تكلفة الكيلو واط/الساعة المضافة الى الطاقة المتولدة من تركيب جهاز تنقية الغاز.

٢٢ - وثمة مشكلة أخرى في عملية اختيار تكنولوجيا الفحم النظيفة وهي أنه سيتبين أن من المستصوب القيام، في حالة وجود منشأة قديمة للطاقة، بتجديدها (وربما تحسينها) عند التعديل التحديتي بحيث يمكن إطالة عمرها التشغيلي المجدي. ولن تبرر التكاليف المرتفعة لتركيب معظم تكنولوجيات الفحم النظيفة إلا إذا أمكن دفعها على مدى عدة سنوات من تشغيل المنشأة.

٢٣ - وعلاوة على ذلك، عندما يتعلق الأمر باستيفاء مستويات الانبعاثات من منشآت عديدة لتوليد الطاقة على صعيد المنطقة فإن من الأوفر اقتصاديا خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت بشكل جذري عن طريق تركيب أجهزة تنقية الغاز في بضعة من المنشآت الكبيرة ذات الحمل الأساسي، وعدم القيام بالتعديل التحديثي للمنشآت الأخرى وإنما تمكينها من العمل، كالسابق، دون أجهزة للتحكم في الانبعاثات. وعلى فرض توفر مواد ماصة ذات نوعية عالية (الجير أو الحجر الجيري) في السوق المحلية وبتكلفة منخفضة فبإمكان أجهزة تنقية الغاز إزالة ثاني أكسيد الكبريت من غازات المداخن بتكلفة معقولة وبكفاءة تصل إلى ٩٨ في المائة؛ أما أجهزة حقن المواد الماصة في الأقمشة، فتكاليف تركيبها أقل من تكاليف تركيب أجهزة تنقية الغاز ولكنها لا تزيل ثاني أكسيد الكربون بذات الدرجة من الكفاءة. وعندما يتعلق الأمر بعدة منشآت لتوليد الطاقة، فإن التحليل الاقتصادي الهنديسي، بغض النظر عن العوامل الأخرى، يمكن أن يكون معقدا تماما ويفضل الاضطلاع به بواسطة الحواسيب المزودة بجداول حسابية التي تتيح إمكانية تعديل المدخلات المختلفة ومعالجتها بصورة مستمرة.

٢٤ - غير أن الامتثال للاعتبارات البيئية يشمل عادة على أكثر من إجراء تحليل اقتصادي وتقني على أساس المنفعة على صعيد المنظومة. وأن اعتماد استراتيجية لخفض انبعاثات منشأة لتوليد الطاقة يؤثر بشكل جدي على اقتصاد البلد. ففي البلدان النامية التي تعتمد على موارد فحم محلية ذات نوعية رديئة، على سبيل المثال، يستلزم التحول إلى فحم أو وقود آخر ذي نوعية أفضل (أقل تلوثيا) إنفاق عملات أجنبية شحيحة بالإضافة إلى إغلاق المناجم المحلية وإحداث عطالة كبيرة.

٢٥ - لذا فإن تخطيط استراتيجية لخفض الانبعاثات يعتبر مسألة معقدة. ومتعددة الوجود. وينبغي أن يراعي موارد البلد من الوقود وتوليد الطاقة والقطاعات الصناعية (وإسقاطات نموها) فضلا عن النقل وعمليات التدفئة والتبريد السكنية والتجارية. وغالبا ما يتمكن برنامج شامل يستخدم طرقا مناسبة لكل قطاع من تحقيق خفض كبير في الانبعاثات الاجمالية بتكلفة أقل من برنامج مستقل بكل قطاع على حدة.

٢٦ - ولا يمكن المبالغة في التأكيد على أهمية وجود نصوص تشريعية بشأن اختيار تكنولوجيا الفحم النظيفة التي يعتمد عليها بلد ما (والتكلفة الكلية لبرنامج لخفض الانبعاثات). وقد تتضمن هذه النصوص كيفية قياس الانبعاثات وتسجيلها واحتساب متوسط وقتها، وعمر وحجم المراحل التي تنطبق عليها حدود الانبعاثات، وكيفية احتساب متوسط الانبعاثات حسب المنطقة وغير ذلك. وأن السماح بالتعبير عن الانبعاثات بمتوسط شهري أو متوسط سنوي، على سبيل المثال، يمكن أن يسفر عن تحقيق وفورات هامة نظرا لإمكانية الاستغناء عن المعدات الفائضة التي تلزم في حالة وجوب استيفاء المنشأة لحدود الانبعاثات المحسوبة على أساس المتوسط في الساعة أو اليوم.

٢٧ - وبالنظر لانتقال انبعاثات منشآت توليد الطاقة بسهولة عبر الحدود الوطنية، فإنه ينبغي تخطيط برامج خفض الانبعاثات (ووضع التشريعات) على أساس إقليمي. وإلا قد يؤدي برنامج باهظ التكاليف لخفض الانبعاثات يقوم به بلد ما الى نفع بلد مجاور تهب الرياح نزولا باتجاهه في حين تتأثر نوعية هواء البلد نفسه من جراء هبوب الرياح صعودا باتجاهه حاملة إليه انبعاثات غير خاضعة للتحكم على نحو كاف.

٢٨ - وفيما يلي بعض الأنظمة الحالية المتصلة بالانبعاثات المسموح بها من منشآت توليد الطاقة في الولايات المتحدة وألمانيا؛ في الولايات المتحدة، يتعين خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت من منشآت توليد الطاقة التي تزيد طاقتها عن ١٠٠ ميغاواط، الى حد أقل من ٢,٥ باوند لكل مليون من المدخلات الحرارية مقيسة بالوحدة الحرارية البريطانية، وذلك بحلول عام ١٩٩٥. وينبغي على منشآت توليد الطاقة الجديدة في الولايات المتحدة أن تخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت بنسبة تتراوح من ٧٠ الى ٩٠ في المائة تبعاً لمحتويات الفحم من الكبريت. وفي ألمانيا، التي توجد فيها أشد القوانين البيئية صرامة، يتعين إبقاء انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت من منشآت توليد الطاقة التي تبلغ طاقتها ١١٠ ميغاواط أو أكثر، أقل من ٠,٣ باوند لكل مليون من المدخلات الحرارية مقيسة بالوحدة الحرارية البريطانية، وإبقاء الانبعاثات من أكاسيد النتروجين أقل من ١٠٠ جزء من المليون من حيث الحجم.

باء - المسائل التقنية

٢٩ - حيث أن التنظيف الطبيعي للفحم لا يمكن، في كثير من الحالات، أن يزيل، في حد ذاته، قدراً كافياً من الكبريت للوفاء بالمعايير الحالية للانبعاثات في البلدان المتقدمة النمو، فإنه لا يلقى اهتماماً كبيراً. غير أنه ملائم بشكل خاص للبلدان النامية وبلدان أوروبا الشرقية التي تعتمد حالياً على الفحم لتوليد الطاقة ولا تتحمل التكاليف المرتفعة لأجهزة غسل الغاز. فالتنظيف الطبيعي للفحم بسيط ومنخفض التكاليف ويستخدم معدات تكنولوجية مبسطة يمكن صنعها محلياً. وعلى الرغم من أنه ليس في ذات درجة فعالية أجهزة غسل الغاز، فإنه يمكن أن يحد من الانبعاثات بما يكفي بإتاحة مواصلة استخدام مصادر الفحم المحلية التي كان من الممكن أن يجعلها استخدام تكنولوجيات الفحم النظيفة غير اقتصادية. وبالإضافة الى ذلك، فإن التنظيف الطبيعي للفحم حينما يقترن بالتكنولوجيات المنخفضة التكاليف الأخرى لتنظيف الفحم كاحتراق عادم مصنع تنظيف الفحم في مرجل قاعدي مسيل أو حقن مواد ماصة ما قبل الاحتراق وما بعد الاحتراق، فإنه يمكن أن يقلص انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت بدرجة كبيرة.

٣٠ - وكثيراً ما يتعين على مخططي قطاع الطاقة وأصحاب ومشغلي ذلك المرفق في البلدان النامية أن يختاروا بين تركيب قدرة جديدة (تقوم على أساس تكنولوجيا نظيفة للفحم) وإصلاح المعدات القائمة (مع احتمال إدخال تعديلات تحديثية على طرق مراقبة تجهيز الفحم النظيفة). ويبين جدول أعمال القرن ٢١

أن الأنشطة المضطلع بها لتعزيز تنمية الطاقة المستدامة ينبغي إيلاء "اهتماما خاصا لإصلاح وتحديث نظم الطاقة الكهربائية، ولا سيما في البلدان النامية"^(١). ومن الناحية التقنية والمالية، ولا سيما على المدى القصير، يعد تعزيز بدائل فعالة من حيث الطاقة لزيادة القدرة (حتى وإن كانت الأخيرة تكنولوجيا "نظيفة") من خلال استخدام القدرات الموجودة خيارا جذابا بالنسبة للمنافع العامة. فالتكاليف الإضافية لزيادة الفعالية أقل من تكاليف القدرة الجديدة، كما أن إطالة عمر محطة الطاقة القائمة أو إعادة تزويدها بالطاقة يمكن أن تنجز في وقت قصير نسبيا، وينبغي أن يقيم التعديل التحديثي لعمليات مراقبة تجهيز الضخم النظيف في ضوء تقييم للأثر البيئي والموارد المالية المتاحة.

٣١ - ويجري حاليا تكميل معايير التخطيط التقليدية الأقل تكلفة، وفي بعض الحالات تجاوزها، بنهج بديلة كالسيناريو، وتحقيق الحد الأمثل بصورة عشوائية، وتقييم المال، والمعاوضة الاستراتيجية للمخاطر. وعلى الرغم من أن جميع أدوات التخطيط هذه لها قدرة ملازمة على إدماج الخصائص البيئية في عملية صنع القرار، فإن العجز عن توفير بيانات مرجعية بيئية كافية قد يعيق التقييم الكامل للتكاليف والفوائد البيئية - وفي هذه الحالات، قد لا يتسنى تقييم تكنولوجيات الفحم النظيفة التي استحدثت استجابة للمعايير و/أو المبادئ التوجيهية البيئية، تقييما سليما.

٣٢ - وفي حين أنه تم بصورة متزايدة استحداث واستخدام نماذج متطورة لتحليل هذه المعاوَضات، بما في ذلك النماذج التي تدمج التكاليف والفوائد البيئية في عملية التخطيط، فإن استخدامها في قطاع الطاقة في البلدان النامية محدود. وتتمثل ثلاثة من العوامل التي تقيد استخدامها فيما يلي: تكاليف الحصول على معلومات كمية كافية وقوية؛ والنواحي الذاتية لتطبيق "عوامل الترجيح"؛ وعدم قبول مخططي السياسات.

٣٣ - وكانت المعلومات الكمية تشير في الماضي إلى التوصيف التقني للمعدات، بما في ذلك رأس المال ومصاريف التشغيل المتوقعة، والكفاءة التقنية، والتكاليف المقدرة للوقود. وفي حين أنه يمكن الحصول على هذه المعلومات من البلدان النامية على نحو أسهل مما كان في الماضي، فإنه يولى قدر أكبر من الاهتمام الآن للحصول على بيانات مرجعية بيئية قابلة للقياس (وبالتالي يمكن تمديدها نظريا من الناحية الكمية). وهناك بلدان قليلة مؤهلة لوضع قوائم جرد بيئية مفصلة والإبقاء عليها. وحيثما استخدمت هذه القوائم، أثارت تساؤلات فيما يتعلق بفائدتها في مقابل تكاليفها، ومن شأن وضع نهج موحد للتقييم البيئي لفائدة معايير "التدقيق" والمعايير البديلة وكذلك منهجيات تحديد الكمية أن يفيد مخططي الطاقة والمستثمرين وموردي المعدات والوكالات العامة الأخرى.

٣٤ - وتتمتع المرافق عن اتخاذ القرارات الاستثمارية ذات التكاليف الأولية الكبيرة في مقابل حالات عدم اليقين التنظيمية، بما في ذلك إمكانية توجيه ضرائب الكربون الناجمة عن اتفاقيات المناخ الدولية نحو

الاحترار العالمي. وفي حين أنه لا يمكن تقديم جواب مباشر، فإن ذلك يبرز الحاجة الى إدماج عدم اليقين في عملية التنبؤ والتحليل المالي.

٣٥ - وتتسم صناعة المرافق بأنها محافظة للغاية في كل من البلدان النامية والبلدان الصناعية، حيث يشكل توافر لوازم الطاقة وموثوقيتها هدفا أساسيا. ونتيجة لذلك، فإن على التكنولوجيا "الجديدة" أن تضع سجلا مثبتا لمسارها قبل أن تجتذب اهتمام مشغلي المرافق ومستثمريها. وهذه مسألة تنطوي، الى حد بعيد، على مخاطر متوقعة، ولا بد من إعطاء ضمانات بأن التكنولوجيات الجديدة ستكون صالحة في كل مكان، ويمكن أحد الحلول في أن يثبت المستثمرون والبائعون إثباتا كاملا جدوى تلك التكنولوجيات في بلد نام ما أولا، ثم يعملون على الحالة "فترة انتقالها" الى البلدان المتلقية. وبالنسبة للقطاع الخاص، يعد إثبات جدوى التكنولوجيا أقل تكلفة وخطرا في وضع أكثر انضباطا أولا، ومن ثم تجنب إخفاق برامج "البيان العملي" المكلفة.

٣٦ - إن الأساس التقني لصنع القرارات المتعلقة بتكنولوجيا الفحم النظيفة يكتنفه التعقيد، ويستلزم تدريباً شاملا في مجال التقييم المالي للمشاريع. بيد أن وصول الموظفين التقنيين والفنيين الى هذا التدريب كثيرا ما يكون بالغ الصعوبة في كثير من البلدان النامية. فأولا، هناك تصور بأن الطاقة ليست مجالا "متميزا"، الى جانب القلق من أن الفنيين المدربين قد يزداد احتمال ترك وظائفهم من أجل الحصول على أجر أفضل وفرص أكبر في أماكن أخرى. وبالإضافة الى ذلك، فإن كبار الموظفين كثيرا ما لا يكونون أحرارا في الاضطلاع ببرامج تدريبية مطولة. وعلى الرغم من اتباع نهج ابتكارية جديدة، كالسماح بتبادل الوظائف بين منظمات التدريب والمنظمات المتلقية، واستخدام أدوات التدريب الجديدة (كالأجهزة التلفزيونية التي تلتقط البرامج الحية عن بعد وأشرطة الفيديو المستهدفة)، فإنه ينبغي توجيه قدر أكبر من الاهتمام لنقل فوائد التدريب الى المرفق أو الوزارة ذاتها.

٣٧ - ويستلزم نقل التكنولوجيا أيضا فهم الوسط المؤسسي فضلا عن النواحي المادية للمشاريع في البلدان النامية. وبهذا المعنى، فإن التكنولوجيا ليست مجرد أجهزة وبرامج، بل هي أيضا ترتيبات مؤسسية داعمة وهياكل للحوافز. وينبغي أن يحدد تقييم تكنولوجيات الفحم النظيفة جميع المؤسسات والمنظمات البحثية ذات الصلة، وذلك استنادا الى قدرتها الوظيفية واحتياجاتها القانونية. وهذه المعلومات ضرورية أيضا لتنفيذ بناء القدرات على المدى البعيد من خلال تدريب الموظفين التقنيين والاداريين.

٣٨ - وتكمن القدرة على تقييم تكنولوجيا الفحم النظيفة بوضوح في الفهم الواضح لكيمياء الفحم وفيزياء احتراق الفحم. غير أن القدرة على إجراء البحوث الأساسية اللازمة في كثير من البلدان النامية يعيقها انعدام الأموال والهياكل الأساسية، وكبدل لذلك، لا بد من إقامة قدر أكبر من الترتيبات البناءة بين البلدان

النامية والبلدان المتقدمة النمو من خلال الحوار بين الشمال والجنوب. كما يمكن وضع برامج شاملة لتقييم تكنولوجيات الطاقة المناسبة القائمة على الفحم، على أن يكون ذلك في شكل مشروع مشترك حكومي دولي أو إقليمي. وقد يشمل الهيكل المحتمل لبرنامج من هذا القبيل ما يلي: تحديد التكنولوجيات؛ التقييم؛ الترتيب؛ الاختيار؛ البحث والتطوير؛ البيان العملي للنماذج الأولية، الترويج؛ النشر.

جيم - القضايا الاقتصادية وقضايا السياسات

٣٩ - يتمثل أحد الاعتبارات التي تتسم بأهمية متزايدة من البلدان النامية، ولا سيما بالنسبة للاقتصاد الذي يتجه نحو التصنيع على نحو مطرد، في ضمان الأمن في مجال الطاقة عن طريق أشكال متنوعة لتوليد الكهرباء، بما في ذلك الوقود الأحفوري والطاقة المتجددة. وينبغي أن تقيم تكنولوجيات الفحم النظيفة مع أخذ ذلك في الاعتبار. وترد في الشكل أدناه الحاجة المتزايدة للبلدان الصناعية في السنوات الأخيرة للحد من انبعاثات محطات الطاقة والزيادة المقابلة في تكلفة مكافحة الانبعاثات من محطات الطاقة الجديدة (أكثر من ٣٠ في المائة من التكلفة الاجمالية). كما أن تكلفة التعديل التحديثي وتشغيل تكنولوجيا الفحم النظيفة في المصانع القائمة أعلى من ذلك، وكثيرا ما تتجاوز التكلفة الأصلية للمصانع. ويلاحظ أن هذا الاستثمار الإضافي والضروري لا يسفر عن إنتاج إضافي يمكن بيعه؛ بل يؤدي فقط الى زيادة تكلفة الطاقة التي يتم توليدها.

٤٠ - وفي الماضي كانت الهياكل والنظم التقليدية للتمويل تضع الحكومة في مركز امتلاك تنمية المشاريع والسيطرة عليها. أما التمويل الجديدة لمبادرات تكنولوجيا الفحم النظيفة تستخلق أدوارا جديدة للحكومة؛ وفي بعض الحالات، سيكون هذا الدور مقتصرًا على المرحلة التقنية والتشغيلية للمشاريع. وبالإضافة الى ما يعنيه ذلك ضمنا من فقدان للسيطرة، فإن الهياكل الجديدة من المحتمل أن تشير معارضة مؤسسية على مستوى الادارة والموظفين.

٤١ - وثمة شاغل إداري وسياسي يتمثل في كيفية العمل مع الموظفين والاتحادات مع اعتماد تكنولوجيات الفحم الجديدة - إذ أن تحسن الكفاءة سيؤدي لا محالة الى تخفيض حجم القوى العاملة في المرفق قيد البحث. وبالطبع فإن هذه المشكلة ليست مقصورة على البلدان النامية؛ فقد شهدت الولايات المتحدة الأمريكية تخفيضا في القوى العاملة بنسبة ٢٥ في المائة في قطاع الطاقة الكهربائية في العام الماضي، كما يتوقع حدوث تخفيضات أخرى. بيد أن التحسن الذي سيطرأ على سلامة العاملين بالاقتران مع كثير من التكنولوجيات الجديدة، فيما يتعلق بالبرامج الخاصة بشراء العاملين حصص من الشركة أو نقلهم أو حتى شراء الموظفين للشركة، يمكن أن تعمل على تحقيق حدة المعارضة، وعلى مستحدثي تكنولوجيات الفحم النظيفة أن يسعوا الى إدخال شركاء محليين في استثمارات في مشاريع مشتركة تابعة للقطاع

الخاص، من أجل المساعدة في تحديد القضايا الاستراتيجية الطويلة الأجل والتركيز عليها.

٤٢ - وفي مقدور مبادرات الطاقة الخاصة ومنتجي الطاقة المستقلين أن يقدموا بديلا جذابا، من الناحيتين المالية والبيئية، لبرامج توسيع الطاقة، وتوفير حوافز للمرافق الحكومية وشبه الحكومية لتعديل الهياكل القائمة للتعريفات والاجراءات التشغيلية - وحتى عندما تختار المنافع الحكومية وشبه الحكومية دعم قطاعات معينة من السكان، فإن التسعير الهامشي للتكاليف ينبغي أن يدرج في التقييم المالي لتكنولوجيات الفحم النظيفة.

٤٣ - وفي نهاية المطاف، ينبغي أن تصبح إصلاحات التعريفات التي تقوم على أساس التسعير الهامشي للتكاليف مما يجعل ذلك القطاع ذا أهلية ائتمانية، جزءا لا يتجزأ من استراتيجية وطنية للطاقة، إذ أنها ستشجع، أكثر من أي عامل فردي آخر، على إدخال تكنولوجيات الفحم النظيفة عند الاقتضاء. بيد أنه سيتعين أيضا على الشركاء المحتملين في التنمية وموردي المعدات من البلدان المتقدمة أن يسلموا بأن تنوع الأحوال السياسية والاقتصادية والاجتماعية في البلدان فرادى يؤكد على ضرورة اتباع نهج في كل بلد على حدة.

٤٤ - وفي كثير من الحالات، تعتمد الحكومات سياسة مثيرة للتحول الى القطاع الخاص، إما بالاقتران مع منتجي الطاقة المستقلين وإما بمعزل عنهم. وبوجه عام، يسهل وصول منتج الطاقة المستقل أو مشغل مرفق مخصص الى تكنولوجيات الفحم النظيفة التي تتسم بفعالية الطاقة. وحيث أن فعالية الطاقة تؤدي الى توفير حافز اقتصادي للمالك/المشغل، فإن جميع الأطراف يمكن أن تفيد من ذلك. وبالمثل، فإن مجتمع المستثمرين في المناطق البحرية يدرك بشكل متزايد المبادئ التوجيهية البيئية الدولية لتقييم المشاريع؛ ويشكل الامتثال للأنظمة القائمة في البلد شرطا أساسيا لإرضاء المستثمرين.

حاشية

(١) تقرير مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية، ريو دي جانيرو، ٣-١٤ حزيران/يونيه ١٩٩٢ (منشور الأمم المتحدة، رقم المبيع A.93.I.8 والتصويب)، المجلد الأول، القرارات التي اتخذها المؤتمر، القرار الأول، المرفق الثاني، الفرع ثانيا، الفصل ٩-١٢ (ج).

الجدول - تكنولوجيا الفحم النظيفة

تكنولوجيا أخرى	التحويل	التنظيف ما بعد الاحتراق	الاحتراق النظيف	التنظيف ما قبل الاحتراق
الديناميكا المائية المختلطة	التقود المعتدل	الحث داخل الأقبية	أنواع أجهزة الاحتراق/المواقف	التنظيف الطبيعي
الترتيبات التي تعمل بالحرق المباشر للفحم	التقود بانتاج الميثانول لمره واحدة	الحث بالمواد الماصة	أجهزة الاحتراق المعزلة للخبث	الطحن الدقيق (السحق)
خلايا الوقود	تقود الفحم الجوي	الحث الحثري	أجهزة الحرق المتعددة المراحل لحرق الجير	تعويم الرغوة
	تسييل الغاز	أجهزة ما بعد الاحتراق	إعادة حرق الغاز	فراغات المواد الثقيلة
	المباشر	مفاعل تنشيط يعمل بحث الأفران بالماء	أجهزة حرق متطورة تعمل بأكاسيد النيتروجين	
	غير المباشر	الامتصاص على قاعدة ممیعة	حرق الفحم والماء والغاز	السحق بجحر الجير
	تجهيز الفحم والنشط معا	الحث بالمواد الماصة/حجرات	الاحتراق على قاعدة ممیعة/حوية	تعويم النفاثات الدقيقة
	الدورة المختلطة للتقود	المرشحات الكيسية عالية الحرارة	قاعدة دوارة	التنظيف الكيميائي
	التقود بخلايا الوقود	أجهزة الفسيل المتطورة/إزالة الكبريت من غازات العادم	قاعدة فتاعية	الغسل بالترشيح الكاوي
		مجمعات رذاذية	الاحتراق على قاعدة ممیعة مضغوطة	المذيب العضوي
		أجهزة غسل القابلة للتجديد	قاعدة دوارة	التنظيف الميكروني
		أجهزة الفسل ذات حزم الكرونية	قاعدة فتاعية	الغسل الاحيائي
		إزالة الكبريت من غازات العادم للأغشية عن طريق التبادل الأيوني		
		أجهزة الفسل بالحجر الجيري بالتأكسد القسري على وحدات قياس كبيرة		
		إزالة الجسيمات		
		تحسين أجهزة الشحن الأولى الالكترونية لأجهزة الترسيب		
		حجرات المرشحات الكيسية عالية الحرارة		
		المواد المضافة إلى أجهزة الغسل		
		موانع التأكسد		
		المصدات		
		الخنفس الحثري الانتقائي		

المصدر: "Clean coal technologies for developing countries" (TCD/NRED/E.19)

الشكل

التكاليف المتزايدة للامتثال لاعتبارات البيئة

مراقبة الملوثات (%)	تكلفة محطات الطاقة (%)
١٢٠	٦٠
١٠٠	٥٠
٨٠	٤٠
٦٠	٣٠
٤٠	٢٠
٢٠	١٠
صفر	صفر

١٩٩٠ ١٩٨٠ ١٩٧٠ ١٩٦٠ ١٩٥٠ ١٩٤٠ ١٩٣٠ ١٩٢٠ ١٩١٠ ١٩٠٠

تكاليف المراقبة
ثاني أكسيد الكبريت

الجسيمات
ثاني أكسيد النيتروجين

المصدر: (TCD/NRED/E.19) "Clean coal technologies for developing countries".

— — — — —