التخفيف من تغير المناخ والتنمية المستدامة

المسائل المتعلقة بالتخفيف فى سياق طويل الأمد

محركات سيناريو الخط الأساس

باتت التوقعات السكانية اليوم أقل مما جاء فى التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات، بناء على معطيات جديدة تظهر أن معدلات الولادة فى مناطق مختلفة من العالم قد انخفضت بشدة. وحتى اليوم لم تطبق تلك التوقعات الخاصة بالسكان فى العديد من سيناريوهات الانبعاثات الجديدة فى مجال المصطلحات ينتج عن الدراسات المستخدمة معدلات الانبعاثات الإجمالية نفسها، بسبب التغيرات فى القوى المحركة الأخرى مثل النمو الاقتصادى.

إعداد :
أسرة التحرير

انبعاثات سيناريو خط الأساس « جميع الغازات والقطاعات »

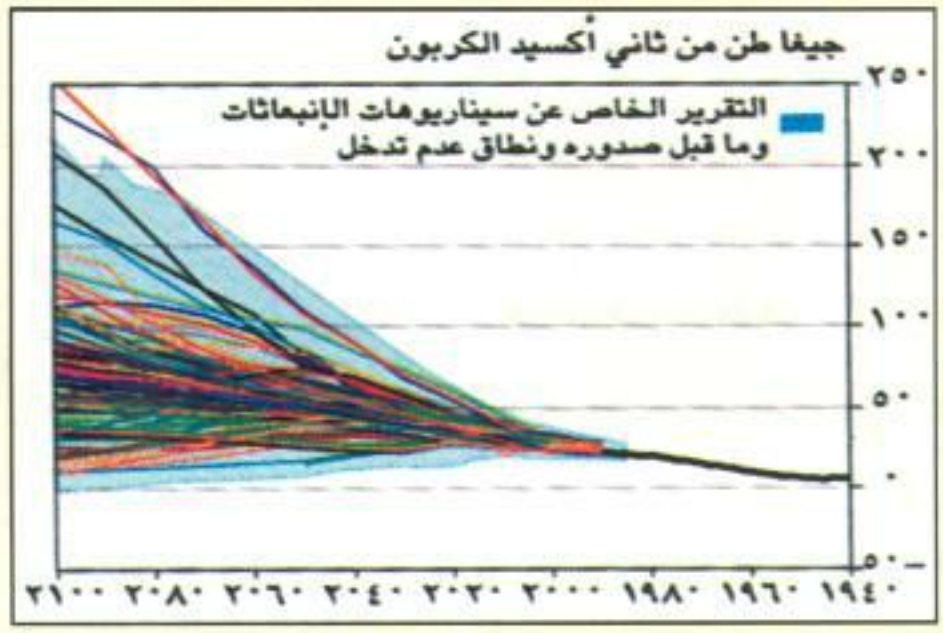
أما كمية انبعاثات ثانى أكسيد الكربون الصناعية والمتعلقة بالطاقة فى عام ٢١٠٠ فى سيناريوهات خط الأساس فجاءت كبيرة للغاية فى مؤلفات ما قبل فترة التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات، إذ تراوحت ما بين ١٧ و١٣٥ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء «٤,٦ ـ ٣٦,٨ جيجا طن من الكربون» أى نسبة التفاوت ذاتها المذكورة فى التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات تقريبا «الرسم ١» قد تساهم أسباب مختلفة فى عدم تراجع الانبعاثات على الرغم من التوقعات الأدنى إلى حد ما لجهة السكان وإجمالى الناتج المحلى ونظرا للتساوى ما بين جميع العوامل الأخرى، تؤدى التوقعات السكانية المتدنية إلى تراجع الانبعاثات لكن فى السيناريوهات التى ترتكز على توقعات أدنى قد تعادل التغيرات الطارئة على محركات انبعاثات أخرى جزئيا آثار سكانية أدنى تضمنت بعض الدراسات توقعات سكانية أدنى إلا أنها، فى هذه الحال، تقابل معدلات نمو اقتصادى أكثر ارتفاعا أو انتقالا باتجاه نظام طاقة كثيف الكربون، مثل الانتقال إلى استعمال الفحم بسبب أسعار النفط والغاز المتزايدة. تشير أغلبية السيناريوهات زيادة فى الانبعاثات فى خلال القسم الأكبر من القرن لكن توجد بعض سيناريوهات خط الأساس فى المؤلفات الجديدة والقديمة تصل فيها الانبعاثات إلى ذروتها ومن ثم تتراجع.

فيما يخص انبعاثات غازات الدفيئة المتعلقة بالأرض كخط أساس، فيتوقع أن تزيد مع تزايد متطلبات الأراضى الزراعية لكن بوتيرة أقل سرعة من الانبعاثات

المتعلقة بالطاقة. بالنسبة إلى انبعاثات ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن التغير فى استخدام الأراضى «خاصة إزالة الغابات» فتظهر سيناريوهات ما بعد التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات توجهات مماثلة: تراجع بطىء قد يؤدى فى نهاية القرن إلى صافى انبعاثات يبلغ الصفر.

من المتوقع أيضا أن ترتفع انبعاثات غازات الدفيئة غير الكربونية كمجموعة «من الزراعة خاصة»، لكن بسرعة أقل من انبعاثات ثانى أكسيد الكربون، ذلك أن أهم مصادر انبعاثات الميثان وثانى أكسيد النيتروز ستزيد حتى نهاية القرن الحالى مع امكانية تضاعفها فى بعض خطوط الأساس. وفى حين يتوقع أن تتراجع انبعاثات بعض المكونات المعالجة بالفلور ينتظر أن تزداد أنواع مختلفة منها بشكل كبير بسبب النمو السريع لبعض الصناعات التى تولدها، وبسبب استبدال المواد المستنزفة لطبقة الأوزون بمركبات الهيدروفلوروكربون.

حصلت تغيرات ملحوظة فى توقعات انبعاثات سلائف الأهباء الجوية وأكسيد النيتروجين وثانى أكسيد الكبريت منذ صدور التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات. وتشير دراسات جديدة إلى نمو بطىء على مدى أقصر مقارنة بالتقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات فتتفاوت بنتيجة ذلك مصادر انبعاثات هذين الغازين على المدى الطويل فى الدراسات الحديثة. ويتوقع مشروع السيناريوهات الجديدة أن تبلغ انبعاثات الكبريت ذروتها وبمستويات أدنى من تلك المذكورة فى التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات وبدأ عدد صغير من السيناريوهات باستكشاف مسالك الانبعاثات التابعة للكربون الأسود والعضوى والهيدروفلوروكربون.



الرسم ١ مقارنة سيناريوهات انبعاث ثانى أكسيد الكربون الصناعى والمتعلق بالطاقة، بحسب التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات وما قبل صدوره.
ملاحظة: يظهر عمودان إلى الجهة اليمنى، ويمتدان من النسبة الأقل إلى الأكبر لتوزيع السيناريوهات، وتشير إلى المئين الخامس، والخامس والعشرين، والخمسين، والخامس والسبعين، والخامس والتسعين من توزيع العام ٢١٠٠.

والهيدروفلوروكربون.

وبشكل عام تظهر مقارنة ما بين التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات والسيناريوهات الحديثة أن نطاق القوى المحركة الاساسية والانبعاثات لم تتغير كثيرا.

قياس إجمالى الناتج المحلى

فى السيناريوهات الطويلة الأمد، يعرض النمو الاقتصادى عادة على أنه النمو فى إجمالى الناتج المحلى أو إجمالى الناتج القومى. ومن أجل الحصول على مقارنة ذات قيمة فى معرفة الحجم الحقيقى للنشاط الاقتصادى عبر الزمن وبين الدول يقدم إجمالى الناتج المحلى باسعار ثابتة مأخوذة عن سنة أساس.

أما اختيار عامل التحويل، مثل معدل الصرف السائد فى السوق أو معادل القوة الشرائية، فيعتمد على نوع التحاليل قيد الإجراء. ولكن عندما يتعلق الأمر بقياس الانبعاثات «أو قياسات فيزائية اخرى، مثل الطاقة»، فلا فرق بين التمثيل المستند إلى معادل القوة الشرائية أو ذلك المستند إلى معدل الصرف السائد فى السوق لقياس إجمالى الناتج المحلى. وذلك نظرا إلى أن قوة الانبعاثات ستتغير «بشكل تعويضى» مع تغير أرقام إجمالى الناتج المحلى.. أى عند استعمال مجموعة متماسكة من القياسات لا يجد أن يؤثر اختيار القياس المستخدم على مستوى الانبعاثات الاخير بشكل ملموس. ويتوافق عدد من الدراسات الجديدة فى الكتب المنشورة على الاشارة إلى أن الاختيار الحالى لمعدلات الصرف لا يؤثر بحد ذاته بشكل ملموس على اسقاطات الانبعاثات الطويلة الأمد. أما فى ما يتعلق بالتقرير الخاص بالانبعاثات فلا تتغير مسارات الانبعاثات إن تم قياس النشاط الاقتصادى فى السيناريوهات الأربعة بالاستناد إلى معدلات الصرف أو معادل القدرة الشرائية.

وتشير بعض الدراسات إلى وجود اختلافات فى مستويات الانبعاثات بين التقديرات المستندة إلى معدلات الصرف الزائدة فى السوق وتلك المستندة إلى معادل القدرة الشرائية. وتعتمد تلك النتائج بشكل كبير على توافق التقديرات من بين أمور أخرى

الجدول ١ تصنيف آخر سيناريوهات التثبيت «بعد صدور تقرير التقييم الثالث» بموجب اهداف التثبيت المختلفة وقياسات التثبيت البديلة.

فئة	التأثير الإشعاعي (واط في المتر المربع الواحد)	تركيز ثاني أكسيد الكربون [٤] (جزء في المليون)	تركيز ثاني أكسيد الكربون المكافئ [٤] (جزء في المليون)	توازن المتوسط العالمي لزيادة درجات الحرارة ما بعد الثورة الصناعية، باستخدام «أفضل تقدير» لحساسية المناخ [٣] [٤] (درجة مئوية)	السنة الذروة لثاني أكسيد الكربون (سنة) [٥]	تغير في الانبعاث العالمي لثاني أكسيد الكربون سنة ٢٠٥٠ (٪ إنبعاثات ٢٠٠٠) [٥]	عدد السيناريوهات المقيمة
I	٢,٥-٣,٠	٣٥٠-٤٠٠	٤٤٥-٤٩٠	٢,٠-٢,٤	٢٠٠٠-٢٠١٥	-٨٥ الى -٥٠	٦
II	٣,٠-٣,٥	٤٠٠-٤٤٠	٤٩٠-٥٣٥	٢,٤-٢,٨	٢٠٠٠-٢٠٢٠	-٦٠ الى -٣٠	١٨
III	٣,٥-٤,٠	٤٤٠-٤٨٥	٥٣٥-٥٩٠	٢,٨-٣,٢	٢٠١٠-٢٠٣٠	-٣٠ الى +٥	٢١
IV	٤,٠-٥,٠	٤٨٥-٥٧٠	٥٩٠-٧١٠	٣,٢-٤,٠	٢٠٢٠-٢٠٦٠	+١٠ الى +٦٠	١١٨
V	٥,٠-٦,٠	٥٧٠-٦٦٠	٧١٠-٨٥٥	٤,٠-٤,٩	٢٠٥٠-٢٠٨٠	+٢٥ الى +٨٥	٩
VI	٦,٠-٧,٥	٦٦٠-٧٩٠	٨٥٥-١١٣٠	٤,٩-٦,١	٢٠٦٠-٢٠٩٠	+٩٠ الى +١٤٠	٥
	المجموع						١٧٧

ملاحظات

أ) تجدر الاشارة إلى أن المتوسط العالمى لدرجات الحرارة عند التوازن يختلف عن المتوسط العالمى المتوقع لدرجات الحرارة للعام ٢١٠٠ اثر قصور المناخ الذاتى.

ب) تستخدم العلاقات البسيطة الحرارة عند التوازن = وقد تسبب اللاخطية فى التاثيرات التفاعلية «بما فى ذلك الغطاء الجليدى مثلا ودورة الكربون» ارتباط حساسية المناخ بعامل الوقت كما تؤدى إلى المزيد من عدم اليقين فى مستويات احترار أكبر ويشير أفضل تقدير لحساسية المناخ «٣ درجات مئوية» إلى القيمة الأكثر ترجيحا، ما يتوافق مع تقييم الفريق العامل الأول لحساسية المناخ

ج) توزن النطاقات المئين ١٥، ٨٥ لتوزيع السيناريوهات، وتظهر إنبعاثات ثانى أكسيد الكربون بما يسمح بمقارنة السيناريوهات المتعددة الغازات مع سيناريوهات ثانى أكسيد الكربون وحده.

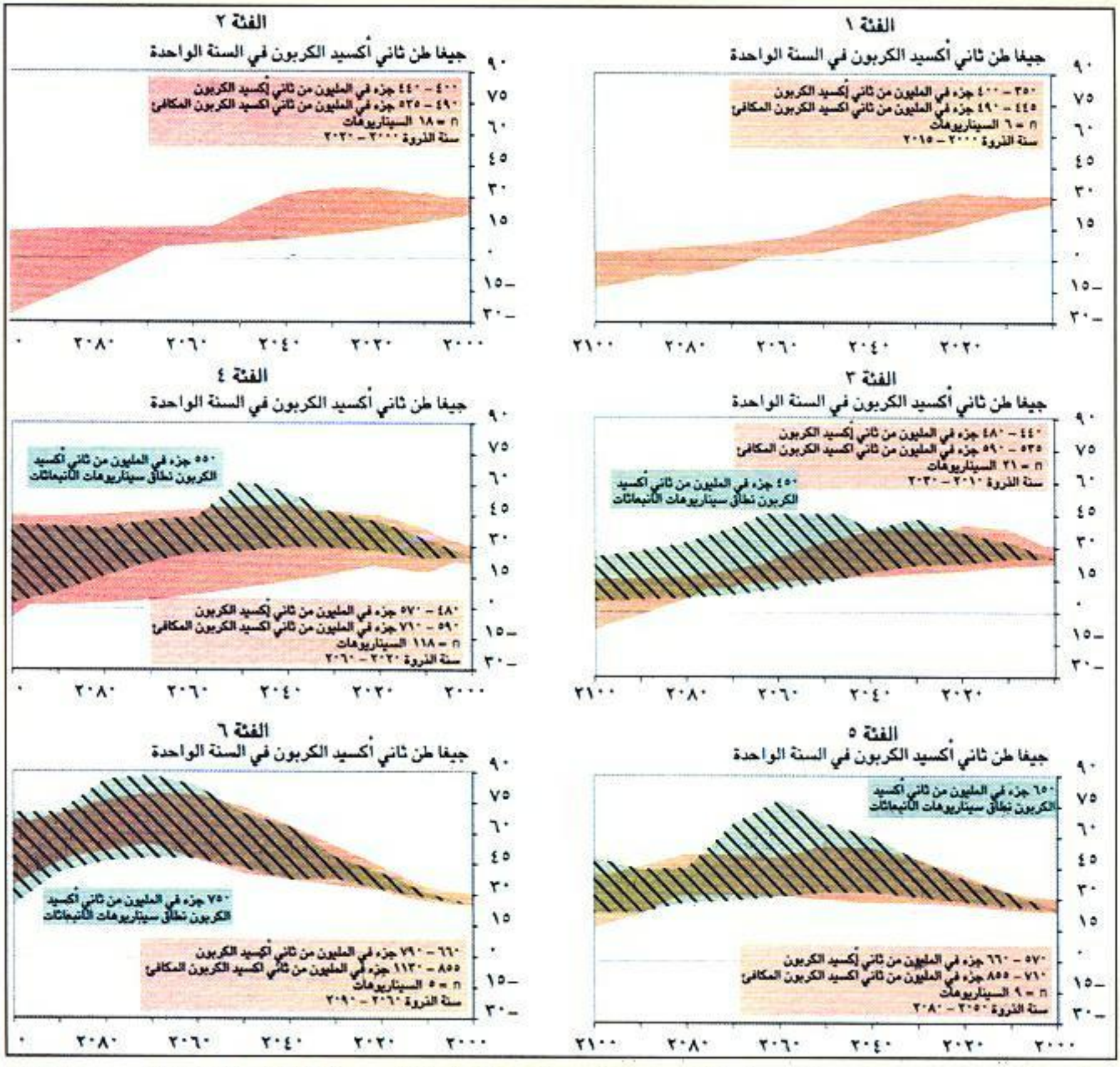
وتجدر الاشارة إلى ضرورة الانتباه عند التصنيف. وتضم كل فئة نطاقا من دراسات الحد الأعلى إلى الحد الأدنى وتم تصنيف الدراسات على أساس الأهداف المعروضة «أى يضم نمذجة أوجه عدم اليقين» أما العلاقة التى تم الاستناد عليها للربط بين قياسات التثبيت المختلفة فهى عرضة بدورها لعدم اليقين.

وفى بعض السيناريوهات القصيرة الأمد «مع أفق يمتد حتى العام ٢٠٣٠» يتم اعتماد نهج من الأسفل إلى الأعلى عندما تكون الافتراضات المتعلقة بنمو الإنتاجية والقرارات المتعلقة بالاستثمار، الادخار، الدافع الاساسى للنمو فى النماذج أما فى السيناريوهات الطويلة الأمد فيتم عادة استخدام نهج من الأعلى إلى الأسفل، عندما تقدم معدلات النمو بشكل أكثر مباشرة على أساس التوافق أو على أساس افتراضات أخرى لامكانيات النمو وقد يعود اختلاف النتائج إلى أوجه عدم توافق فى تعديل قياسات تحسن كفاءة الطاقة عند الانتقال من حسابات مبنية على معدل الصرف السائد فى السوق إلى تلك المبنية على معادل القوة الشرائية.

وتشير الأدلة المأخوذة من الدراسات الجديدة المبنية على معادل القوة الشرائية إلى أن اختيار مقياس إجمالى الناتج المحلى «معادل القوة الشرائية أو معدل الصرف السائد فى السوق» بالكاد يؤثر على الانبعاثات المسقطة، عند استعمال القياسات بشكل ملائم أما الاختلافات وإن وجدت فهى صغيرة مقارنة بعدم اليقين الناتج من الافتراضات المبنية على بارامترات أخرى، مثلا التغير التكنولوجى. وعلى الرغم من ذلك، يشير النقاش السائد، بوضوح إلى الحاجة بان يكون واضعو النماذج اكثر شفافية فى شرحهم عوامل التحويل، وأن ينتبهوا عند عرض الافتراضات حول العوامل الخارجية.

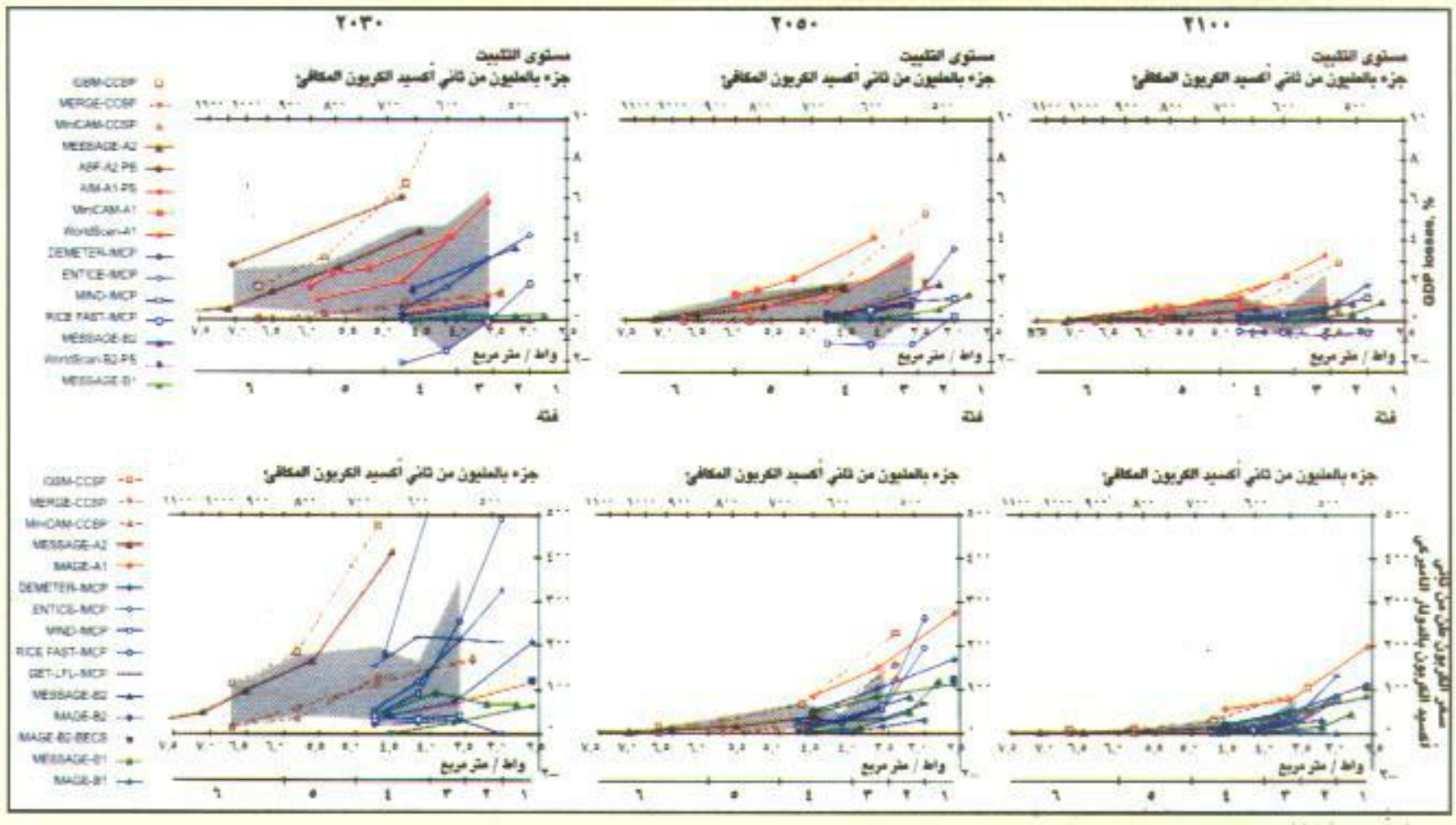
سيناريوهات التثبيت

تعتبر الكتب عادة أن الهدف يكمن فى تثبيت تركيزات ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. وعند دراسة أكثر من غاز دفيئة واحد، من الأفضل تحديد هدف على مستوى تركيزات غازات الدفيئة، يعبر عنه من حيث تركيز ثانى أكسيد الكربون المكافىء أو التأثير الاشعاعى، أى وزن تركيزات الغازات المختلفةمن خلال خصائصها الاشعاعية، ومن بين الخيارات الاخرى، هناك تثبيت المتوسط العالمى لدرجات الحرارة أو استهدافه. أما فائدة الأهداف



الرسم ٢ توجهات انبعاثات سيناريوهات التخفيف لفئات بديلة عن أهداف التثبيت «الفئة ١ إلى الفئة ٦ كما يحددها الاطار الموجود فى كل شكل» أما المناطق المظللة باللون البنى الفاتح فهى تشير إلى انبعاثات ثانى أكسيد الكربون فى أحدث سيناريوهات التخفيف التى طورت بعد تقرير التقييم الثالث بالنسبة إلى المناطق المظللة باللون الأخضر فهى تشير إلى نطاق أكثر من ٨٠ سيناريو تثبيت بموجب تقرير التقييم الثالث «موريتا اتزال ٢٠٠١» تنظر سيناريوهات الفئتين ١ و٢ إلى أهداف تثبيت تنخفض عن أدنى المستويات المذكورة فى تقرير التقييم الثالث يمكن أن تختلف الانبعاثات بين النماذج بسبب فروقات فى القطاعات وغطاء صناعى للوصول إلى أدنى مستويات التثبيت تنشر بعض السيناريوهات ازالة انبعاثات ثانى أكسيد الكربون من الجو «الانبعاثات السلبية» عبر استخدام تكنولوجيات مثل إنتاج الطاقة من الكتلة الأحيائية عبر وسائل التقاط الكربون.

المستندةإلى التأثير الاشعاعى فتكمن فى أنها لا تعتمد على حساسية المناخ وتكمن سلبيتها فى امكانية وجود تأثيرات عديدة على درجات الحرارة فى كل مستوى من مستويات التأثير الاشعاعى ولا تملك الأهداف المستندة إلى درجات الحرارة، من جهة أخرى ايجابيات مهمة إثر ارتباطها مباشرة بتأثيرات تغير المناخ ويعتمد نهج آخر على احتساب المخاطر أو احتمال تخطى بعض القيم فى ارتفاع متوسط درجات الحرارة السنوى العالمى منذ فترة ما قبل الثورة الصناعية، من أجل أهداف تثبيت أو تأثير اشعاعى



الرسم ٣ العلاقة بين كلفة التخفيف وأهداف التثبيت الطويل الأمد «التاثير الاشعاعى مقارنة مع مستوى ما قبل المرحلة الصناعية واط/ متر مربع وتركيز ثانى اكسيد الكربون المكافىء».

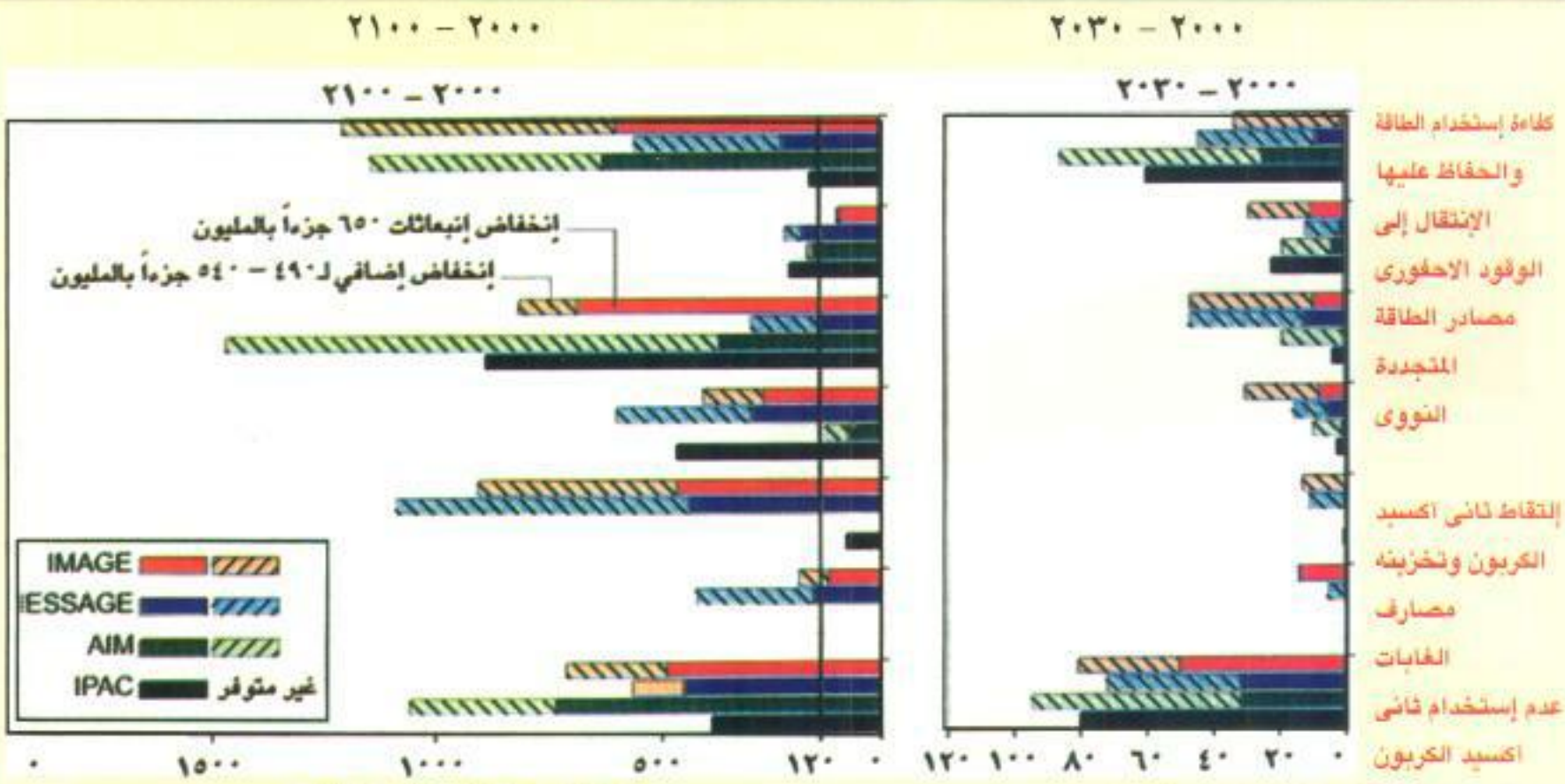
ملاحظات: تحدد الأشكال التكاليف التى تقاس كنسبة خسارة فى إجمالى الناتج المحلى «فى الأعلى» وسعر الكربون «فى الأسفل» أما الأشكال إلى اليسار فهى للعام ٢٠٣٠ وفى الوسط للعام ٢٠٥٠ وإلى اليمين للعام ٢١٠٠ بالنسبة إلى الأسطر الملونة فهى تشير إلى دراسات محددة مع ديناميات تمثيلية للكلفة، من تقدير كلفة مرتفعة كثيرا إلى منخفضة للغاية. وتظهر ايضا السيناريوهات نماذج ذات افتراضات مماثلة تشكل خط الاساس تمثل المناطق المظللة باللون الرمادى والمئين الثمانين فى تقرير التقييم الثالث وما بعد السيناريوهات التى وضعها تمثل الخطوط الصلبة سيناريوهات تمثيلية تدرس جميع الغازات الناشطة اشعاعية وتمثل الخطوط المتقطعة سيناريوهات الغاز المتعدد حيث يحدد الهدف بالغازات الستة المنصوص عليها فى بروتوكول كيوتو «سيناريوهات الغاز المتعدد الأخرى تتناول جميع الغازات الناشطة اشعاعيا».

خاصة.

تظهر فى الدراسات المنشورة، علاقة وثيقة وقوية بين تركيزات ثانى أكسيد الكربون المكافىء «أو التاثير الاشعاعى» وتركيزات ثانى اكسيد الكربون وحده بحلول العام ٢١٠٠، لأن ثانى أكسيد الكربون هو المساهم الأكبر في التاثير الاشعاعى. وانطلاقا من تلك العلاقة، وتسهيلا للمقارنة ما بين السيناريوهات ولتقييمها تم جمع سيناريوهات التثبيت «متعددة الغازات والمتعلقة بثانى أكسيد الكربون وحده» ضمن فئات متعددة تختلف فى صرامة الأهداف «الجدول ١».

مبدئيا، يحتاج أى هدف محدد يتعلق بالتركيزات أو التاثير الاشعاعى أن ينزل إلى المستويات الدنيا نظرا إلى أن عمليات الاستعادة التابعة لنظم الأرض والمحيطات تقارب التشبع. وصحيح أن أهداف تثبيت أعلى تعود بنا إلى الوراء من حيث التوقيت فتتخطى النتيجة النهائية العام ٢١٠٠ لكن من أجل تحقيق هدف تثبيت معين، يجب الحد فى النهاية من الانبعاثات إلى ما دون المستويات الحالية بكثير لكن من أجل تحقيق فئتى التثبيت الأولى والثانية، من الضرورى الحصول على انبعاثات سلبية بنهاية القرن فى العديد من السيناريوهات المدروسة «الرسم ٢».

ويرتبط توقيت الحد من الانبعاثات بمدى صرامة هدف التثبيت فالهدف الصارم يحتاج إلى ذروة أبكر لانبعاثات ثانى أكسيد الكربون «أنظر الرسم ٢» وفى معظم السيناريوهات، من المطلوب بموجب فئة التثبيت الأولى الأكثر صرامة الحد من الانبعاثات قبل العام ٢٠١٥، ومن ثم خفض المزيد منها إلى ما دون نسبة ٥٠٪ من انبعاثات اليوم، بحلول العام ٢٠٥٠ أما بالنسبة إلى الفئة الثالثة فتبلغ الانبعاثات العالمية ذروتها فى السيناريوهات بين العامين ٢٠١٠ و٢٠٣٠، وتعود إلى مستويات العام ٢٠٠٠ كمعدل، وذلك بحلول العام ٢٠٤٠. أما



الرسم ٤ خفض تراكمى للانبعاثات ضمن إجراءات التخفيف البديلة للفترة الممتدة ما بين العامين ٢٠٠٠ و٢٠٣٠ «الرسم إلى اليسار» وللفترة الممتدة ما بين العامين ٢٠٠٠ و٢١٠٠ «الرسم إلى اليمين» ويعرض الرسم الكامل السيناريوهات المأخوذة عن اربعة نماذج AIM, IMAGE, IPAC MESSAGE بهدف تحقيق التثبيت على المستوى المتدنى «٤٩٠ ـ ٥٤٠ جزءا فى المليون من ثانى أكسيد الكربون المكافىء» والمستوى المتوسط «٦٥٠ جزءا فى المليون من ثانى أكسيد الكربون المكافىء» وتشير الخطوط العريضة باللون الداكن إلى مستوى الحد من الانبعاثات تحقيقا لهدف الـ٦٥٠ جزءا فى المليون من ثانى أكسد الكربون المكافىء بينما تشير الخطوط العريضة باللون الفاتح إلى الخفض الاضافى المطلوب لتحقيق هدف الـ٤٩٠ ـ ٥٤٠ جزءا فى المليون من ثانى أكسيد الكربون المكافىء وتجدر الاشارة إلى أن بعض النماذج لا تاخذ بالتخفيف من خلال تعزيز مصارف الغابات AIM و IPAC او التقاط الكربون وتخزينه ((AIM وإلى ان حصة خيارات الطاقة المتدنية الكربون من مجمل امدادات الطاقة ترتبط أيضا بادخال تلك الخيارات فى خط الاساس. وتعتمد عملية CCS على التقاط كربون الكتلة الاحيائية وتخزينه وتضم مصارف الغابات الحد من الانبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات.

بالنسبة إلى الفئة الرابعة فمتوسط الانبعاثات يبلغ ذروته فى العام ٢٠٤٠ تقريبا «الرسم ٣».

وترتبط كلفة التثبيت بهدف التثبيت ومستواه، وبخط الأساس، وبمحفظة التكنولوجيات المأخوذة بعين الاعتبار، فضلا عن معدل التغير التكنولوجى. وترتفع تكاليف التخفيف العالمية مع مستويات أدنى من التثبيت، وانبعاثات أعلى لخط أساس. وفى العام ٢٠٥٠ تتراوح تكاليف التثبيت عند ٦٥٠ جزءا فى المليون من ثانى أكسيد الكربون المكافىء «الفئة الرابعة» بين خسارة نسبتها ٢٪ وزيادة نسبتها ١٪ من إجمالى الناتج المحلى للعام ٢٠٥٠ أما لتثبيت ٦٥٠ جزءا فى المليون من ثانى أكسيد الكربون المكافىء «الفئة الثالثة» فتتراوح الكلفة بين زيادة طفيفة وانخفاض نسبتها حوالى ٤٪ من إجمالى الناتج المحلى أما عند مستويات تثبيت تتراوح ما بين ٤٤٥ و٥٣٥ جزءا فى المليون من ثانى أكسيد الكربون المكافىء فتقل التكاليف عن نسبة ٥,٥٪ من إجمالى الناتج المحلى، لكن عدد الدراسات محدود وغالبا ما تستخدم خطوط أساس متدنية.

غالبا ما تخفف مقاربة الغاز المتعدد وتضمين مصارف الكربون، بشكل كبير، تكاليف انخفاض انبعاثات الكربون فقط يغيب اليقين فيما يخص المعدل العالمى لتكاليف التثبيت، بسبب الافتراضات حول خيارات الخطوط الأساس والتخفيف فى نماذج تختلف للغاية وتتمتع بأثر كبير. بالنسبة إلى بعض البلدان والقطاعات وعلى فترات زمنية قصيرة، يمكن أن تختلف التكاليف بشكل ملحوظ عن المعدل العالمى والطويل الأمد.

أظهرت دراسات التثبيت الحديثة

ان خيارات تخفيف استخدام الاراضى «ثانى أكسيد الكربون أو غيره» تؤدى إلى انخفاض مرن وفاعل بالقياس إلى كلفة تحقيق أهداف التثبيت للعام ٢١٠٠ فى بعض السيناريوهات تعد الطاقة «الوقود الصلب والسائل» المتزايدة التجارية المتاتية عن الكتلة الأحيائية هامة للتثبيت، إذ تؤمن نسبة ٥٪ ـ ٣٠٪ من الانخفاض التراكمى، وحوالى نسبة ١٠٪ ـ ٢٥٪ من الطاقة الأولية خلال القرن، خاصة كاستراتيجية انبعاثات سلبية صافية تجمع ما بين طاقة الكتلة الأحيائية والتقاط الكربون وتخزينه.

ولا غنى عن خيار خط الأساس من أجل تحديد نوع التثبيت وكلفته يعود هذا التاثير بشكل أساسى إلى الافتراضات المختلفة الخاصة بالتغيير التكنولوجى فى سيناريوهات الخط الأساسى.

دور التكنولوجيات

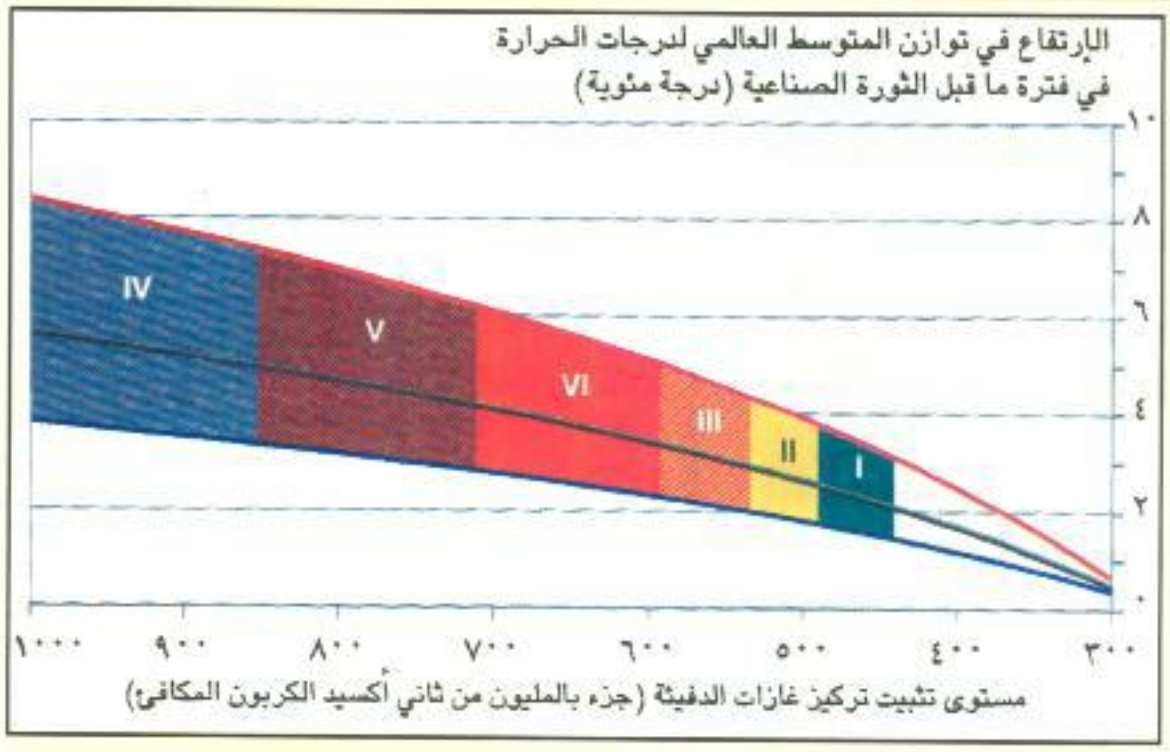
تعتبر جميع السيناريوهات أن التغيرات التكنولوجية والهيكلية تحدث خلال هذا القرن، ما يؤدى إلى تخفيف نسبى للانبعاثات مقارنة مع الحالة النظرية للمحافظة على بقاء قوة هيكليات إجمالى الناتج المحلى والاقتصاد على حالها اليوم.

غالبا ما تفترض سيناريوهات الخط الاساس تغيرا تكنولوجيا كبيرا ونشر تكنولوجيات حديثة ومتطورة فى سيناريوهات التخفيف، يوجد المزيد من التغير التكنولوجى الذى يسببه مختلف السياسات والتدابير تشدد سيناريوهات تثبيت الأمد الطويل على أهمية التقدم التكنولوجى والتكنولوجيات المتطورة والتعلم عبر الفعل وتغيير التكنولوجيا المحلية الداخلية من أجل تحقيق أهداف التثبيت وتخفيف الكلفة على حد سواء وفى حين أن التقدم التكنولوجى واستخدام التكنولوجيات المتطورة قد أدخلا فى سيناريوهات من الخارج فى أغلبية الأداب، تركز الآداب الجديدة على مبدأ التعلم عبر الفعل وتغيير التكنولوجيات الداخلية. تظهر تلك السيناريوهات منافع أكبر للعمل المبكر، وتفترض النماذج أن نشر التكنولوجيات المبكر يؤدى إلى المنفعة العلمية وخفض التكاليف.

تعكس فئات السيناريوهات المختلفة المساهمات المتعددة لتدابير التخفيف لكن بحسب جميع سيناريوهات التثبيت تتاتى نسبة ٦٠٪ ـ ٨٠٪ من الخفض الإجمالى عن قطاعى الطاقة والصناعة تساهم الغازات غير الكربون واستخدام الأراضى بنسبة ٣٠٪ ـ ٤٠٪ المتبقية «انظر الأمثلة التوضيحية فى الرسم ٤ تظهر دراسات جديدة لمستويات تثبيت قاسية أن هناك حاجة إلى مجموعة أوسع من التكنولوجيات تتضمن التقاط الكربون وتخزينه نوويا وطاقة أحيائية مع التقاط الكربون وتخزينه جيولوجيا.

التخفيف والتكيف على ضوء تأثيرات تغير المناخ وصنع القرار بوجود أوجه عدم اليقين

سيؤثر القلق المرتبط باهم أوجه التعرض لتغير المناخ ومفاهيم التغير الخطير للمناخ على القرارات المتعلقة باهداف المناخ الطويلة الأمد، وبالتالى على مسالك التخفيف. وتتجاوز أوجه العرضة الأساسية النظم الطبيعية والبشرية وتتواجد على مستويات مختلفة من تغير درجات الحرارة ويحقق مزيد من سيناريوهات التثبيت الصارمة مزيدا من أهداف مناخية صارمة مخفضا خطر توليد أوجه العرضة الاساسية لتغير المناخ وباستخدامها «التقدير الأفضل» لحساسية المناخ



الرسم ٥ فئات سيناريوهات التثبيت وعلاقتها بالمتوسط العالمى لتغير درجات الحرارة فوق مستوى ما قبل الثورة الصناعية.

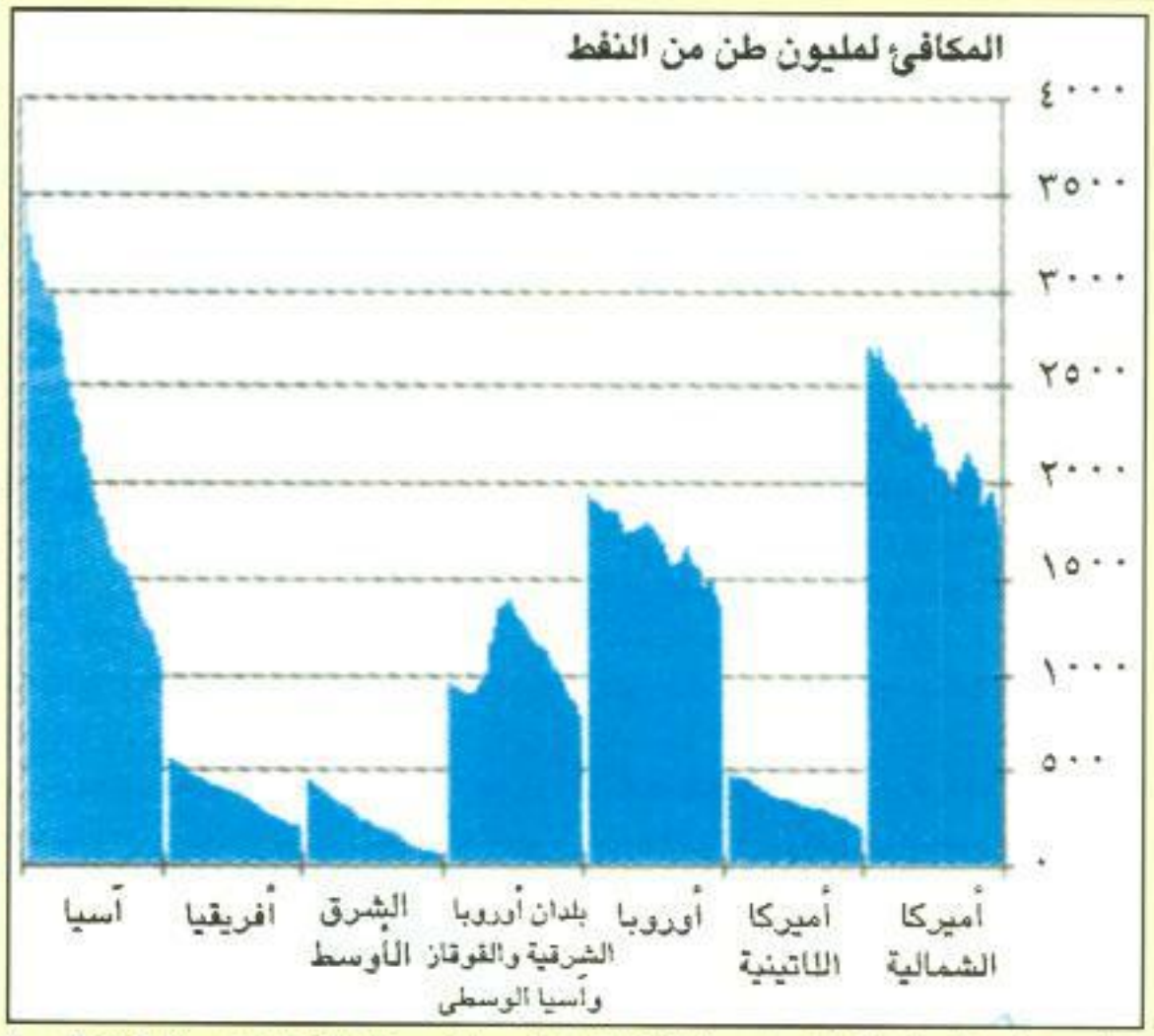
ملاحظات: الخط الأسود فى الوسط ـ التقدير الأفضل «لحساسية المناخ لثلاث درجات مئوية: والخط الأحمر الأعلى ـ الحد الأعلى لنطاق حساسية المناخ المرجح عند ٤,٥ درجات مئوية: والخط الأزرق الأدنى ـ الحد الأدنى لنطاق حساسية المناخ المرجح عند درجتين مئويتين وتشير الظلال الملونة إلى تركيزات تثبيت غازات الدفيئة فى الغلاف الجوى بموجب سيناريو التثبيت الأول وسيناريو التثبيت السادس كما جاء فى جدول رقم ١

يمكن لمعظم السيناريوهات الصارمة «التثبيت عند ٤٤٥ ـ ٤٩٠ جزءا فى المليون من ثانى أكسيد الكربون المكافىء» أن تحد زيادات المتوسط العالمى لدرجات الحرارة عند ٢ ـ ٢,٤ درجة مئوية فوق المستوى القائم قبل الثورة الصناعية، ما يؤدى إلى ارتفاع الانبعاثات خلال ١٥ سنة لتصبح أعلى بما نسبته تقريبا ٥٠٪ من المستويات الحالية بحلول العام ٢٠٥٠ وبوسع السيناريوهات المثبتة عند ٥٣٥ ـ ٥٩٠ جزءا فى المليون من ثانى أكسيد الكربون المكافىء أن تحد من الزيادة إلى ٢,٨ ـ ٣,٢ درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية بينما تحد مستويات التثبيت عند ٥٩٠ ـ ٧١٠ جزءاً فى المليون من ثانى أكسيد الكربون المكافىء على ٣,٢ ـ ٤ درجات مئوية ما يؤدى إلى بلوغ الانبعاثات ذروتها خلال السنوات ٢٢ و٥٥ على التوالى. «انظر الرسم ٥»

يزيد خطر حساسيات المناخ الأكثر ارتفاعا، امكانية تخطى اية عتبة لاوجه عرضة محددة ويمكن لسيناريوهات الانبعاثات أن تؤدى إلى ارتفاع مفرط.

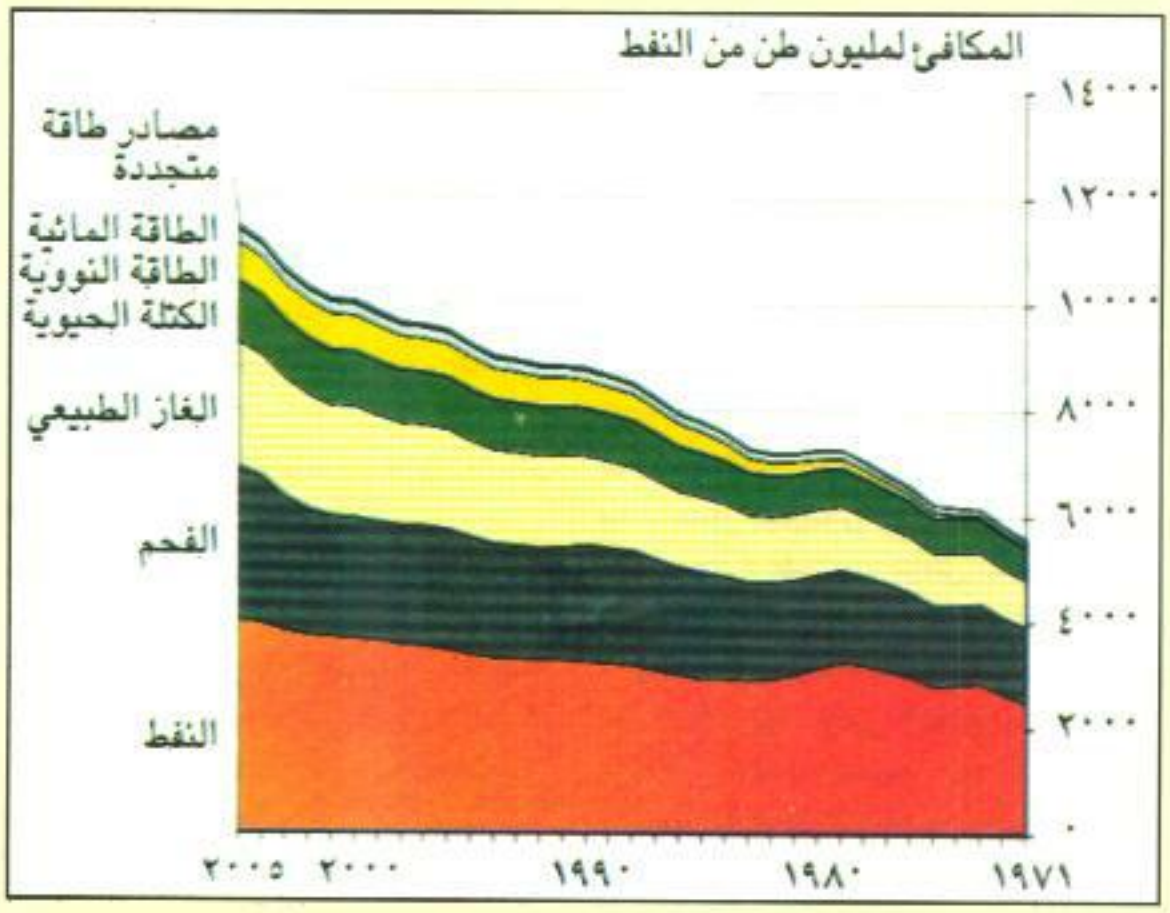
فى حدود التركيزات القصوى، ما يؤدى بدوره إلى معدلات أعلى لتغير المناخ مع مرور القرن. ويزيد من تخطى عتبات اوجه العرضة الاساسية وتشير الدراسات التى نظرت فى تأثير دورة الكربون والتأثيرات التفاعلية للمناخ إلى امكانية التقليل من قيمة مستويات التركيزات المقدرة المذكورة أعلاه والاحترار ذات الصلة لسيناريو انبعاثات محدد وتظهر الحاجة إلى تدابير تخفيف أكبر وأكثر صرامة فى ظل وجود حساسية أعلى للمناخ من أجل تحقيق مستوى التركيز ذاته.

يشكل صنع القرار المتعلق بمستوى التخفيف المطلوب عملية متكررة لإدارة المخاطر، تنظر فى



الرسم ٦ : الإستهلاك السنوى للطاقة الأولية، بما فى ذلك الكتلة الاحيائية التقليدية ١٩٧١ إلى ٢٠٠٣ .

ملاحظة: يشار إلى بلدان أوروبا الشرقية والقوقاز وآسيا الوسطى بالإنكليزية.



الرسم ٧ : الإستخدام العالمى للطاقة الأولية من حيث نوع الوقود.

الاستثمار فى مجال التخفيف والتكيف، وفى المنافع المشتركة الناتجة عن هذا القرار أو ذاك ازاء تغير المناخ وفى الضرر الناتج عن تغير المناخ وتشابك تلك العملية مع القرارات المتعلقة بمسالك الاستدامة والتكافؤ والتنمية وتحاول عملية تحليل المنافع المشتركة، وهى احدى الأدوات المتوفرة أن تحدد كمية الضرر الناتج عن تغير المناخ من حيث القيمة النقدية «ككلفة الكربون الاجتماعية، أو كشرر مخصوم من حيث الوقت» ونتيجة غياب اليقين الواسع والمشاكل المتعلقة بتحديد كمية الضرر غير السوقى مازال من الصعب تقدير كلفة الكربون الاجتماعية بكل ثقة وتاكيد وتعتمد النتائج على عدد كبير من الافتراضات المعيارية والتجريبية المبكرة والمحدودة للتحاليل التكاملية لتكاليف التخفيف ومنافعه، إلى امكانية المقارنة من حيث الحجم من دون امكانية التأكيد على مسلك الانبعاثات أو مستوى تثبيت تتخطى فيه المنافع التكاليف، تأكيدا لا التباس فيه أما التقييم المتكامل للتكاليف الاقتصادية لمختلف مسالك التخفيف ومنافعها فيشير إلى ارتباط التوقيت الأقصى اقتصاديا ومستوى التخفيف بالمنحنى غير الواضح المعالم والخصائص لتحديد تكاليف الضرر الناتج عن تغير المناخ.

ويظهر هذا الارتباط على الشكل التالى:

* إذا نما منحنى كلفة الضرر الناتج عن تغير المناخ نموا بطيئا ومنتظما، وفى ظل وجود موجه أمامى جيد «يزيد من امكانية الاحسان فى اختيار توقيت التكيف» فمن الأفضل اقتصاديا اعتماد تخفيف أكثر تاخرا وأقل صرامة.

* إذا بقى المنحنى ينمو بشكل سريع أو يحتوى على نقاط لاخطية «مثل اعتبارات العرضة أو حتى امكانيات وقوع أحداث كارثية، فمن الأفضل اقتصاديا اعتماد تخفيف أكثر ابكارا وأكثر صرامة.

العلاقات بين الأمد الطويل والأمد القصير

يمكن اتخاذ قرارات قريبة لأى هدف تثبيت انبعاثات غازات الدفيئة تتعلق بفرص التخفيف، وذلك بعد المساعدة على الابقاء على مسار ملائم الانبعاثات ضمن نطاق أهداف تثبيت طويلة الأمد وبوسع النمذجة على مستوى الاقتصاد، لأهداف التثبيت الطويلة الأمد أن تساعد على تامين المعلومات المطلوبة لاتخاذ القرارات القريبة لجهة التخفيف. ويشير تراكم النتائج للنماذج الطويلة والقصيرة الأمد باستخدام السيناريوهات لأهداف تثبيت ضمن النطاق ٣ . ٥ واط/ م ٢ «الفئتان الثانية والثالثة» إلى أنه فى العام ٢٠٣٠، يمكن توقع تخفيف للانبعاثات يتراوح بين ٩ . ١٨ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء/ سنة، على مستوى جميع أنواع غازات الدفيئة بأسعار كربون تقل عن ٢٠ دولارا أمريكيا/ طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء ويمكن توقع تخفيف يتراوح بين ١٤ . ٢٣ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء/ سنة بأسعار كربون تقل عن ٥٠ دولارا أمريكيا/ طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء ويتراوح التخفيف بين ١٧. ٢٦ جيجا طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء/ سنة بأسعار كربون تقل عن ١٠٠ دولار أمريكى/ طن من ثانى أكسيد الكربون المكافىء.

ويجب تذكر ثلاثةأمور مهمة لابد من الأخذ بها، وهى تتعلق بالتكاليف الحدية المعلن عنها أولا، تعتبر سيناريوهات التخفيف أن هناك مرونة كاملة لجهة «ماذا» و«أين» أى أن هناك استبدال كامل بين غازات الدفيئة، ويحصل الحد من الانبعاثات فى أى مكان من العالم ما أن تبدأ النماذج بإجراء تحاليلها.

ثانيا: تزداد التكاليف الحدية من أجل تحقيق مستويات التخفيف تلك فى نطاق زمنى يلى العام ٢٠٣٠ ثالثا، على مستوى القطاع الاقتصاد، تختلف قدرة الحد من انبعاثات غازات الدفيئة كافة، بشكل كبير مع اختلاف سيناريوهات النماذج.

يمكن لإدارة المخاطر أو نهج «التحوط» أن يساعد صانعى السياسات فى اتخاذ القرارات المتعلقة بالتخفيف، فى ظل غياب هدف طويل الأمد، وبوجود نطاق واسع من عدم اليقين فى كلفة التخفيف، وفاعلية التكيف، وتاثيرات تغير المناخ السلبية أما نطاق استراتيجية «التحوط» المرغوب فيها وتوقيتها فيعتمدان على المصالح والغرائب ومواقع المجتمعات ازاء المخاطر، كالأخذ مثلا بمخاطر التغير المفاجىء فى النظم الجغرافية الفيزيائية ونقاط الضعف الاساسية الأخرى وهناك مجموعة من أنهج التقييم المتكاملة المختلفة من أجل تقييم منافع التخفيف فى إطار سياسات القرارات المتعلقة بأهداف شبيهة طويلة الأمد. وستظهر فرصة تعلم واسعة وامكانية كبيرة لإجراء التعديلات فى منتصف الطريق كلما توفرت معلومات جديدة إلا أنه على المدى القصير ستؤثر الأنشطة بشكل كبير على المتوسط العالمى لدرجات الحرارة على المدى الطويل، وبالتالى تحدد ما هى تثيرات تغير المناخ التى يمكن تجنبها أما الخفض المتأخر للانبعاثات فيؤدى إلى احتجاز الاستثمارات فى بنى تحتية ومسارات تنموية أكثر اطلاقا للانبعاثات، ما يعيق بشكل كبير الفرص التى تسمح بتحقيق مستويات تثبيت أدنى ويزيد من خطر تاثيرات تغير المناخ أكثر حدة لذلك لا يجب الفصل بين التحاليل المتعلقة بالقرارات القصيرة الأمد وتلك المتعلقة بنتائج تغير المناخ على المدى الطويل.