

مستدامة، بفعل قضايا المساواتية (قضايا انعدام العدالة فى الإتاحة والتوزيع)، سواء بسواء مع التخوفات البيئية والاقتصادية، والهموم الجيوبوليتيكية (أى هموم الجغرافيا السياسية) ذات التضمينات البعيدة فى المستقبل. وتشمل مناحى اللامستدامة المرتبطة بالمنظومة الحالية للطاقة ما يلى:

- الوقود العصري (الأنواع الحديثة) والكهرباء اللذان ليسا فى متناول الجميع، واللامساواتية ذات الأبعاد الأخلاقية والسياسية والإجرائية فى عالم بسبيله إلى الترابط على نحو متزايد.

- منظومة الطاقة الراهنة ليست ذات عولية (لايعتمد عليها) أو مطاوعة سعرية (أى تسعير مناسب) كافية كى تدعم النمو الاقتصادى واسع الانتشار. ولقد تدنت إنتاجية ثلث سكان العالم من جراء الافتقار إلى مدخل ملائم للطاقة التجارية، وربما يعانى ثلث آخر الشظف الاقتصادى وافتقار الأمان بسبب إمدادات طاقة لايعول عليها البتة.

- التأثيرات البيئية السالبة محلياً وإقليمياً وعالمياً لإنتاج واستخدام الطاقة تهدد صحة ورفاهة الأجيال الحالية والمستقبلية.

الطاقة والقضايا العالمية الكبرى

توجد رباطات وثيقة بين الطاقة والاقتصاد، والقضايا الاجتماعية والصحية، والحماية البيئية، والأمن؛ كما توجد كذلك مناحى عديدة لاستخدام الطاقة غير متوافقة مع مقاصد التنمية المستدامة. وبصفة عامة يمكن الإقرار بما يلى:

- إمدادات الطاقة التى يمكن أداء مقابلها، أى التى فى مستطاع جميع الناس مهما تدنت دخولهم أن يدفعوا ثمن حصولهم عليها - بما فيها أنواع الوقود الغازى والسائل، والكهرباء، والتكنولوجيات الأكثر كفاءة فى الاستخدام النهائى للطاقة - ليس بمقدور بليونين من البشر الولوج إليها، مما يحد من فرصهم للتنمية الاقتصادية والمستويات المحسنة للعيش، كما يثقل على النساء والأطفال على وجه الخصوص بدرجات متفاوتة لاعتمادهم على أنواع الوقود التقليدى.

الطاقة والتنمية الاقتصادية

- اللاتناسيبات أو التباينات الواسعة في المدخل إلى الطاقة التجارية الميسور أداء مقابلها وإلى خدمات الطاقة تبدو جائرة، وتجرى معاكسة لمفهوم التنمية البشرية، وتهدد الاستقرار والتماسك الاجتماعى.
- إمدادات الطاقة المفتقرة إلى العولية، أى المفتقرة لإمكان الاعتماد عليها، هى بمثابة عبء اقتصادى على شريحة كبيرة من سكان العالم، فضلاً عن أن الاعتماد على الوقود المستورد فى بقاع عديدة من العالم يترك الكثير من الدول عرضة لمخاطر انقطاعات الإمداد بالطاقة وتشرذمه.
- الصحة الإنسانية تتهددها مستويات عالية للتلوث ناتجة عن استخدام الطاقة على المستوى المنزلى والمجتمعى والإقليمى.
- التأثيرات البيئية لمجمل الابتعاثات المرتبطة بالطاقة - بما فيها الجزيئات العالقة الدقيقة وطلان الترسبات الحمضية - تسهم فى تلوث الهواء وتدهور وحدود النظام الإيكولوجى.
- الابتعاثات الأنثروبوجينية (أى التى من صنع الإنسان) لغازات الدفينة، خاصة تلك الناجمة عن إنتاج واستخدام الطاقة، تبدل من حالة الغلاف الجوى على النحو الذى قد يتبين له حالياً تأثير محسوس على المناخ العالمى

إن إيجاد الطرق الممكنة لتوسيع خدمات الطاقة فى الوقت الذى يتم فيه تحديد التأثيرات البيئية المرتبطة باستخدامها يمثل تحدياً حرجاً للإنسانية، وتتشكل منظومة الطاقة أساساً من قطاع الإمداد بالطاقة وتكنولوجيات الاستخدام النهائى لها، ويتحدد غرض منظومة الطاقة فى مناولة المنافع التى تقدمها الطاقة للمستهلك.

ولقد بلغ استخدام الفرد من الطاقة الأولية فى الولايات المتحدة الأمريكية عام 1995 مقدار 330 جيجا جول، أى أكثر من ثمانية أضعاف ما يستخدم بواسطة الفرد فى أفريقيا جنوب الصحراء (الذى بلغ استخدامه فى العام ذاته مقدار 40 جيجا جول بأخذ كل من الطاقة التجارية والتقليدية فى الحسبان)، وكثير من الناس فى الدول الأقل تقدماً يستخدمون أقل من ذلك بكثير.

وتستخدم أقلية صغيرة موسرة في معظم الدول النامية ذات الدخل المنخفض أشكالاً متعددة من الطاقة التجارية بوفرة على مثال الأسلوب ذاته الذي يسلكه معظم الناس في العالم الصناعي، غير أن الغالبية العظمى في الدول النامية ذات الدخل المنخفض يعتمدون على المصادر التقليدية غير التجارية للطاقة، مستخدمين في ذلك تكنولوجيات تفتقر للكفاءة كالمواقد غير الموهوة أو النيران المفتوحة.

ويعتمد استهلاك الطاقة الأولية على الوقود الأحفوري (النفط، والغاز الطبيعي، والفحم) الذي يمثل 80% تقريباً من المزيج الإجمالي للوقود في العالم، وتساهم القوى الكهربائية النووية بأكثر قليلاً من 6%، كما تساهم كل من القوى الهيدروكهربائية، والطاقات المتجددة الجديدة بحوالي 2%.

وتقدر الطاقة التقليدية (غير التجارية غالباً) على اتساع العالم بحوالي 10% من المزيج الإجمالي للوقود، غير أنها تتوزع توزيعاً مجحفاً: إذ تمثل الطاقة غير التجارية حوالي 2% من استهلاك الطاقة في الدول الصناعية، لكنها تبلغ متوسط 30% في الدول النامية، وفي بعض الدول النامية ذات الدخل المنخفض تمثل الكتلة الأحيائية التقليدية 90% أو أكثر من الاستهلاك الإجمالي للطاقة.

ويقدر خبراء الطاقة في العالم أنه إذا استمر معدل النمو العالمي لاستخدام الطاقة الأولية البالغ 2% سنوياً فإنه يعني مضاعفة استهلاك الطاقة بحلول عام 2035 بالقياس لعام 1998، وبلوغ ثلاثة الأضعاف بحلول عام 2055. ولقد تزايد استخدام الدول النامية للطاقة التجارية في الثلاثين عاماً الماضية بمعدل ثلاثة أضعاف ونصف المعدل الذي سجلته دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD، وبالتالي فإن حاصل التغيرات في نمط الحياة قد صار ممكناً من جراء زيادة الدخول الفردية المرتبطة بمعدلات نمو سكاني أعلى، والارتحال (أي الانتقال التدريجي) من الطاقة التقليدية إلى التجارية. أما على الأساس الفردي فلم تسفر الزيادة في الاستخدام الإجمالي للطاقة الأولية عن أي سبيل ممكن لمدخل أكثر مساواتية، وإتاحة أكثر عدلاً، لخدمات الطاقة بين الدول الصناعية والدول النامية. ومن الواضح أن طاقة أكثر ستكون مطلوبة

لدفع النمو الاقتصادي العالمي، وتهيئة الفرص للبلايين من البشر في الدول النامية الذين لا يملكون مدخلاً لخدمات طاقة كافية.

ومن الواضح حالياً أن مقدار الطاقة الإضافية المطلوبة لتوفير خدمات الطاقة التي يحتاجها الناس في المستقبل ستعتمد على كفاءة إنتاج ونقل واستخدام الطاقة؛ إذ بإمكان التحسينات في كفاءة الطاقة أن تساعد على تخفيض الاستثمارات المالية في النظم الجديدة للإمداد بالطاقة، كذلك فدرجة الاعتمادية التبادلية بين النشاط الاقتصادي واستخدام الطاقة لاهى استاتية ولاهى متسقة عبر الأقاليم، وكثافة الطاقة (نسبة الطلب على الطاقة إلى الناتج المحلي الإجمالي GDP) تعتمد غالباً على المرحلة الإنمائية للدولة، بينما فى دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، التي أحرزت وفرة فى خدمات الطاقة، يبدو النمو فى الطلب على الطاقة أقل إحكاماً فى ارتباطه بالإنتاجية الاقتصادية عما كان عليه فى الماضى.

وطالما تتواصل التنمية الاقتصادية يمكن إدراك الميل نحو الخفض فى كثافة الطاقة على مدى فترة تاريخية طويلة، ويكشف التحليل التفصيلى طويل المدى لكثافة الطاقة لعدد من الدول عن نمط مشترك لاستخدام الطاقة لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي فى الدول الصناعية والنامية معاً.

كذلك تؤثر أسعار الطاقة فى خيارات المستهلك وسلوكه، كما أن بمستطاعها أن تؤثر على النمو الاقتصادي والتنمية، بل يمكن للأسعار العالمية للطاقة أن تسفر عن مدفوعات استيراد متزايدة ذات عواقب معاكسة للأعمال والعمالة والرفاهة الاجتماعية. كذلك يمكن للأسعار العالمية للطاقة أن تحفز التنقيب عن موارد إضافية وتنميتها، كما تبث دفعة نحو التجديدية، وتوفر حوافز لتحسينات الكفاءة.

ورغم أن بعض تأثيرات أسعار الطاقة مستقرة باعتدال، فإن تأثيرات أخرى تكون مؤقتة أكثر، وكمثال فإن المستويات المختلفة للأسعار الخاصة كان لها تأثير محدود على التنمية الاقتصادية فى الدول الأوروبية بمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية أو اليابان بالقياس إلى أسعار الطاقة الأكثر انخفاضاً فى الولايات المتحدة الأمريكية وبعض الدول النامية؛ أما الذى ترك آثاره على

التنمية الاقتصادية في كل الدول المستوردة للطاقة فلقد كانت تلك الطفرات السعرية في السبعينيات، إذ يبدو أن الاقتصادات أكثر حساسية للتغيرات السعرية عنها للأسعار في حد ذاتها.

وتعتبر الاستثمارات الرأسمالية أمراً لازماً لتنمية الطاقة، كما أن تنمية منظومة الطاقة والتغيير الهيكلي هما نتيجة للاستثمار في محطات القوى، والمعدات، وهياكل البنية الأساسية لنظام الطاقة. غير أن الصعوبات فسي اجتذاب رأس المال لاستثمارات الطاقة قد تعرقل التنمية الاقتصادية، على الأخص في الدول الأقل نمواً.

ولقد قاربت الاستثمارات الأجنبية المباشرة 400 بليون دولار عام 1997 - صعوداً من 50 بليون دولار عام 1984 - وهي تمثل نصيباً متزايداً من التدفقات الاستثمارية الدولية، فالاستثمار الأجنبي المباشر مستحث ومحفز تجارياً بصفة عامة، والمستثمرون لا يتوقعون استعادة رأس المال الابتدائي فقط بل يتحسبون كذلك للعائدات التنافسية المجدية. وهذه المتحصلات لا يمكن ضمانها في الدول النامية في وجود حكومات عرضة للتقويض، أو في انعدام وجود أسواق حرة، ولذا تشير الأوضاع القائمة حالياً إلى أنه لا يصل إلى الدول الأقل نمواً سوى القليل جداً من الاستثمارات الأجنبية المباشرة.

وعلى خلاف الاستثمار الأجنبي المباشر بقيت المساعدات الرسمية للتنمية official development assistance ثابتة بالنسبة لإجمالي الناتج العالمي، وفي عام 1997 بلغ إجماليها 56 بليون دولار أو 0.25 في المائة من الناتج المحلي الإجمالي لدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، الذي توافق من حيث المبدأ مع بلوغ هدف 0.7 في المائة من الناتج المحلي الإجمالي. وفي مقابل هذا التراجع فإن مشروعات الطاقة في الدول النامية لا يتوافر لها التمويل الكافي، وإلى أن يمكن إدارة المخاطر الاقتصادية الماثلة أمام المستثمرين الأجانب (كمثال: من خلال قواعد صريحة ومستقرة للطاقة، والأسواق المالية، وتوليد إيرادات مطردة من خلال تجميع مستحقات استهلاك الطاقة، وتحويلات الأرباح)، ربما تضطر معظم الدول النامية إلى الاستمرار في تمويل تنمية الطاقة لديها من الوفورات المحلية.

ورغم أن استثمارات الطاقة كحصة من الاستثمارات الكلية تتغير على نحو كبير بين الدول، وفي المراحل المختلفة من التنمية الاقتصادية، ففي المعدل يستثمر حوالي 1.0 - 1.5 في المائة من الناتج المحلي الإجمالي في قطاع الطاقة؛ وهذه النسبة من المتوقع أن تظل مستقرة نسبياً. وبناءً على هذه القواعد القياسية يبلغ إجمالي الاستثمارات الحالية لقطاع الإمداد بالطاقة - 430 290 بليون دولار سنوياً، بيد أنها لا تشمل على الاستثمار في كفاءة الطاقة في الاستخدام النهائي.

الطاقة والقضايا الاجتماعية

يرتبط استخدام الطاقة ارتباطاً وثيقاً بنطاق من القضايا الاجتماعية التي تتضمن التخفيف من الفقر، والنمو السكاني، والتحضر، ونقص الفرص المتاحة للنساء. ورغم أن هذه القضايا تؤثر على الطلب على الطاقة، فالعلاقة ذات المسارين: جودة وكم خدمات الطاقة، والنحو الذي يحرزان على نسق، تجعلهما كذلك مؤثرين على القضايا الاجتماعية.

إن الفقر هو العلة الاجتماعية الساحقة للدول النامية، فحوالي 1.3 بليون نسمة في هذه الدول يعيشون على أقل من دولار واحد في اليوم، غير أن مقياس الدخل وحده لا يقبض بكامله على اليأس والتعاسة، ولا على غياب الاختيار الذي تمثلته الفاقة، حيث تميل أنماط استهلاك الطاقة للفقراء - على الأخص اعتمادهم على أنواع الوقود التقليدي في المناطق الريفية - إلى الإبقاء عليهم أفقر وأعوز.

فعلى اتساع العالم، يوجد بليونان من البشر لا يملكون مدخلاً للكهرباء، وعدد مساوٍ آخر يداوم على استخدام الوقود الصلب التقليدي للطهي؛ وذلك رغم أن الطهي باستخدام المواقف سيئة التهوية له تأثيرات صحية جسيمة، كما أن مئات الملايين من البشر - وبصفة رئيسية النساء والأطفال - يبذلون عديداً من الساعات كل يوم في كدح تجميع الأحطاب ونقل المياه غالباً من مسافات بعيدة للاحتياجات المنزلية. وبسبب هذه المتطلبات الملحة من وقتهم وطاقتهم، تفتقر النساء والأطفال غالباً إلى فرص التعلم والمناشط الإنتاجية الأخرى.

ويعنى الافتقار إلى الكهرباء عادة إضاءة غير كافية، وقليل من الأجهزة الموفرة للجهد، مثلما يعنى فى الوقت ذاته اتصالات قاصرة وفرص محدودة للمشروعات التجارية، أما المدخل الأكبر للكهرباء والوقود الحديث والمواقف العصرية للطهى فباستطاعته تمكين الناس من احراز منافع كل من التدعيم الذاتى وقصير المدى، والتحسينات على المدى الطويل فى جودة ونوعية الحياة لديهم. ويوجز الجدول (1) بعض التحسينات المحددة التى قد تنجم عن ذلك.

وقد يدفع الدخل المحدود بالأهالى إلى استخدام أنواع الوقود التقليدية والتكنولوجيات المبتكرة إلى الكفاءة، فالحطب هو الوقود السائد للأسر ذات الدخل المنخفض، بينما تستبدل أنواع الوقود التجارى والكهرباء بالخشب فى الدخول الأعلى، حيث تتيح ملاءمة أكبر، وكفاءة أعلى، ونظافة أوفر. وحيث تستطيع الطاقة الملائمة الممكن أداء مقابلها أن تشارك بسهم وافر فى إنتاجية الأسر، وفى الإمكانات المولدة للدخل، يمكن لإتاحتها أن تكون بمثابة القوة الدافعة للإفلات خارج دائرة الفقر.

ورغم أن النمو السكانى ينجح إلى زيادة الطلب على الطاقة فهناك إدراك على نطاق محدود لحقيقة أن إتاحة خدمات طاقة كافية بمسئطاعها أن تخفض معدلات النسل. فخدمات الطاقة الكافية يمكنها أن ترحل الميزا النسبية للخصوبة وتكاليفها تجاه عدد أقل من الولادات المرغوبة فى الأسرة، ويعتمد التعجيل بالانتقال الديموجرافى إلى وفيات أقل وخصوبة أدنى (على النحو الذى حدث فى الدول الصناعية) على أداء مهام إنمائية ماسة، تشمل على تحسين البيئة المحلية، وتعليم النساء، والتخفيف من الفقر المدقع الذى قد يجعل من عمالة الأطفال أمراً ضرورياً، وكل هذه المهام لها وشائج مع إتاحة خدمات الطاقة ذات التكلفة المنخفضة.

ويعتبر التركيز المتنامى للسكان فى المراكز الحضرية قضية ديموجرافية رئيسية أخرى مرتبطة بالطاقة، فعلى الرغم من أن النزوح العام تجاه التحضرية له مكونات عديدة، وقد يكون أمراً لا مئاض منه، موفراً فى ذلك

خيارات إضافية للسكان الريفيين من خلال مداخلات الطاقة وإتاحتها، فإنه قد يحمل في طياته إمكانية إبطاء الهجرة، وتخفيف الضغوط على المدن المتنامية سريعاً. كذلك فرغم أن العوامل أو المؤثرات الخارجية externalities السالبة المرتبطة باستخدام الطاقة في المناطق الحضرية يمكن أن تكون فارقة وخطيرة فإن استراتيجيات متعددة بمستطاعها أن تخفف من تأثيراتها وتعزز في الوقت ذاته من الحفاظ على الطاقة؛ ولذا فإن أخذ الطاقة في الاعتبار عند تخطيط استخدامات الأرض، وفي تصميم الهياكل الفيزيائية للبنية الأساسية، وفي إماميات التشييد، وفي نظم النقل من شأنه أن يقلص بعض النمو في الطلب على الطاقة الذي يصاحب التحضر السريع.

وقد تكون نظم النقل على الخصوص مهمة في هذا الصدد باعتبار النمو السريع في عدد المركبات والسيارات على اتساع العالم، فمنذ حوالى 1970 يتزايد الأسطول العالمى تزايداً متصلاً بمقدار 16 مليون مركبة في العام، ومن المحتمل أن تجرى أكثر من بليون سيارة على الطرق مع حلول عام 2020، حيث ستطلق معظم هذه السيارات في مدن العالم النامى، متسببة في ازدحام أكبر، وتلوث حضرى أشد خطورة، وصحة إنسانية متدهورة، حتى مع المخططات المتفائلة حول تحسينات الكفاءة وأنواع الوقود البديل.

وفي الدول النامية يتطلب الوفاء باحتياجات الطاقة للفقراء، الذين يمثلون أغلبية كبيرة، تغييرات هيكلية رئيسية، بينما في الدول الصناعية لا يمثل مدخل كاف لطاقة يمكن أداء مقابلها مشكلة سوى لأقلية محدودة، ولذا فهي أكثر انقياداً للحلول التي تطرحها السياسات الاجتماعية. بيد أنه، في أنحاء العالم كله، تدفع العائلات الفقيرة جزءاً له اعتباره من الدخل الشهري مقابل الطاقة أكثر مما يفعل الأغنياء، ولذا هم عرضة للتأثر بالزيادات السريعة في سعر الطاقة على النحو الذى حدث عام 2000/1999، على سبيل المثال، حين وضعت الارتفاعات في سعر النفط أوزاراً إضافية على عائق الكثير من الناس حتى في بعض الدول الصناعية.

جدول ١ - الخيارات المتعلقة بالطاقة وارتباطها بالقضايا الاجتماعية

التحدى الاجتماعى	رباطات (علاقات) الطاقة ومداخلها
تقليص الفقر فى الدول النامية	- تحسين الصحة وزيادة الإنتاجية بواسطة توفير مدخل عالمى جامع إلى خدمات طاقة كافية - على الأخص للطهى والإنارة والنقل - من خلال حاملات (ناقلات) طاقة يمكن أداء مقابلها، ذات جودة عالية، وأمنة، ومقبولة بيئياً. - جعل الطاقة التجارية متاحة لزيادة الفرص المولدة للدخل.
ازدياد الفرص أمام المرأة	- تشجيع استخدام المواقف المحسنة وأنواع الوقود السائل أو الغازى لتقليل التلوث الداخلى (داخل المنازل) وتحسين صحة المرأة. - تدعيم استخدام الطاقة التجارية التى يمكن أداء مقابلها لمضاعفة العمل البدنى الشاق المستهلك للوقت داخل المنزل وفى العمل. - استخدام المهارات الإدارية ومهارات المقاولات ومباشرة الأعمال لتنمية وتسيير وكسب الأرباح من النظم غير المركزية للطاقة.
تسريع الانتقال الديموجرافى (إلى) وفيات أقل وخصوبة أقل	- تقليل وفيات الأطفال عن طريق استبدال أنواع وقود ونبائط (أجهزة) طهى أنظف، وتوفير مياه شرب آمنة. - استخدام مبادرات الطاقة لترحيل المزايا النسبية للخصوبة وتكاليفها - كمثال خدمات الطاقة الكافية من شأنها أن تقلل الاحتياج إلى الجهد البدنى للأطفال فى الأعمال المنزلية الروتينية. - التأثير على الاتجاهات حول حجم الأسرة والفرص المتاحة للنساء، من خلال الاتصالات التى يمكن الولوج إليها بواسطة حاملات (ناقلات) الطاقة الحديثة.
التخفيف من المشكلات المرتبطة بالتحضر السريع	- توهم عامل "الدفع" فى الهجرة الريفية - الحضرية عن طريق تحسين خدمات الطاقة فى المناطق الريفية. - استغلال مزايا المستوطنات ذات الكثافة العالية من خلال تخطيط الأرض. - توفير مدخل عمومي (أى فرص شاملة) إلى خدمات نقل متعددة الوسائل يمكن أداء مقابلها (أى ذات تسعير فى متناول الكافة) وإلى خدمات النقل العام. - الإفادة بميزة التكنولوجيات الجديدة لتجنب المسارات الإنمائية المكثفة للطاقة والمعتلة بيئياً.

(المصدر : World Energy Assessment, Overview)

إن استئصال شأفة الفقر هو هدف بعيد للتنمية، ولكن قبل أن يتحقق هذا الهدف بوقت كبير يمكن لخدمات الطاقة الميسرة، الممكن أداء مقابلها، أن تحسن بشكل دراماتيكي مستويات العيش، وتقدم فرصاً أكثر للناس. إن غياب الإنصاف الراهن هو أمر لا يمكن أن يتواصل البتة، فإشباع احتياجات الطاقة للفقراء بالتكنولوجيات الحديثة يحمل في طياته إمكانية تحسين مستويات العيش والصحة، وإمكان إبداع أشغال وفرص أعمال جديدة. كذلك فالرضا باستمرار ثلث سكان العالم في مكابدة المحددات المرتبطة بالطاقة التقليدية هو أمر غير مقبول من وجهة النظر الإنسانية والأخلاقية، وجعل الطاقة التجارية متاحة على النطاق الأوسع له مغزى مهم من المنظور السياسى أيضاً، إذ تضع موجة التوجهات الديمقراطية التي تجتاح العالم قدرات سياسية مؤثرة في أيدي المجتمعات غير المحررة اقتصادياً، فالمجتمعات التي تعاني التفاوتات الخطيرة وانعدام التكافؤ البين تكون عرضة لعدم الاستقرار، وجموع غفيرة من السكان تحت خط الفقر يصيرون أرضاً خصبة للاضطرابات الاجتماعية.

الطاقة والبيئة والصحة

التأثيرات البيئية لاستخدام الطاقة ليست جديدة، فعلى مدى قرون خلت أسهم حرق الأخشاب في نزع حراثة مناطق عديدة، وحتى في المراحل المبكرة للتصنيع بلغ التلوث المحلي للهواء والماء والأرض مستويات عالية، والجديد نسبياً هو الإقرار والتسليم بالوشائج التي تربط الطاقة بالمشكلات البيئية الإقليمية والعالمية، والتنويه بكافة تضميناتها. ورغم أن الإمكانيات الكامنة للطاقة لدعم وترسيخ الرفاهة الإنسانية ليست محلاً للشك أو التساؤل، يرتبط إنتاج واستهلاك الطاقة المعتادة (التجارية) ارتباطاً وثيقاً بالتدهور البيئي، وهو التدهور الذي يهدد الصحة الإنسانية وجودة الحياة، ويؤثر أيضاً في التوازن الإيكولوجي والتنوع الأحيائي.

ويوضح الجدول (٢) الارتباط بين البيئة والطاقة، الذي يتبين منه حصة الابتعاثات السامة والملوثات الأخرى التي تعزى إلى الإمداد بالطاقة. ويلاحظ أن مؤشر التخلل البشري The Human Disruption Index هو النسبة بين التدفق المتولد عن النشاط الإنساني لملوث معين (ثاني أكسيد الكبريت مثلاً) إلى تدفقه الطبيعي أو القاعدي (الإسنادي). وعلى هذا النحو تبلغ قيمة المؤشر، في حالة الكبريت، مقدار 2.7، الذي يعنى أن ابتعاثات منتجة بواسطة

النشاط الإنسانى مقدارها 84 مليون طن فى السنة تعادل 2.7 مرة تدفقه الطبيعى القاعدى البالغ 31 مليون طن سنوياً. ويوضح الجدول أن نظم الطاقة، مع المناشط الإنسانية، تؤثر تأثيراً بالغاً على التدوير العالمى لكيمويات مهمة، ورغم أن المؤشر بذاته لا يظهر أن هذه الابتعاثات تترجم إلى تأثيرات سلبية معاكسة، فإن مقاديرها تقدم تحذيراً بأن هذه التأثيرات وأمثاله يمكن أن تكون جسيمة، وبعض التأثيرات هى بالفعل جسيمة ومستحقة للاعتبار، فعلى مسيرة 100 عام الماضية فقط، التى تضاعف سكان العالم خلالها أكثر من ثلاث مرات، تنامت المهانات أو صور الأذى⁽⁴⁾ البيئية البشرية، بدءاً من صنوف الضوضاء المحلية، وحتى التخللات (أو التمزيمات) البشرية، التى أسفرت عن مستويات متعددة للخلل البيئى على النطاق العالمى، فالتمزيمات البشرية للقرن العشرين - مسافة بما يربو على 20 ضعفاً زيادة فى استخدام الوقود الأحفورى، ومتكررة بتضاعف متلوث فى استخدام أشكال الطاقة التقليدية كالكتلة الأحيائية - قد بلغت مالا يقصر عن بزوغ الحضارة كقوة إيكولوجية وجيوكيميائية عالمية. وبكلمات أخرى يبدل التأثير التعجيلى للحياة الإنسانية من العالم على مستوى الكرة الأرضية.

وتشكل العواقب البيئية على كل مستوى (محلياً وإقليمياً وعالمياً) للأنماط الحالية لإنتاج الطاقة واستخدامها جزءاً خطيراً من التأثيرات البشرية على البيئة، فعلى المستوى المنزلى يجلب استخدام الوقود الصلب لأغراض الطهى والحصول على الحرارة تأثيرات خطيرة على الصحة، كما ترتبط الجودة المتدنية للهواء - على المستويات المنزلية والمحلية والإقليمية - بالمرض المتزايد والوفاة المتعجلة، إذ من المقدر حدوث حوالى 2 مليون حالة وفاة مبكرة سنوياً - تتفاوت بين النساء والأطفال - من جراء التعرض لتلوث الهواء الداخلى (داخل المنازل) المتسبب عن حرق أنواع الوقود الصلب فى الأجواء سيئة التهوية، كذلك فالمواد الجزيئية (أو الجسيمية) (بكل من نوعيها: التى تنبعث مباشرة، والتى تتكون فى الهواء كنتيجة لابتعاثات القطيرات الغازية الابتدائية فى شكل أكاسيد الكبريت والنيتروجين)، والهيدروكربونات، هى هموم متنامية على اتساع العالم كله، وهى مكثرة وشاقة فى أجزاء عديدة من العالم النامى، على وجه الخصوص، حيث تسود أنواع الوقود الأسوأ فى ظل تخفيف لا يذكر للابتعاثات، وانعدام تأسيس مستوى عتبى آمن للتعرض للمواد الجسيمية الدقيقة.

جدول ٢ - الأذى البيئي المتسبب عن النشاط الإنساني في كل قطاع، منتصف التسعينيات

الأذى	خط الأساس (الإسناد الطبيعي (طن لكل سنة)	مؤشر التخلل البشري	مساهمة التخلل البشري المتسبب عن		
			إمدادات الطاقة التقليدية	الزراعة	التصنيع وغيره
إبتعاثات الرصاص في الجو ^٣	12.000	18	41 % (حرق الوقود الأحفوري متضمناً الإضافات)	يمكن إغفاله	59 % (معاملة المعادن وتصنيعها وحرق النفايات)
النفط المضاف للمحيطات	20.000	10	44 % (استخراج النفط ومعالجته ونقله)	يمكن إغفاله	56 % (التخلص من مخلفات الزيوت بما فيها تغيير زيت الموتور)
إبتعاثات الكاديوم في الجو	1.400	5.4	13 % (حرق الوقود الأحفوري)	12 % (الحرق للزراعي)	70 % (معاملة المعادن وتصنيعها وحرق النفايات)
إبتعاثات الكبريت في الجو	31 مليون (كبريت)	2.7	85 % (حرق الوقود الأحفوري)	0.5 % (حرق وقود تقليدي)	13 % (المسهر وحرق النفايات)
تدفق الميثان في الجو	160 مليون	2.3	18 % (استخراج الوقود الأحفوري ومعالجته)	5 % (حرق وقود تقليدي)	65 % (حقول الأرز والحيوانات الأليفة وتطهير الأراضي)
التركيز (التثبيت) النيتروجيني (أكاسيد نيتروجين وأمونيا) ^٤	40 مليون (نيتروجين)	1.5	30 % (حرق الوقود الأحفوري)	2 % (حرق وقود تقليدي)	67 % (السماد والحرق الزراعي)
إبتعاثات الزئبق في الجو	2.500	1.4	20 % (حرق الوقود الأحفوري)	1 % (حرق وقود تقليدي)	2 % (الحرق للزراعي)
تدفقات أكسيد النيتروز للجو	33 مليون	0.5	12 % (حرق الوقود الأحفوري)	8 % (حرق وقود تقليدي)	80 % (السماد وتجريد الأرض وتخلل الخزان الجوفي)
الإبتعاثات الجزيئية للجو	3.100 مليون د	0.12	35 % (حرق الوقود الأحفوري)	10 % (حرق وقود تقليدي)	40 % (الحرق الزراعي)
إبتعاثات الهيدروكربونات غير الميثانية للجو	1.000 مليون	0.12	35 % (معالجة الوقود الأحفوري وحرقه)	5 % (حرق وقود تقليدي)	40 % (الحرق الزراعي)
تدفقات ثاني أكسيد الكربون للجو	150 بليون (كربون)	0.05 هـ	75 % (حرق الوقود الأحفوري)	3 % (صافي نزع الأحراج للحصول على وقود الحطب)	15 % (صافي نزع الأحراج لإخلاء الأرض)

ملحوظة: حجم الأذى (أو المهانة) insult هو فقط أحد العوامل المحددة لحجم التأثير البيئي الفعلي.

(أ) مؤشر للتخلل البشري هو النسبة بين التدفق المتولد عن نشاط الإنسان لمؤثر معين إلى تدفقه الطبيعي القاعدي (الإسنادي). (ب) الجزء الخاص بذاتيات الحركة (أو المركبات) لإبتعاثات الرصاص المحثة بواسطة الإنسان في هذا الجدول مفترض بنسبة 50 في المائة من إبتعاثات ذاتيات الحركة العالمية في التسعينيات المبكرة. (ج) محسوبة من التركيز (التثبيت) fixation النيتروجيني الكلي ناقصاً النيتروجين من أكسيد النيتروز nitrous oxide. (د) الكتلة الجافة. (هـ) رغم أنها بحسب الظاهر صغيرة، بسبب العمر الزمني الأمس سفيرى (الجوى) الطويل وخصائص أخرى لثاني أكسيد الكربون، فإن هذا الاندماج الطفيف للتوازن في التدفقات الطبيعية يتسبب في 0.4 في المائة زيادة سنوية في التركيز الأموسفيرى العالمي لثاني أكسيد الكربون.

(المصدر: World Energy Assessment, Chapter 3)

والواقع أن حرق الوقود الأحفوري معضلة على مستويات عدة (رغم أن الغاز الطبيعي ينتج ابتعاثات أقل ضرراً بكثير عن النفط أو الفحم)، والملوثات الرئيسية التي تنبعث نتيجة احتراق أنواع الوقود الأحفوري هي أكاسيد الكبريت والنيتروجين، وأول أكسيد الكربون، والمواد الجزيئية العالقة؛ ويتكون الأوزون في الغلاف التروبوسفيري من التفاسعات بين الهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين وأشعة الشمس؛ وتعتبر الابتعاثات المرتبطة بالطاقة من جراء حرق الوقود الأحفوري، بما في ذلك حرق الوقود الأحفوري في قطاع النقل، مساهماً رئيسياً لتلوث الهواء في الحضر، كما أن قطرات الترسبات الحامضية الابتدائية من حرق الوقود يمكن أن تترسب على بعد آلاف الكيلومترات من نقطة المنشأ، وغالباً ما تعبر الحدود القومية للدول، فتتسبب الحامضية الناتجة في إلحاق تدمير بالغ بالنظم الطبيعية والمحاصيل والبيئة المشيدة المصنوعة بواسطة الإنسان، كما أن بمستطاعها أن تغير من تركيب ووظيفة مجمل النظام الإيكولوجي على مر الزمن. وفي مناطق عديدة أدت الحامضية إلى اضمحلال إنتاجية الغابات وتناقص الثروة السمكية والأراضي المزروعة. وغالباً ما تثير المشروعات الهيدروكهربية، كذلك، قضايا بيئية مرتبطة بالفيضانات، بينما في حالة القوى النووية تثير قضايا مثل تصريف المخلفات الكثير من التخوفات.

وينتج عن احتراق الوقود الأحفوري ثاني أكسيد كربون CO₂ أكبر بكثير من أي نشاط إنساني آخر، فذلك هو أكبر مصدر للابتعاثات الأنثروبوجينية (من صنع الإنسان) لغازات الدفيئة التي تتسبب في تغير تركيب الغلاف الجوي، والتي بمستطاعها أن تبدل من النظام المناخي العالمي بما في ذلك كم ونمط هطول الأمطار. غير أن إحراز تركيز جوي مستقر من ثاني أكسيد الكربون CO₂ على أي مستوى قد يتطلب أخيراً تقليص ابتعاثات ثاني أكسيد الكربون إلى أكثر من نصف المستويات الراهنة. أما تثبيت ثاني أكسيد الكربون CO₂ إلى ما يقارب تركيزه الحالي فقد يتطلب تقليص الابتعاثات إلى نصف المستويات الحالية خلال العقود القليلة القادمة، وإلا فليس هناك بديل سوى أن تستمر ابتعاثات ثاني أكسيد الكربون CO₂ في التزايد، إذ أن المناخي الراهنة للابتعاثات، إذا لم يتم التحكم فيها، ستؤدي إلى أكثر من مضاعفة

التركيزات الجوية قبل حلول عام 2070، بالقياس إلى المستويات السابقة على الصناعة.

ولقد شوهدت ورصدت التغيرات في الأنماط المناخية المناظرة للاستنباطات العلمية المؤسسة على التركيزات المتزايدة لغازات الدفيئة؛ وبقية الدلائل، وفقاً للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، توعد إلى أن هناك بالفعل تأثير إنسانى يمكن إدراكه على المناخ العالمى.

ولأن نظم الطاقة المستدامة، من واقع تعريفها، يجب أن تدعم كلاً من الصحة الإنسانية وسلامة النظام الإيكولوجى على المدى الطويل، فالأهداف التى تنصب على الابتعاثات التى يمكن تحملها والتعايش معها يجب أن تتبدى بوضوح فى صميم المستقبل، وهى يجب كذلك أن تضع فى حساباتها المبل العام لطلب صحة أوفر وحماية بيئية أكبر كلما تزايدت الرفاهية والرخاء.

أمن الطاقة

يقصد بأمن الطاقة إتاحتها فى جميع الأوقات، فى صورها المتعددة بكميات كافية، وبأسعار يمكن أدائها؛ ويتوجب أن تسود هذه المشارطات على المدى الطويل إذا ما تعين على الطاقة أن تساهم فى التنمية المستدامة. على أن الحفاظ على أمن الطاقة يعد أمراً حرجاً بسبب التوزيع غير المتساوى سواء لمصادر الوقود الأحفورى التى تعتمد عليها حالياً معظم الدول، أو للقدرة على تنمية مصادر أخرى للطاقة؛ والإمداد بالطاقة قد يصبح أكثر قابلية للانعطاب وأكثر عرضة للخطر على المدى القريب بسبب الاعتماد العالمى المتزايد على النفط المستورد. وعلى سبيل المثال من المتوقع أن ينمو الاعتماد على النفط (صافى الواردات كحصة من الطلب الإجمالى) لدول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية OECD من 56 فى المائة عام 1996 إلى 72 فى المائة عام 2010. يضاف إلى ذلك أنه رغم كفاية أمن الطاقة على مدى 20 عاماً الماضية، والذى قد تحسن حقاً، فإن احتمالية التنازع، والتعارض، والتخريب الاحتجاجى أو الانتقامى، وتفكك التجارة أو عدم انتظامها، وتناقص الاحتياطات الاستراتيجية لا يمكن استبعادها.

وتشير هذه التهديدات الكامنة أو المحتملة إلى ضرورة تقوية ودعم أمن الطاقة العالمي، والاحتياج كذلك إلى تعزيز أمن الطاقة الإقليمي والوطني سواء بسواء، وتتضمن الخيارات المطروحة لتدعيم أمن الطاقة ما يلي:

- تجنب الاعتماد المفرط على الواردات عن طريق زيادة كفاءة الاستخدام النهائي، وتشجيع اعتمادية أكبر على المصادر المحلية (خاصة تلك التي تتوافر لتنميتها عوامل مكملة إيجابية كتوليد فرص العمل، وبناء القدرات، وخفض التلوث)، مع الأخذ في الاعتبار ألا يتضمن ذلك تكاليف مضافة أو فقدان للموارد المحدودة أو النادرة.
 - تنويع الإمداد بالطاقة (متضمناً كلاً من موردى الطاقة وصورها المختلفة).
 - التمكين لاستقرار سياسى أفضل من خلال التعاون الدولي والاتفاقيات طويلة المدى فيما بين الدول المستوردة للطاقة، وكذا بين الدول المستوردة والدول المصدرة لها. وقد تتضمن الأمثلة على ذلك التبنى الواسع - والتنفيذ الفعال - لاتفاق ميثاق الطاقة، والتشارك المتنامى كذلك فى هياكل البنية الأساسية لنقل الغاز الطبيعى.
 - تشجيع نقل التكنولوجيا إلى الدول النامية (على سبيل المثال من خلال التنفيذ المتشارك للمشروعات، والشراكات بين القطاعين العام والخاص)، حتى يتسنى لها تنمية الموارد المحلية وتحسين كفاءات الطاقة.
 - زيادة الاحتياطيات الاستراتيجية الوطنية والإقليمية للنفط الخام ومنتجاته، من خلال الاستثمارات المتزايدة، وتكنولوجيات التنقيب المتقدمة.
- ورغم أن الأسواق تؤدي دوراً رئيسياً فى تأمين الإمداد بالطاقة فى دول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية، فإن دورها متواضع فى بعض الدول النامية، وغائب تماماً فى بعضها الآخر؛ فحيثما لا تنمو الأسواق وتترعرع يعتمد أمن الإمداد بالطاقة وخدماتها انفرادياً تقريباً على الإجراءات الحكومية والشركات متعددة الجنسية، التى قد لا تخدم الاهتمامات الأفضل لجموع المستهلكين، وفى مثل هذه الأوضاع يمكن تعظيم أمن الطاقة بواسطة تشجيع تنمية الأطر التى تسمح للأسواق بأن تساهم فى تخصيص (توزيع) موارد (ثروات) الطاقة.

وبدافع من متطلباتها الزهيدة من الوقود تشارك القوى الكهربائية النووية فى تنويع الإمداد، وفى تأمين الإمداد كذلك، بيد أن التخوفات العامة حول العوز الاقتصادى، وأمان المفاعل، ونقل وتصريف المخلفات المشعة، بل وانتشار الأسلحة النووية، قد أدت إلى كبح تنمية الطاقة النووية فى العديد من الدول، فحادثة نووية فى أى مكان من العالم أو مصادفة انتشار عارض مرتبطلة بالقوى الكهربائية النووية من شأنها أن تعمق تقليص الدعم المطلوب لبرامج القوى الكهربائية النووية، مع فقدان طويل المدى للتنويع فى مزيج الإمداد بالطاقة. غير أنه إذا أمكن -بصفة عامة- أن توجد استجابات مقبولة للتخوفات السابقة، سيكون بمستطاع الطاقة النووية أن تسهم بفعالية فى تأمين إنتاج الكهرباء بأجزاء عديدة من العالم.

ويتعرض الأفراد والأعمال التجارية أيضاً للتأثير عكسياً بالتشترنم فى الإمداد بالطاقة، وعلى حين أدى الاتجاه نحو تحررية أسواق الطاقة إلى تعظيم أمن الطاقة بصفة عامة عن طريق تقديم خيارات أكثر، وإمدادات أوفر، وتنافسية أكبر، فقد أبرز كذلك تخوفات حول أولئك المعوزين والمفتقرين الذين سوف يهملون تماماً خارج السياق مما يسفر عن انعدام مستمر لأمن الطاقة لأعداد غفيرة من البشر.

مصادر الطاقة والخيارات التكنولوجية

يشير التحليل الحصىف للإتاحة طويلة المدى لموارد الطاقة بدءاً بالمعتاد وغير المعتاد من النفط والغاز إلى أن هذه الموارد قد تدوم 50 - 100 عام أخرى - وربما لأعوام أطول - بالتكنولوجيات المعروفة للتنقيب والاستخراج، والتقدم التقنى المتوقع فى عمليات المنبت أو المنشأ (أى جانب الموارد). وتعتبر موارد الفحم والمواد النووية وفيرة جداً لدرجة أنهما بالإمكان أن يظلا باقيين، على الترتيب، لقرون أو لآلاف السنين؛ علاوة على ذلك، رغم أن أسعار الوقود الأحفورى ربما ترتفع ببطء على مر الزمن، فلن الزيادات الكبرى المسافة بالتكلفة فى أسعار الطاقة، والتى برزت فى

مصادر الطاقة