التخفيف من تغير المناخ والتنمية المستدامة

إعداد:
أسرة التحرير

إمدادات الطاقة
وضع القطاع والتنمية حتى العام ٢٠٣٠

يستمر الطلب على الطاقة العالمية فى النمو على الرغم من التباينات على المستوى الإقليمى.. وشهد المتوسط العالمى لنمو استهلاك الطاقة العالمية ارتفاعا بلغت نسبته ١.٤٪ سنويا خلال الفترة الممتدة من العام ١٩٩٠ إلى العام ٢٠٠٤، رغم نسبة نمو أدنى سُجلت خلال العقدين السابقين إثر الانتقال الاقتصادى فى دول أوروبا الشرقية والقوقاز وآسيا الوسطى، إلا أنه سرعان ما عاد استهلاك الطاقة ينمو من جديد فى تلك المنطقة.

يشهد العديد من الدول النامية نمواً سريعاً فى استهلاك الطاقة بالنسبة إلى الفرد الواحد.. تسجل إفريقيا نسبة الاستهلاك الأصغر بالنسبة إلى الفرد الواحد.. أما تزايد الأسعار على الغاز والنفط فيعيق النفاذ إلى الطاقة والتكافؤ والتنمية المستدامة فى الدول الأكثر فقراً، ويحول دون تحقيق أهداف الحد من الفقر التى تسمح بنفاذ أفضل إلى الكهرباء وأنواع حديثة من وقود الطبخ والتدفئة والنقل.

وإزداد إجمالى استهلاك الوقود الأحفورى بشكل منتظم خلال العقود الثلاثة الماضية، كما استمر استهلاك الطاقة النووية فى النمو، رغم معدل أدنى من المعدل الذى عرفته الثمانينيات، أما الاستخدام الواسع النطاق للطاقة المائية والحرارية الأرضية فمازال ثابتا، وبين العامين ١٩٧٠ و٢٠٠٤ انخفضت حصة الوقود الأحفورى من ٨٦٪ إلى ٨١٪، أما الطاقة الهوائية أو الشمسية فتستمر فى الارتفاع لكن انطلاقا من أساس شديد التدنى.

يشير المزيد من سيناريوهات «العمل كالعادة» (BAU) إلى استمرار نمو سكان العالم (وإن كان بنسب أدنى من توقعات العقود الماضية) وإجمالى الناتج المحلى مما يؤدى إلى نمو كبير فى الطلب على استخدام الطاقة ومن المتوقع أن تستمر معدلات النمو العالية فى الطلب على الطاقة فى آسيا «٣.٢٪ فى السنة الواحدة بين العامين ١٩٩٠ و٢٠٠٤» وهو طلب ستتم تلبيته بالوقود الأحفورى فى معظم الأحيان.

ولا تشكل الندرة المطلقة على المستوى العالمى للوقود الأحفورى عاملاً هاماً عند النظر فى تخفيف تغير المناخ، كما سيبلغ الإنتاج التقليدى للنفط ذروته فى النهاية لكننا لا نعرف متى وما هى تداعيات ذلك أما الطاقة الناتجة عن الغاز الطبيعى التقليدى فهى أكبر بكثير عن تلك الناتجة عن النفط، ولكن على غرار النفط لا توزع بشكل متساو فى العالم وفى المستقبل قد يؤدى النقص فى أمن إمدادات النفط والغاز للدول المستهلكة إلى الانتقال إلى استخدام الفحم والطاقة النووية أو مصادر الطاقة المتجددة كما يظهر التوجه نحو حاملى الطاقة الأكثر كفاءة وملاءمة «الكهرباء والوقود السائلة والغازية».

ازداد التشديد فى كافة أنحاء العالم على أمن الإمدادات، منذ تقرير التقييم الثالث وتزامن ذلك مع انخفاض الاستثمار فى البنية التحتية، وزيادة الطلب العالمى وعدم الاستقرار السياسى فى أهم المجالات ومخاطر النزاع والإرهاب وأحداث الطقس المتطرفة أما الاستثمار فى بنية تحتية جديدة فى مجال الطاقة فى الدول النامية وتحسين قدرة الدول النامية فسيفتحان باب الفرص الجديدة لاستغلال المنافع المشتركة الناتجة عن الخيارات المتعلقة بخلط الطاقة بهدف الحد من إنبعاثات غازات الدفيئة أكثر مما ستكون عليه.

وبات تحدى العديد من الحكومات يكمن فى إيجاد الطريقة الأمثل للاستجابة إلى الطلب المتزايد على خدمات الطاقة التى يمكن الاعتماد عليها مع الحد من التكاليف الاقتصادية المترتبة على المواطن وتأمين أمن الطاقة والحد من الاعتماد على موارد الطاقة المستوردة وخفض قدر الإمكان الإنبعاثات المرتبطة بغازات الدفيئة والملوثات الأخرى، أما اختيار نظم امدادات الطاقة لكل منطقة من العالم فسيرتبط بتنميتها والبنية التحتية المتوفرة والتكاليف المحلية القابلة للمقارنة لموارد الطاقة المتوفرة.

إذا بقيت أسعار الوقود الاحفورى عالية قد ينخفض الطلب مؤقتا عليها حتى تصبح موارد هيدروكربون أخرى كالنفط الرملى أو تلك الناتجة عن تحويل الفحم أو الغاز إلى سوائل أو.. قابلة للبقاء تجاريا، وفى حال حصل ذلك بالفعل، من المفترض أن تزداد الإنبعاثات مع إزدياد كثافة الكربون، إلا

فى حال تم تطبيق طريقة التقاط ثانى أكسيد الكربون وتخزينه، ونتيجة المخاوف المتزايدة إزاء أمن الطاقة والارتفاعات الأخيرة لأسعار الغاز يزداد الاهتمام بإنشاء محطات إنتاج للطاقة جديدة تكون اكثر فاعلية وتعمل على الفحم أما المسالة الحرجة اليوم فى إنبعاثات غازات الدفيئة فتتعلق بالسرعة التى سيتم خلالها تجهيز تلك المنشات بتكنولوجيا التقاط الكربون وتخزينه، ما سيزيد من تكاليف الكهرباء، اما معرفة ما إذا كانت المنشات ذات المبانى الجاهزة لالتقاط الكربون وتخزينه أكثر كفاءة بالقياس إلى التكلفة مقارنة مع التحسين التجهيزى للمحطات أو مع بناء محطات جديدة يُدمج فيها نظام التقاط الكربون وتخزينه، فترتبط بالافتراضات الاقتصادية والفنية.

كما يمكن لاستمرار بقاء أسعار الوقود الاحفورى عالية أن يولد استخداما اكبر للطاقة النووية أو المتجددة رغم تذبذب الأسعار الذى لن يشجع المستثمرين على اختيار ذلك المجال. فالمخاوف المتعلقة بالسلامة وانتشار الأسلحة والنفايات مازالت تشكل عائقا امام إنتاج الطاقة النووية وقد يساهم الهيدروجين بدور حامل للطاقة مع إنبعاثات كربون متدنية، ولكن بحسب مصدر الهيروجين ومدى امتصاص عملية التقاط الكربون وتخزينه فى إنتاج الهيروجين من الفحم أو الغاز، ويجب استخدام الطاقة المتجددة إما بشكل موزع أو بالتركيز على الطلب الكثيف على استخدام الطاقة فى المدن والصناعات لانه خلافا لمصادر الوقود الاحفورى، توزع مصادر الطاقة المتجددة بشكل واسع مقابل موارد طاقة محدودة فى المنطقة المستغلة.

وفى حال استمرار الطلب على الطاقة فى الازدياد بحس المسلك الحالى، فستحتاج البنية التحتية المحسنة ونظام التحويل بحلول العام ٢٠٣٠ إلى استثمار تراكمى إجمالى تبلغ قيمته حوالى ٢٠ ترليون دولار امريكى بالقياس إلى قيمة دولار العام ٢٠٠٥ «أى ٢٠ × ١٠^{١٢}» ومن باب المقارنة فقط يبلغ مجمل الاستثمار العالمى الحالى فى قطاع الطاقة حوالى ٣٠٠ مليار دولار أمريكى سنويا «٣٠٠ × ١٠^{٩}».

توجهات الإنبعاثات العالمية والإقليمية

باستثناء دول اوروبا الشرقية والقوقاز وآسيا الوسطى «حيث انخفضت الانبعاثات بعد العام ١٩٩٠ وعادت لترتفع الآن من جديد» واوروبا «الإنبعاثات استقرت حاليا» استمرت انبعاثات الكربون فى الارتفاع، وستزداد إنبعاثات «العمل كالعادة» بحلول العام ٢٠٣٠ بشكل كبير وبغياب تدابير مبنية على سياسة فاعلة، من المتوقع أن ترتفع إنباعثات ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق الوقود الأحفورى بنسبة ٤٠٪ على الاقل من ٢٥ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء/ سنة ٦٠ . ٦ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء سنة ٢٠٠٠، إلى ٣٧ ـ ٥٣ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء/ سنة «١٠ ـ ١٤ جيجا طن ثانى أكسيد الكربون المكافىء بحلول سنة ٢٠٣٠».

وفى العام ٢٠٠٤ بلغت الإنبعاثات الناتجة عن توليد الطاقة والتدفئة وحدهما حوالى ١٢ . ٧ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء ٢٦٪ من إجمالى الإنبعاثات، بما فى ذلك ٢ . ٢ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء من الميثان، أما فى العام ٢٠٣٠، بحسب خط الاساس توقعات الطاقة العالمية للعام ٢٠٠٦، فسترتفع تلك الإنبعاثات إلى ٧ ١٧ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء

وصف وتقييم تكنولوجيات التخفيف وممارساته وخياراته وإمكانياته وتكاليفه فى قطاع توليد الكهرباء

يملك قطاع الكهرباء إمكانية تخفيف كبيرة باستخدام عدد من التكنولوجيا «الجدول ٣» وتعتمد إمكانية التخفيف الاقتصادية التابعة لكل تكنولوجيا منفصلة، على ما قد يعتبر توقعا واقعيا لانتشار التكنولوجيا المختلفة فى حال تم بذل قصارى الجهود، ولكن مع الأخذ بالمعوقات العملية التى تؤثر على معدل الامتصاص، وبتقبل الراى العام، وببناء القدرات والتسويق، أما المنافسة بين الخيارات المختلفة وتاثير توفير طاقة الاستخدام النهائى والتحسن فى الكفاءة فكلها غير مضمونة.

يتوفر عدد واسع من خيارات التخفيف فى مجال امدادات الطاقة وهى فاعلة بالقياس إلى الكلفة بأسعار كربون تقل عن ٢٠ دولارا أمريكيا/طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء بما فى ذلك التحول فى استخدام الوقود، وتحسن كفاءة محطات توليد الطاقة، ونظم الطاقة النووية والطاقة المتجددة وستصبح عملية التقاط الكربون وتخزينه فاعلة بالقياس إلى الكلفة باسعار كربون أعلى، وتضم خيارات أخرى فى طور التطوير، الطاقة النووية المتقدمة ومصادر طاقة متجددة متقدمة، والوقود الأحفورى من الجيل الثانى وتضم على المدى الطويل وامكانية استخدام الهيدروجين كحامل للطاقة.

نظرا إلى أن التقديرات المعروضة فى الجدول «رقم ١» لخيارات تخفيف فردية، اى أنها لا تؤخذ بمجمل الإمدادات لا تمكن إضافتها.

لذا تم القيام بتحليل إضافى لخليط الإمدادات تجنبا للاحتساب التكرارى.

واعتبر التحليل أنه سيتم تدريجيا استبدال القدرة على توليد الكهرباء.

باستخدام الطاقة الحرارية، وأنه سيتم بناء محطات جديدة لتوليد الطاقة استجابة للطلب، وذلك بموجب الشروط التالية:

١- الانتقال من الفحم إلى الغاز قُدّر لنسبة حوالى ٢٠٪ من محطات توليد الطاقة العاملة على الفحم نظرا إلى انه الخيار الارخص.

٢ اعتبر استبدال المحطات العاملة على الوقود الاحفورى المتوفرة وبناء محطات جديدة حتى العام ٢٠٣٠ استجابة للطلب على الطاقة مشتركا بين محطات الوقود الاحفورى ذات الكفاءة ومصادرالطاقة المتجددة ومحطات الطاقة النووية والفحم وإحراق الغاز مع نظام التقاط الكربون وتخزينه، ولم يقدر اى توقف مبكر فى عمل تلك المحطات أو اية صعوبات لجهة الموجودات.

٣- تستخدم التكنولوجيا المتدنية او المنعدمة الكربون بالتوازى مع الحد

الجدول (رقم ١): إنبعاثات غازات الدفيئة الممكن تجنبها بحلول العام ٢٠٣٠ باستخدام إحدى تكنولوجيات تخفيف فى مجال توليد الكهرباء (الفائضة عن خط الأساس المرجح فى توقعات الطاقة العالمية (٢٠٠٤) التابعة للوكالة الدولية للطاقة) المستعملة بالعزل عن حصص إمكانية التخفيف المنتشرة حول كل فئة من فئات الأسعار (٢٠٠٦ دولا أمريكى/ طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء).

	التجمعات الإقليمية	إمكانية التخفيف: مجموع الانبعاثات الموفرة فى العام ٢٠٣٠ (جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء)	إمكانية التخفيف (٪) لفئات محددة من أسعار الكربون (ما تم توفيره فى الدولار الأمريكى/ طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء				
			< ٠	٠ – ٢	٢٠ – ٥٠	٥٠ – ١٠٠	> ١٠٠
تغير فى استخدام الوقود وكفاءة محطة توليد الطاقة	دول منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى.	٠,٣٩		١٠٠			
	الاقتصاد الذى يمر بمرحلة انتقالية.	٠,٠٤		١٠٠			
	دول غير أعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى العالم.	٠,٦٤		١٠٠			
		١,٠٧					
الطاقة النووية	دول منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى.	٠,٩٣	٥٠	٥٠			
	الإقتصاد الذى يمر بمرحلة انتقالية.	٠,٢٣	٥٠	٥٠			
	دول غير أعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الاقتصادى العالم.	٠,٧٢	٥٠	٥٠			
		١,٨٨					
الطاقة المائية	دول منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى.	٠,٣٩	٨٥	١٥			
	الاقتصاد الذى يمر بمرحلة انتقالية.	٠,٠٠					
	دول غير أعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى العالم.	٠,٤٨	٢٥	٣٥	٤٠		
		٠,٨٧					
الطاقة الهوائية	دول منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى.	٠,٤٥	٣٥	٤٠	٢٥		
	الاقتصاد الذى يمر بمرحلة انتقالية.	٠,٠٦	٣٥	٤٥	٢٠		
	دول غير أعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى العالم.	٠,٤٢	٣٥	٥٠	١٥		
		٠,٩٣					
الطاقة الاحيائية	دول منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى.	٠,٢٠	٢٠	٢٥	٤٠	١٥	
	الاقتصاد الذى يمر بمرحلة انتقالية.	٠,٠٧	٢٠	٢٥	٤٠	١٥	
	دول غير أعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى العالم.	٠,٩٥	٢٠	٣٠	٤٥	٥	
		١,٢٢					
الطاقة الحرارية الارضية	دول منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى.	٠,٠٩	٣٥	٤٠	٢٥		
	الاقتصاد الذى يمر بمرحلة انتقالية.	٠,٠٣	٣٥	٤٥	٢٠		
	دول غير أعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى العالم.	٠,٣١	٣٥	٥٠	١٥		
		٠,٤٣					
الطاقة الفولطية الضوئية الشمسية والطاقة الشمسية المركزة	دول منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى.	٠,٠٣				٢٠	٨٠
	الاقتصاد الذى يمر بمرحلة انتقالية.	٠,٠١				٢٠	٨٠
	دول غير أعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى العالم.	٠,٢١				٢٥	٧٥
		٠,٢٥					
التقاط الكربون وتخزينه + الفحم	دول منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى.	٠,٢٨			١٠٠		
	الاقتصاد الذى يمر بمرحلة انتقالية.	٠,٠١			١٠٠		
	دول غير أعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى العالم.	٠,٢٠			١٠٠		
		٠,٤٩					
التقاط الكربون وتخزينه + الغاز	دول منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى.	٠,٠٩				١٠٠	
	الاقتصاد الذى يمر بمرحلة انتقالية.	٠,٠٤				٧٠	
	دول غير أعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الإقتصادى العالم.	٠,١٩			٣٠	١٠٠	
		٠,٣٢					

الجدول (رقم ٢): الزيادة المسقطة للطلب على الطاقة من العام ٢٠١٠ إلى العام ٢٠٣٠ لتلبية محطات إضافية وبديلة اكثر كفاءة وامكانية تخفيف مرتفعة عن خط أساس توقعات الطاقة العالمية للعام ٢٠٠٤.

	كفاءات محطات توليد الطاقة بحلول العام ٢٠٣٠ (بحسب الوكالة الدولية للطاقة ٢٠٠٤) ٪	الخليط المتوفر لتوليد الطاقة تيرا واط ساعة	توليد الطاقة من محطات توليد إضافية جديدة بحلول العام ٢٠٣٠ تير واط ساعة	توليد الطاقة من محطات توليد جديدة حلت محل المحطات الموجودة حتى العام ٢٠١٠ بحلول العام ٢٠٣٠ تيرا واط ساعة	حصة خليط الطاقة المولدة من مجمل محطات توليد جديدة وبديلة تم إنشاؤها بحلول العام ٢٠٣٠ بما فى ذلك التقاط الكربون وتخزينه بأسعار كربون مختلفة (دولار أمريكى/ طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء) ب)			مجمل توفير جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء إثر الانتقال فى استخدام الوقود وبفضل نظام التقاط الكربون وتخزينه واستبدال بعض انواع التوليد العاملة على الوقود الاحفورى بخيارات متدنية الكربون كالطاقة الهوائية والشمسية والحرارية الأرضية والمائية والنووية والكتلة الهوائية.		
					< ٢٠دولاوا أمريكيا تيرا واط ساعة	< ٥٠ دولاوا أمريكيا تيرا واط ساعة	< ١٠٠دولاوا أمريكيا تيرا واط ساعة	< ٢٠ دولارا امريكيا/ طن	< ٥٠ دولارا امريكيا/ طن	< ١٠٠ دولارا امريكيا/ طن
منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الاقتصادى		١١,٣٠٢	٢٩٤٢	٤٥٢١	٧٤٦٣			١,٥٨	٢,٥٨	٢,٦٦
الفحم	٤١	٤٠٧٩	٦٥٧	١٦٣٢	٨٩٩	١٢١	٠			
النفط	٤٠	٤٧٢	١٦٣ج -	١٨٩	١٣	٢	٠			
الغاز	٤٨	٢٣٧٤	١٧٧١	٩٥٠	١٧٩٣	٦٣٧	٤٥٨			
الطاقة النووية	٣٣	٢٤٦٢	٣٢٥ -	٩٨٥	٢٠٨٤	٢٠٨٤	١٧٧٧			
الطاقة المائية	١٠٠	١٤٠٢	١٢٧	٥٦١	١٢٩٥	١٢٩٥	١١١١			
الكتلة الإحيائية	٢٨	٢٣٧	١٦٨	٩٥	٢٦٣	٤٩٩	٥٠٩			
مصادر طاقة متجددة أخرى	٦٣	٢٧٦	٧٠٧	١١٠	١١١٦	١٥٤٤	١٥٢٦			
					٠	١٢٨٢	٢٠٨٢			
دول غير أعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الاقتصادى ولا يمر اقتصادها بمرحلة انتقالية		١٧٤٦	٧٢٢	٦٩٨	١٤٢٠			٠٣٢	٠,٤٢	٠,٤٩
الفحم	٣٢	٣٨١	١٣	١٥٢	٧٢	٤٦	٢٩			
النفط	٢٩	٦٩	٨ -	٢٨	١١	٧	٤			
الغاز	٢٩	٦٥٢	٦٧٢	٢٦١	٥٣٧	٣٥٧	٢٤٠			
الطاقة النووية	٣٣	٢٩١٢	٢٠ -	١١٧	٤٤٢	٤٤٢	٤٤٢			
الطاقة المائية	١٠٠	٣٣٨	٣٥	١٣٥	١٧٠	١٧٠	١٧٠			
الكتلة الإحيائية	٤٨	٤	٧	٢	٤٧	١٠٩	١٢١			
مصادر طاقة متجددة أخرى	٣٦	١٠	٢٣	٤	١٤٢	١٦٧	١٩١			
						١٢٣	٢٢٢			

ملاحظات:

أ) الكفاءة المناسبة والمحتسبة بناء على آفاق الاقتصاد العالمى سنة ٢٠٠٤ (الوكالة الدولية للطاقة ٢٠٠٤ ب) - مدخلات الطاقة (إكزا جول)/ متوقع مدخلات الطاقة (إكزا جول).

ب) عند أسعار كربون أعلى يستبدل المزيد من توليد الطاقة العامل على الفحم والنفط والغاز بخيارات متدنية او منعدمة الكربون نظرا إلى تنافسية الطاقتين النووية والمائية فى الأسعار عندما تقل عن ٢٠ دولارا امريكيا/ طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء فى معظم المناطق فإن حصتها تبقى مستقرة.

ج) تشير البيانات السلبية إلى انخفاض فى التوليد وهو مضمون فى التحليل.

الاقصى من حصصها المقدرة فى مجال توليد الكهرباء فى العالم ٢٠٣٠، وتم تحديد الحصص بالاستناد إلى الكتب مع الاخذ بالموارد المتوفرة والتكاليف النسبية وتقلبية العرض المتعلقة بأوجه عدم انتظام داخل شبكة توليد الطاقة وتم الفصل بينها بحسب مستويات اسعار الكربون.

وتقدر إمكانية التخفيف الاقتصادية التى نحصل عليها فى قطاع امادادات الطاقة بحلول العام ٢٠٣٠ والناتجة عن الكفاءة المحسنة لمحطات توليد الطاقة العاملة على الطاقة الحرارية والنقلة فى استخدام الوقود واستخدام مزيد من الطاقة النووية ومصادر الطاقة المتجددة ونظام التقاط الكربون وتخزينه استجابة للطلب المتزايد بحوالى ٧.٢ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء بأسعار كربون أقل من ١٠٠ دولار أمريكى/ طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء. وتقدر إمكانية الحد من الإنبعاثات بأسعار كربون تقل عن ٢٠ دولاراً أمريكياً/طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء بحوالى ٣.٩ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء «الجدول ٢» وفى ظل وجود سعر كربون شبيه ستزداد حصة الطاقة المتجددة فى مجال توليد الكهرباء من نسبة ٢٠٪ فى العام ٢٠١٠ إلى حوالى ٣٠٪ فى العام ٢٠٣٠ . أما إن خفضت أسعار كربون عن ٥٠ دولارا أمريكيا/طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء فسترتفع الحصة إلى نسبة ٣٥٪ من مجمل توليد الكهرباء وستبلغ حصة الطاقة النووية حوالى ١٨٪ فى العام ٢٠٣٠ بأسعار كربون أدنى من ٥٠ دولاراً أمريكياً/ طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء ولن تتغير كثيراً فى حال ارتفعت الأسعار نظراً إلى تنافسية التكنولوجيات الأخرى.

ومن أجل تقييم الامكانية الاقتصادية تم افتراض الحصص الفنية الاقصى لاستخدام التكنولوجيات المتدنية أو المنعدمة الكربون، وهذا الافتراض إذ يقع على الطرف الاقصى من مجموعة الكتب ذات الصلة، وفى حال لم يتم بلوغ مثلا سوى نسبة ٧٠٪ من الحصص المفترضة ستنخفض إمكانية التخفيف مع اسعار كربون اقل من ١٠٠ دولار أمريكى/طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء إلى حوالى النصف تقريبا، ويسمح توفير الطاقة عند الطلب على الكهرباء فى قطاع الاستخدام النهائى بالحد من الحاجة إلى تدابير التخفيف فى قطاع الطاقة وعند الأخذ بتاثير تدابير التخفيف فى قطاعى الصناعة والبناء على الطلب على الكهرباء، نحصل على إمكانية تخفيف ادنى فى قطاع امدادات الطاقة مقارنة مع الرقم المستقل المعروض منه.

تفاعلات خيارات التخفيف مع التعرض والتكيف

يعتبر العديد من انظمة الطاقة عرضة بحد ذاته لتغير المناخ. وتتعرض منشآت الوقود الاحفورى الساحلية وانظمة استخراج النفط والغاز الساحليين لحوادث طبيعية متطرفة وفى حال ارتفعت حرارة مياه الانهار قد يصبح من الصعب تبريد محطات توليد الطاقة التقليدية والنووية كما يمكن لمصادر الطاقة المتجددة أن تتاثر هى ايضاً تاثراً عكسيا بتغير المناخ «انظمة الطاقة الشمسية المتاثرة بالتغيرات فى غطاء السحب، وتوليد الطاقة المائية المتاثر بتغيرات فى تدفق المجرى المائى وذوبان الانهار الجليدية والثلوج، والطاقة الهوائية المتاثرة بتغير سرعة الرياح وعائدات محاصيل انتاج الطاقة المقلصة بفعل الجفاف ودرجات حرار اكثر ارتفاعاً» وتستخدم بعض تدابير التكيف لتغير المناخ مثل تكييف الهواء ومضخات الماء والطاقة وبإمكانها ان تساهم فى زيادة انبعاثات ثانى اكسيد الكربون ما يتطلب مزيداً من التخفيف.

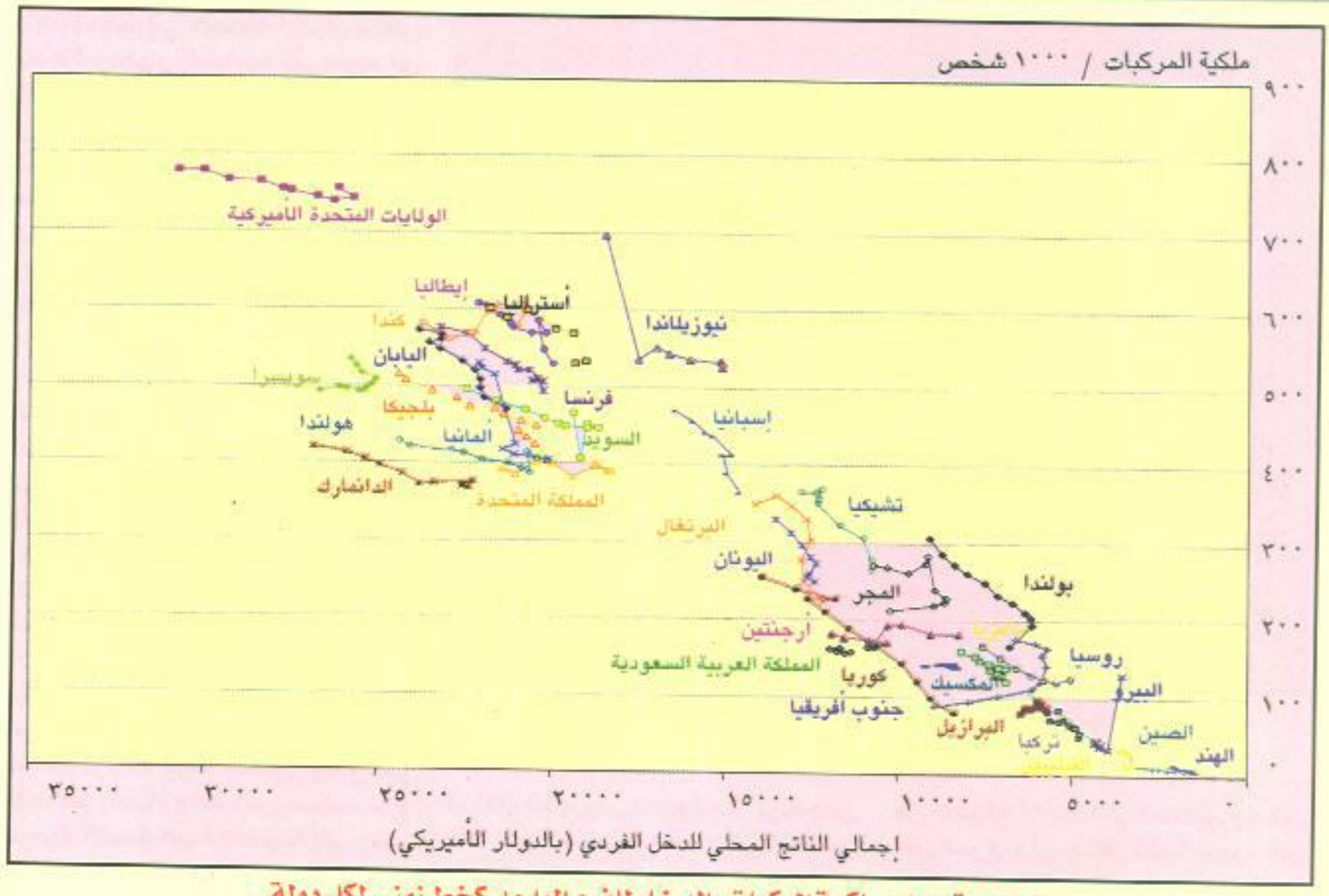
فاعلية السياسات والامكانيات والحواجز والفرص المعنية بالمناخ ومسائل التطبيق والخبرة ذات الصلة

تظهر الحاجة إلى القيام بأعمال قصيرة الامد كى يصبح التاثير ملموسا على المدى الطويل، إلى جانب الحاجة إلى تطبيق سلسلة واسعة من الادوات السياساتية نظراً إلى عجز اداة واحدة على توليد نقلة واسعة النطاق فى انظمة التزويد بالطاقة على المستوى العالمى، وتمتد تكنولوجيات تحويل الطاقة الواسعة النطاق مدة حياة تمتد على عدة عقود ما يجعل مقدار استهلاكها يتراوح ما بين ١٪ و٣٪ للسنة الواحدة ما يعنى أن السياسات المقرة اليوم ستؤثر على معدل نشر التكنولوجيا المطلقة لثانى أكسيد الكربون لعقود طوال، ما سيؤثر بدوره تاثيراً كبيراً على مسالك التنمية خاصة فى عالم متزايد النمو.

وتم استخدام ادوات اقتصادية وتنظيمية وتضم الانهج الهادفة إلى تشجيع اعتماد اكبر لأنظمة التزويد بالطاقة المتدنية من حيث إطلاق ثانى أكسيد الكربون وإعانات الحد من الوقود الاحفورى وتشجيع الرواد فى استخدام تكنولوجيات محددة من خلال مشاركة حكومية ناشطة فى خلق الاسواق «كما جرى فى الدنمارك مع الطاقة الهوائية وفى اليابان مع الطاقة الكهربائية الشمسية الضوئية» وصعب خفض الإعانات بسبب المصالح المكتسبة، أما فيما يتعلق بدعم مشاريع استخدام الطاقة الكهربائية المتجددة فتبين أن التعريفات المفروضة أكثر فاعلية مع انظمة التداول بالرخص الخضراء المبنية على مبدأ الحصص لكن مع ازدياد شرائح الطاقة المتجددة فى الطاقة المختلطة، يشكل تعديل تلك التعريفات مسالة شائكة، ومن المتوقع أن تساهم نظم الرخص القابلة للتداول واستخدام آليات كيوتو اللينة مساهمة ملموسة فى الحد من الانبعاثات.

سياسات متكاملة وغير مناخية ومنافع سياسات التخفيف المشتركة

من الممكن أن تكون المنافع المشتركة فى التخفيف من غازات الدفيئة منافع كبيرة فى قطاع امدادات الطاقة، فالمستهلك يستفيد فورا من تكاليف الطاقة المتدنية بمجرد تطبيق تدابير فاعلة بالقياس إلى الكلفة وذات كفاءة على مستوى الطاقة. وتظهر عادة على المستوى المحلى منافع مشتركة اخرى لجهة امن امدادات الطاقة والابتكار التكنولوجى ومكافحة تلوث الهواء والعمالة. ما ينطبق على الطاقة المتجددة التى بإمكانها ان تحد من الاعتماد على الواردات، وفى العديد من



الرسم رقم « ١ »: ملكية المركبات والدخل للفرد الواحد كخط زمنى لكل دولة

الحالات، ان تخفض إلى حدها الاقصى الخسائر والتكاليف الانتقالية. كما تتاثر الكهرباء ووقود النقل والتدفئة المزودة من قبل طاقة متجددة بنسبة اقل بتقلبات الاسعار لكن الكلفة تزيد فى الكثير من الاحيان ونظرا إلى أن تكنولوجيات الطاقة المتجددة تتطلب مزيدا من اليد العاملة مقارنة مع التكنولوجيا التقليدية سيؤدى استخدامها إلى ازدياد العمالة لكن من الممكن أن تشكل تكاليف الاستثمار العالية فى البنى التحتية لنظم الطاقة الجديدة حاجزاً كبيرا فى وجه التطبيق.

وستحتاج الدول النامية التى مازالت تشهد نموا اقتصاديا إلى أن تزيد بشكل كبير خدماتها فى مجال الطاقة التى تؤمنها حاليا باستخدام الوقود الاحفورى فى اغلب الاحيان. ويحمل النقاذ إلى خدمات الطاقة الحديثة منافع عدة إذ بإمكانها ان تحسن نوعية الهواء خاصة فى المناطق الحضرية الواسعة النطاق وان تحد من انبعاثات غازات الدفيئة وستحتاج الدول النامية إلى محطات توليد طاقة جديدة بقوة ٢٤٠٠ جيجا واط تقريبا بحلول العام ٢٠٣٠ للاستجابة إلى طلب المستهلك، ما يتطلب استثمارا قدره ٥ مليارات دولار أمريكى تقريباً، وفى حال وجهت بشكل جيد تؤمن استثمارات بهذا الحجم فرص تنمية مستدامة ويمكن لإدخال سياسات تنموية ضمن اهداف التخفيف من غازات الدفيئة ان يؤمن المنافع المذكورة أعلاه وأن يساهم فى تحقيق الاهداف التنموية المتعلقة بالعمالة والفقر والتكافؤ. ومن المفترض ان تأخذ تحاليل السياسات الممكنة بتلك المنافع المشتركة ولكن تجدر الاشارة مرة أخرى إلى أنه فى بعض الظروف قد تؤدى مكافحة تلوث الهواء او محاولات تأمين امن الطاقة إلى استخدام اكبر للطاقة بما ينتج عن ذلك من انبعاثات لغازات الدفيئة.

وتهدف سياسات تحرير السوق والخصخصة من أجل تنمية اسواق خالية من الطاقة إلى تعزيز التنافسية وخفض اسعار المستهلك الا انها لم تنجح دائما فى هذا المجال ما ادى فى معظم الاحيان إلى نقص فى استثمار رأس المال واهتمام بسيط بالتأثيرات البيئية.

البحث والتطوير والنشر والانتشار فى مجال التكنولوجيا

انخفض الاستثمار فى انشطة البحث والتطوير فى مجال تكنولوجيا الطاقة بشكل عام منذ المستويات التى بلغها فى اواخر السبعينيات، وذلك نتيجة ازمة البترول فبين العامين ١٩٨٠ و٢٠٠٣، انخفض استثمار القطاع العام فى انشطة البحث والتطوير المتعلقة بالطاقة بنسبة ٥٠٪ من حيث الارقام الحقيقية وارتفعت المستويات الحالية لكنها مازالت غير ملائمة لتنمية التكنولوجيات المطلوبة من اجل الحد من الانبعاثات الخاصة بغازات الدفيئة

والاستجابة إلى الحاجة المتزايدة على الطاقة وتظهر الحاجة إلى مزيد من الاستثمار من القطاعين العام والخاص من أجل نشر سريع للتكنولوجيات المنخفضة الكربون مع الحاجة إلى تنمية تكنولوجيا محسنة لتحويل الطاقة. وطرق نقلها وتخزينها وإدارتها فضلا عن التوليد المشترك والخدمات المبنية على المجتمع.

الآفاق الطويلة الأمد

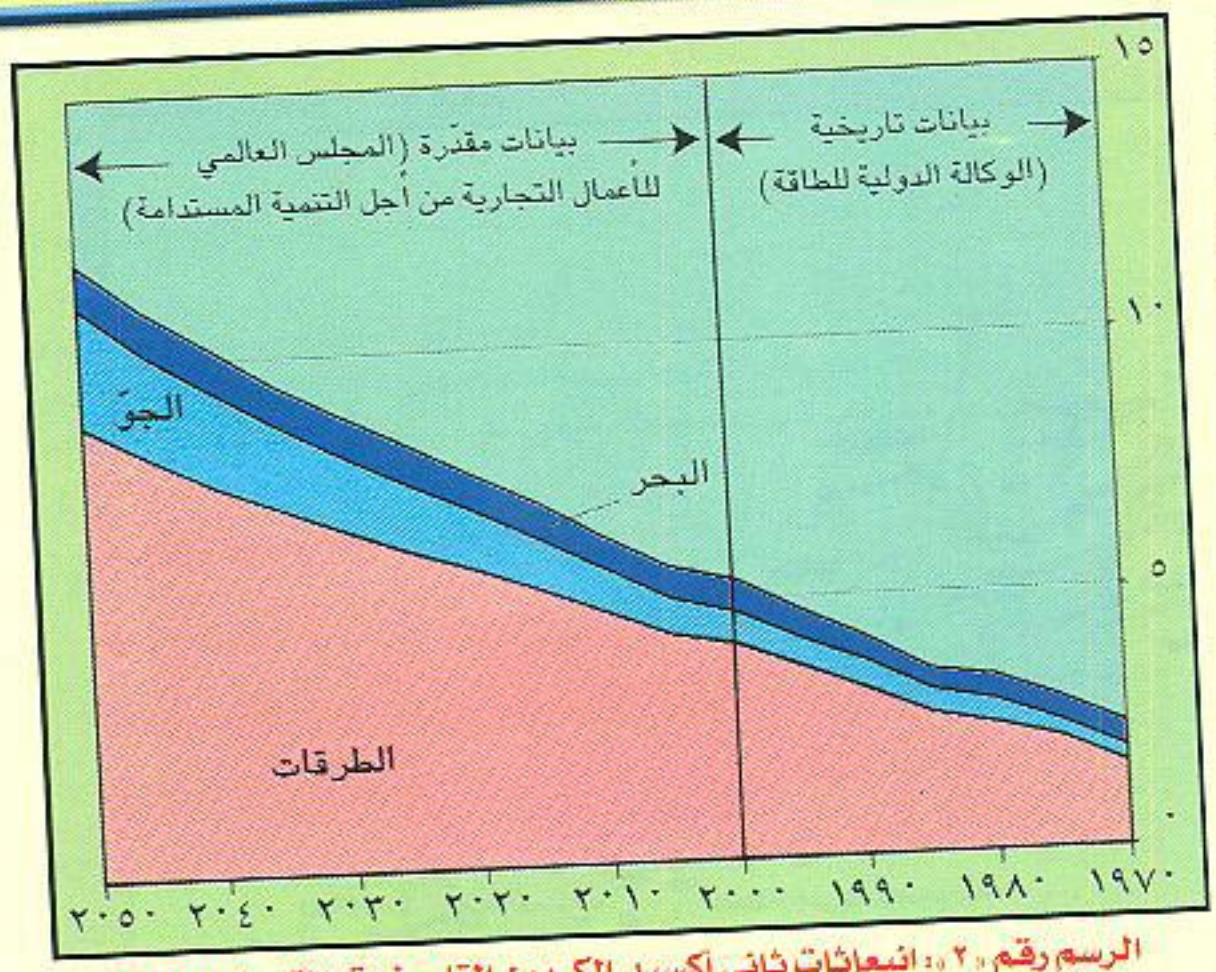
تزداد توقعات الوكالة الدولية للطاقة ومشروع مجلس الطاقة العالمى فى الطلب على الطاقة الاولية بحوالى ٤٠٪ إلى ١٥٠٪ بحلول العام ٢٠٥٠ مقارنة مع طلب اليوم بحسب سيناريوهات السكان والتنمية الاقتصادية ومعدل التنمية التكنولوجية، ومن المتوقع أن يزداد استخدام الطاقة بنسبة تتراوح ما بين ١١٠٪ و٢٦٠٪ وتدرك المنظمتان عدم ملاءمة سيناريوهات «العمل كالعادة» ومن المتوافق عليه أنه حتى فى ظل صناعة قرارات جيدة وتعاون وثيق بين القطاعين العام والخاص، ستحتاج المرحلة الانتقالية المطلوبة إلى وقت، وكلما بدأت كلما انخفضت التكاليف

النقل وبنيته التحتية

حالة القطاع وتنميته

يزداد نشاط قطاع النقل فى العالم مع نمو الاقتصاد وينطبق ذلك على العديد من مناطق العالم النامى حيث تقوم العولمة بتوسيع التدفقات التجارية وزيادة الدخل الفردى، ما يؤدى إلى زيادة الطلب على وسائل النقل الآلية.

ويعتمد النقل بشكل اساسى حالياً على محركات الحرق الداخلى العامة على وقود نفطى «٩٥٪ من ٨٣ إكزا جول من الطاقة المستخدمة عالمياً سنة ٢٠٠٤» وأدى ذلك إلى نمو استخدام النفط مع نمو النشاط فى قطاع النقل وفى العام ٢٠٠٤ شكلت الطاقة المستخدمة فى قطاع النقل ٢٦٪ من اجمالى الاستخدام العالمى وما زال استخدام الطاقة فى إزدياد مستمر فى العالم المتقدم بنسبة خفيفة تقدر بحوالى ١٪ فى كل عام، حيث يستهلك نقل المسافرين حالياً ما بين ٦٠٪ و ٧٥٪ من اجمالى نقل الطاقة اما الدول النامية فتشهد ارتفاعاً أعلى فى استخدام الطاقة للنقل «٣٪ إلى ٥٪



الرسم رقم «٢»: إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون التاريخية والمقدرة الناتجة عن قطاع النقل

فى كل عام» ومن المتوقع ان يرتفع من ٣١٪ فى العام ٢٠٠٢ إلى ٤٣٪ من الاجمالى العالمى لاستخدام الطاقة للنقل بحلول العام ٢٠٢٥

من المتوقع ان يزداد نشاط قطاع النقل بشكل كبير خلال العقود العديدة المقبلة وفى حال لم يتم الابتعاد عن التوجهات الحالية فى استخدام الطاقة، تتوقع الاسقاطات نمواً متزايداً فى الاستخدام العالمى للطاقة من اجل النقل بحوالى ٢٪ فى كل عام، مع استخدام للطاقة وانبعاثات كربون تصل إلى حوالى ٨٠٪ أعلى من مستويات العام ٢٠٠٢ بحلول ٢٠٣٠

فى حالات الاقتصاد المتقدمة، تقارب ملكية المركبات الآلية الخمس إلى ثمانى سيارات لكل ١٠ مواطنين «الرسم رقم ١» ويقل العدد بكثير فى العالم النامى حيث يؤدى النقل غير الآلى دوراً بارزاً، فضلاً عن الاعتماد الكبير على المركبات الآلية التى تسير على عجلتين او ثلاث عجلات ووسائل النقل العام.

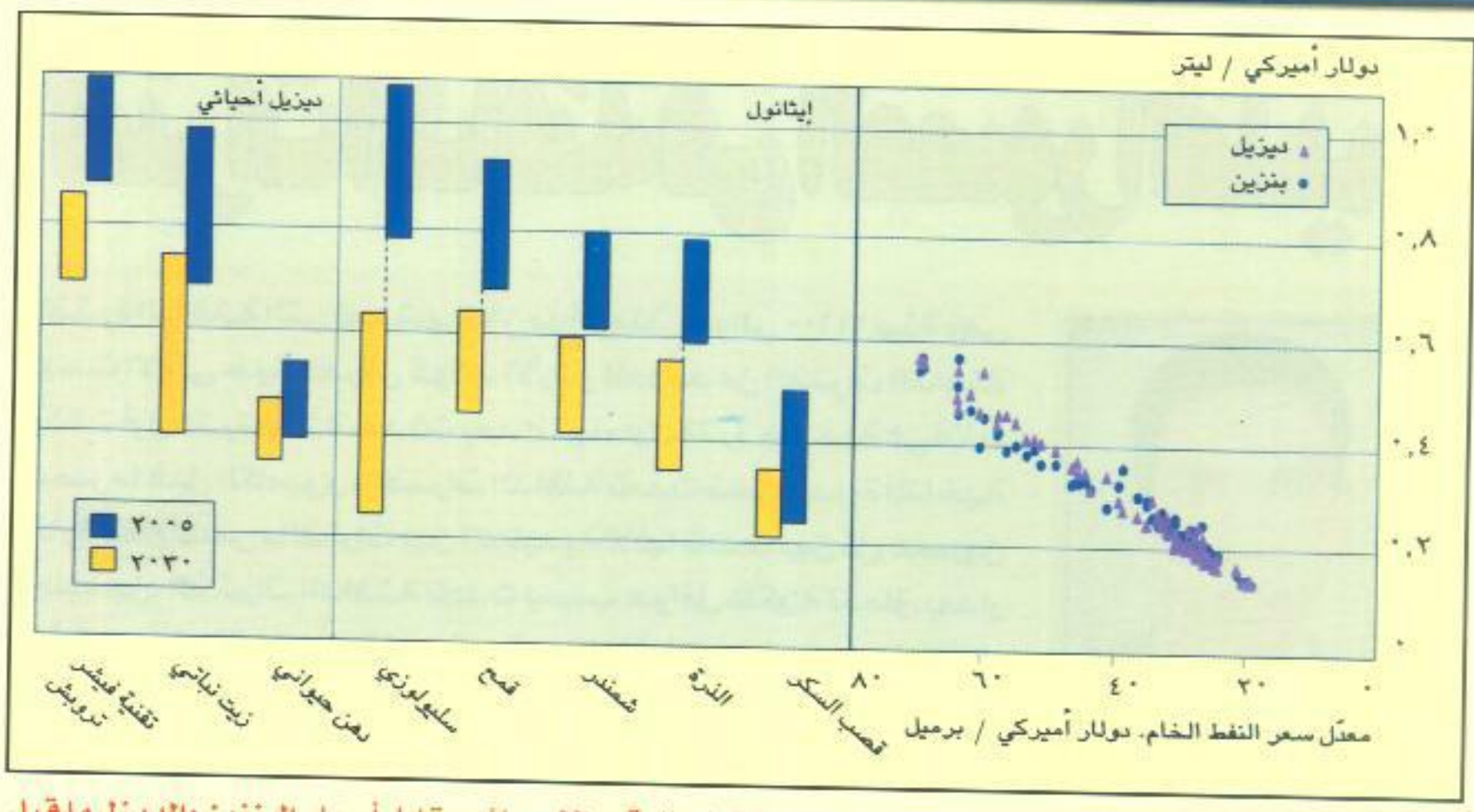
أما النقل الآلى فى العالم النامى فمن المتوقع ان يزداد بسرعة رغم ذلك فى العقود المقبلة ومع ارتفاع الدخل وازدياد قيمة الوقت فى تنقل المسافر، من المتوقع ان يختار المسافر وسائل نقل أسرع، وأن ينتقل تالياً من وسائل النقل غير الآلية إلى المركبات الآلية والجو والقطار السريع. وأدى ارتفاع السرعة بشكل عام إلى طاقة أكثر قوة وإلى نسبة اعلى من انبعاثات غازات الدفيئة.

بالاضافة إلى ازدياد انبعاثات غازات الدفيئة، ادى النقل الآلى إلى الازدحام، وإلى مشاكل ناتجة عن تلوث الهواء فى المدن الكبرى فى كافة انحاء العالم.

توجه الإنبعاثات

فى العام ٢٠٠٤ بلغت نسبة مساهمة النقل فى مجمل انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن استخدام الطاقة حوالى ٢٣٪ مع انبعاثات ثانى اكسيد الكربون وأكسيد النيتروز بلغت حوالى ٦.٣ ـ ٦.٤ جيجا طن من ثانى اكسيد الكربون المكافئ وازدادت انبعاثات ثانى اكسيد الكربون فى قطاع الطاقة «٦.٢ جيجا طن من ثانى اكسيد الكربون المكافئ للعام ٢٠٠٤» بحوالى ٢٧٪ منذ العام ١٩٩٠، ومعدل نموها هو الاعلى بين قطاعات الاستخدام النهائى.

ويشكل النقل على الطرقات حوالى ٧٤٪ من اجمالى انبعاثات ثانى اكسيد



الرسم رقم «٣»: مقارنة بين تكاليف الإنتاج الحالى والمستقبلى للوقود الاحيائى مقابل أسعار البنزين والديزل ما قبل التكرير «أسعار فوب» لنطاق من أسعار النفط الخام «الرسم ٥,٩»..

ملاحظة: لا تضم الأسعار الضرائب

الكربون الناتجة عن قطاع النقل. وتبلغ حصة الدول غير الاعضاء فى منظمة التعاون والتنمية فى الميدان الاقتصادى ٣٦٪ الآن . لكنها سترتفع بسرعة إلى ٤٦٪ بحلول العام ٢٠٣٠ فى حال استمرت التوجهات الحالية.

كما يساهم قطاع النقل فى اطلاق كميات صغيرة من انبعاثات الميثان واكسيد النيتروز الناتجة عن حرق الوقود والغازات المفلورة المنبعثة من مكيفات الهواء، وتتراوح انبعاثات الميثان بين ١ . ٠٪ و ٣ . ٠٪ من مجموع الانبعاثات الناتجة عن النقل وانبعاثات اكسيد النيتروز بين ٠ . ٢٪ و ٨ . ٢٪ «البيانات مأخوذة عن الولايات المتحدة الامريكية واليابان والاتحاد الاوروبى فقط» وبلغت انبعاثات الغازات المفلورة «CFC-12+HFC-134A+HCFC-22» عالمياً فى العام ٢٠٠٣ نسبة ٩ . ٤٪ من اجمالى انبعاثات ثانى اكسيد الكربون الناتجة عن النقل.

وازدادت تقديرات انبعاثات ثانى اكسيد الكربون الناتجة عن الملاحة الجوية العالمية بمعدل واحد يبلغ ١ . ٥ من ٣٣٠ طن مترى من ثانى اكسيد الكربون/ سنة، فى العام ١٩٩٠ إلى ٤٨٠ طن مترى من ثانى اكسيد الكربون/ سنة وتقدر نسبة ٢٪ من مجموع انبعاثات ثانى اكسيد الكربون البشرية المنشأ، ومن المتوقع ان تستمر انبعاثات ثانى اكسيد الكربون الناتجة عن الملاحة الجوية فى الارتفاع بقوة وفى غياب اجراءات اضافية، سيتخطى نمو الملاحة بحوالى ٥٪ فى كل عام التحسن السنوى المتوقع فى كفاءة وقود الطائرات ونسبته ١٪ - ٢٪، ما سيؤدى إلى زيادة سنوية فى الانبعاثات بنسبة ٣٪ - ٤٪ كما ان التأثير الاجمالى للمناخ الناتج عن الملاحة الجوية هو أقوى بكثير من تأثير ثانى اكسيد الكربون وحده. وتساهم الملاحة الجوية، إلى جانب اطلاقها ثانى اكسيد الكربون، فى تغيير المناخ من خلال اطلاقها لأكاسيد النيتروجين، وهى فاعلة جداً وفى تشكيل غازات الدفيئة فى طبقة الاوزون عند اطلاقها على ارتفاعات عالية كما تعزز الملاحة الجوية تشكل سحب ذيول التكثيف التى يعتبر انها تزيد من تشكل طبقة من السحب الداكنه التى تعزز بدورها الاحترار العالمى ويقدر أن تلك التأثيرات أكبر بضعفين إلى ٤ اضعاف من تأثير ثانى اكسيد الكربون الناتج عن الملاحة الجوية، حتى مع استثناء المفعول الممكن لتلك السحب المكثفة، لذا ستعتمد الكفاءة البيئة لسياسات التخفيف المستقبلية على مدى التطرق إلى تأثيرات غير ثانى اكسيد الكربون ايضاً.

تعتبر كل الاسقاطات المذكورة اعلاه ان امدادات النفط العالمية ملائمة جداً لدعم النمو المتوقع فى حركة النقل ويدور النقاش حالياً حول ما إذا كان العالم يقترب من الذروة فى انتاج النفط التقليدى، ما سيتطلب نقلة نوعية وسريعة نحو مصادر الطاقة البديلة التى لا تعرف نقصاً، ومن بينها الرمال النفطية والصخور النفطية وتحويل الفحم إلى سوائل والكهرباء والهيدروجين ومن بين البدائل تلك، ستنتج مصادر الكربون الأحفورى غير التقليدى الوقود الأقل كلفة والأكثر ملاءمة للبنية التحتية المتوفرة فى قطاع النقل. ولكن، لسوء الحظ إن استخدام تلك الموارد الأحفورية بهدف تعزيز النقل سيزيد من انبعاثات الكربون السابقة للإنتاج، ما سيزيد بشكل كبير من مدخلات الكربون فى الغلاف الجوى.

البقية العدد القادم