

# سياسة المناخ من جانب العرض لمنتجبي النفط الخام: استكشاف مسارات لسياسات إزالة الكربون من الوقود الأحفوري

باول زكور، وولفجانج هيديج

## عن كابسارك

مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) هو مركز عالمي غير ربحي يجري بحثاً مستقلة في اقتصاديات وسياسات وتقنيات الطاقة بشتى أنواعها بالإضافة إلى الدراسات البيئية المرتبطة بها. وتتمثل مهمة كابسارك في تعزيز فهم تحديات الطاقة والفرص التي تواجه العالم اليوم وفي المستقبل من خلال بحث غير منحازة ومستقلة وعالية الجودة لما فيه صالح المجتمع، ويقع كابسارك في الرياض بالمملكة العربية السعودية.

## إشعار قانوني

© حقوق النشر 2020 محفوظة لمركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك). لا يجوز استخدام هذا المستند أو أي معلومات أو بيانات أو محتوى يتضمنه دون نسبه بشكل ملائم لكابسارك. كما لا يجوز إعادة إنتاج هذا المستند أو جزء منه دون إذن خطي من كابسارك. ولا ينشأ عن المعلومات الواردة في هذا المستند أي ضمان أو تعهد أو أي مسؤولية قانونية –سواء مباشرة أو غير مباشرة- تجاه دقتها أو اكتمالها أو فائدتها. كما لا يجوز أن يعتبر هذا المستند –أو أي جزء منه- أو أن يفسر كنصيحة أو دعوة لاتخاذ أي قرار. الآراء والأفكار الواردة هنا تخص الباحثين معدي الدراسة، ولا تعكس بالضرورة موقف المركز ووجهة نظره.

يقدم هذا البحث صورة شاملة عن سياسات المناخ من جانب العرض، ويبحث في الخيارات المتاحة لمنتجي الوقود الأحفوري لإنشاء مقاربات استباقية وتقديمية للتخفيف من آثار تغير المناخ، وتقييم العوامل والتحديات التي يمكنها أن تؤثر على نجاحهم. وتتم مراعاة العناصر التالية المتعلقة بهذا الخصوص:

تعتبر التدابير من جانب العرض الأقل اتباعًا من قبل واضعي السياسات المناخية في جميع أرجاء العالم، ولقد ركزت سياسات المناخ على مر الزمان على تدابير جانب الطلب التي تستهدف مستخدمي الوقود الأحفوري والغازات الدفيئة التي تنبعث منه.

ركزت الجهود المبذولة لحشد السياسات من جانب العرض حتى الآن على التدابير التي تحد من تطوير الوقود الأحفوري والاستثمار فيه، إلى جانب محاولات محدودة لإشراك موردي الوقود الأحفوري في خطط العمل الرامية إلى معالجة انبعاثات الغازات الدفيئة التي تنشأ عن استخدام منتجاتهم.

على ضوء المخاطر التي تتعرض لها الموارد المتاحة لمنتجي الوقود الأحفوري من خلال خطط العمل المناخي الشاملة والمستدامة، يستكشف هذا البحث الطرق الجديدة المحتملة لتحفيز موردي الوقود الأحفوري على إزالة الكربون من منتجاتهم، وبالتالي المحافظة على الاستخدام المستمر لنسبة أساسية من الوقود الأحفوري.

تركز التدابير التي تمت مراجعتها في هذا البحث على تحديد قيمة لعزل الكربون في الخزانات الجيولوجية، إذ يمكن أن يحقق التوازن بين معدلات ترسيب الكربون واستخراجه من وإلى الغلاف الأرضي هدف اتفاقية باريس المتعلقة ببلوغ صافي الانبعاثات الصفيرية لثاني أكسيد الكربون بنفس طريقة خفض الانبعاثات. فضلًا عن ذلك، يمكن لهذه التدابير أن تكمل الجهود المبذولة للحد من الانبعاثات من خلال تسعير الكربون.

يمكن لاستخدام مجموعة كبيرة من أدوات السياسة- التي تغطي تدابير جانب العرض والطلب- أن يحشد الموارد المالية والتقنية لمنتجي الوقود الأحفوري اللازمة لاتخاذ الإجراءات الهادفة وبالتالي زيادة الطموح المناخي وتعزيزه.

# الملخص التنفيذي

فضلاً عن ذلك، يقدم هذا البحث نظرة عامة وسريعة على سياسات جانب العرض وسمات تصميم السياسات التقدمية من جانبه والفرص والتحديات التي ينطوي عليها الاستمرار في تطويرها. وينصب التركيز على إمكانيات العمل الاستباقي والطموح للدول التي تمتلك موارد النفط الخام لا سيما دول منطقة الخليج.

يدرس هذا البحث إمكانية زيادة سياسة العمل المناخي من جانب العرض، مع التركيز على منتجي النفط الخام والدول المصدرة. إذ لم تستخدم حتى الآن سياسات جانب العرض على نطاق واسع في الجهود المبذولة لمعالجة تغير المناخ. ويميل الحوار الناشئ حول هذا الموضوع إلى التركيز فقط على التدابير التي يمكنها أن تحد من إنتاج الوقود الأحفوري وإنهائه في نهاية المطاف. وتشكل هذه الاستراتيجيات -إلى جانب الخطط الشاملة والمستدامة لسياسة المناخ من جانب الطلب- تهديداً لقيمة موارد الوقود الأحفوري التي تمتلكها الدول والشركات على حد سواء.

يتناول هذا البحث موضوع الدارسة من زاوية مختلفة؛ إذ نضع سياسات مناخية من جانب العرض بوصفها فرصة لإنشاء مسارات رامية إلى إزالة الكربون من الوقود الأحفوري، بناءً على عزل المنتجين للكربون بمعدلات تتماشى بنحو متزايد مع تلك التي يستخرجونها من الغلاف الأرضي. ونشير إليها بالسياسات الاستباقية والتقدمية من جانب العرض لأنها تتجاوز السرد التقليدي والمستقطب والثنائي من جانب العرض، فيجب إما التخلص التدريجي من الوقود الأحفوري أو المخاطرة بحدوث انفلات في تغير المناخ، وإننا نرى أن بإمكان سياسة المناخ التي تستهدف جانب العرض أن تسمح بدلاً من ذلك بالاستخدام المستمر لنسبة أساسية من الوقود الأحفوري منزوع الكربون، ومساعدة منتجي الوقود الأحفوري في الحفاظ على قيمة ما يمتلكونه من موارد طبيعية، والتشجيع على استخدام التقنيات القريبة من السوق والحساسة تجاه المناخ مثل احتجاز الكربون وتخزينه وتعزيز العمل المناخي المتماشي مع هدف صافي الانبعاثات الصفري لاتفاقية باريس.

ومن ناحية أخرى، تستهدف سياسات المناخ من جانب العرض خطط إنتاج وتوفير الوقود الأحفوري. إذ يمكن لمثل هذه التدابير أن تكمل سياسات المناخ من جانب الطلب وأن تزيد بالتالي من الكفاءة وتقلل من تكلفة تنظيم المناخ (Fæhn 2017). وحتى الآن كانت سياسات المناخ من جانب العرض الأقل اتباعًا من قبل واضعي سياسات المناخ (Lazarus and van Asselt 2018) إلا أن الاهتمام بإمكانية اتخاذ تدابير تعمل على الحد من إنتاج واستخدام الوقود الأحفوري وإنهاء ذلك في تزايد مستمر. ولم تحظ السياسات التي تسعى إلى إشراك الأطراف الفاعلة من جانب العرض في الجهود الاستباقية لمعالجة الآثار المناخية للوقود الأحفوري الذي تنتجه إلا باهتمام محدود (أي نهج مسؤولية المنتج الممتدة لمعالجة انبعاثات النطاق 3: المربع 1). ومن وجهة نظرنا هذا يضيع فرصة هامة وكبيرة لحشد مالكي موارد الوقود الأحفوري للمساهمة في إنجاز العمل المناخي الطموح.

تعتبر سياسات المناخ من جانب الطلب -مثل ضرائب الكربون، وضرائب الانبعاثات، ونظام تجارة الانبعاثات- بمثابة الخيار السائد لوضعي السياسات في جميع أنحاء العالم في مسعاهم لمحاولة السيطرة على تجمعات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي. كما أن التدابير المماثلة مثل اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول كيوتو التابع لها، إضافة إلى خطط السياسة الإقليمية والوطنية الأساسية مثل برنامج الاتحاد الأوروبي لتجارة الانبعاثات تركز جميعها على تسعير انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن استهلاك الوقود الأحفوري (أي انبعاثات النطاق 1 من مستخدمي الوقود الأحفوري: مربع 1). وتعتمد بوصفها نهجًا للسياسة على مبدأ تغريم الملوث أو الباعث (مصدر الانبعاثات)، وبالتالي تستهدف المنظمات والمستهلكين الذين يستخدمون الوقود الأحفوري.

## المربع الأول (1). مسرد مصطلحات الانبعاثات

تطلق العديد من المصطلحات على انبعاثات الغازات الدفيئة المرتبطة باستخراج الوقود الأحفوري وتوريده وتحويله واستخدامه، وتشمل هذه المصطلحات ما يلي:

**انبعاثات النطاق الأول (1):** الانبعاثات المباشرة المرتبطة بتوفير منتج أو خدمة معينة لمستهلك ما، والتي تخضع لسيطرة المنظمة الموردة (على سبيل المثال: انبعاثات الوقود الذي تحرقه المنظمة).

**انبعاثات النطاق الثاني (2):** الانبعاثات غير المباشرة المرتبطة بتقديم منتج أو خدمة معينة لمستهلك ما يخضع لسيطرة المنظمة الموردة (على سبيل المثال: الانبعاثات الناتجة عن الحرارة المشتراة أو الكهرباء التي تستخدمها المنظمة).

**انبعاثات النطاق الثالث (3):** الانبعاثات غير المباشرة المرتبطة باستخدام مستهلك ما لمنتج، والتي تحدث خارج سيطرة المنظمة الموردة.

**الكربون المجدسد (المُضمّن):** محتوى الكربون المتجدسد في منتج ما، ويمكن أن يشتمل على انبعاثات النطاقين (1 و 2)، أو انبعاثات النطاقات (1 و 2 و 3)، أو انبعاثات النطاق (3) فقط.

**انبعاثات النقل من البئر إلى الخزان:** الانبعاثات المرتبطة باستخراج وتوفير وتحويل النفط الخام حتى مرحلة الاستخدام (انبعاثات النطاقين 1 و 2).

**انبعاثات النقل من البئر إلى المركبة:** الانبعاثات المرتبطة باستخراج وتوفير واستخدام منتجات النفط الخام (انبعاثات النطاقات 1 و 2 و 3).

**انبعاثات النقل من الخزان إلى المركبة:** الانبعاثات المرتبطة باستخدام المنتجات المشتقة من النفط الخام (انبعاثات النطاق 3).

يتم من خلالها التركيز فقط على الحد من تدفقات الانبعاثات. وبالفعل، فإن عدم وجود حظر عالمي شامل على إنتاج واستخدام الوقود الأحفوري وتخزين الكربون في أحواض غير جوية يعتبر شرطاً أساسياً لتحقيق هدف صافي الانبعاثات الصفرية.

يمكن أن يساعد تأطير تحدي التخفيف من آثار تغير المناخ في هذه البنود على تحريك عجلة الحوار بشأن سياسة المناخ من جانب العرض بمنأى عن التركيز فقط على إنهاء إنتاج الوقود الأحفوري، وصولاً إلى نهج أكثر تقدمًا يركز على الموازنة ما بين استخراج الكربون وعزله. علاوة على ذلك، فإن حشد منتجي النفط والغاز وتشجيعهم على إزالة الكربون من النفط (المربع 2) يعمل أيضًا على تحفيز الشركات بالموارد المالية والقدرات التقنية والمعرفة لإنشاء مخازن الكربون الجيولوجية. ويمكن بهذا النحو أن تلعب سياسات جانب العرض الاستباقية والتقدمية دورًا مهمًا في دعم العمل المناخي الطموح.

هناك أسباب وجيهة تدعو إلى التركيز التاريخي على سياسات جانب الطلب؛ إذ يعتبر مبدأ تغريم الملوث أكثر إنصافًا لأنه يركز على الاستخدام الواسع النطاق للوقود الأحفوري، بدلًا من عدد قليل من الدول التي تعمل على استخراج وتصدير كميات كربون تتجاوز مقدار انبعاثاتها في الغلاف الجوي. غير أن لسياسات جانب العرض القدرة على تقليل تعقيد خطط العمل العالمية بشأن المناخ؛ لأنها تتضمن عددًا أقل من الأطراف الفاعلة، ويمكنها كذلك توفير طريقة لتعزيز الطموح المناخي من خلال استكمال وإتمام تدابير جانب الطلب.

يفتح ظهور تقنيات احتجاز ثاني أكسيد الكربون والتخزين الجيولوجي وانتشار استخدامها الباب أما تغيير سرد سياسة المناخ من جانب العرض. إذ يمكن لهذه التقنيات أن تعيد الكربون إلى الغلاف الأرضي إلى جانب التقنيات التي تعمل على إزالته. كما يمكن أن يسهم تحقيق التوازن بين معدلات استخراج الكربون وعزله في الغلاف الأرضي في تحقيق نتائج صافي الانبعاثات الصفرية المتماشية مع اتفاقية باريس بالطريقة نفسها التي

### المربع 2. تعريف الوقود منزوع الكربون

يمكن إنشاء وقود أحفوري منزوع الكربون إما مادياً ملموساً أو افتراضياً

يمكن نزع الكربون مادياً من الوقود الهيدروكربوني الأحفوري من خلال استخدام تقنيات الهندسة الكيميائية مثل تقنية التهذيب الكيميائي "التكسير" - لفصل جزيئات الهيدروجين والكربون، ويستخدم الهيدروجين الناتج من هذه العملية كبديل لناقلات طاقة الوقود الأحفوري التقليدية، وقد يعزل جزء الكربون جيولوجياً لتجنب انبعائه في الغلاف الجوي، ولا ينتج عن الهيدروجين الناتج أي انبعاثات عند الاحتراق. ولا يمكن أن يطلق على الهيدروجين اسم الوقود الأحفوري منزوع الكربون حقاً إلا إذا تم عزل الكربون الناتج جيولوجياً خلال عملية التهذيب الكيميائي. ويعتمد تطوير النهج على الامتصاص الواسع للهيدروجين (أو الأمونيا) كبديل للوقود الأحفوري التقليدي.

ويمكن بدلاً من ذلك نزع الكربون افتراضياً من الوقود الأحفوري إذا قام المنتج بتعويضات من خلال استخدام آلية عزل الكربون إما بالدورة الكاملة لانبعاثات غازات الدفيئة المصاحبة للوقود (النقل من البئر إلى المركبة أو انبعاثات النطاقات (1 و 2 و 3))، أو مجرد الكربون المجدد في الوقود المنبعث عند استخدامه (من الخزان إلى المركبة أو انبعاثات النطاق (3))، كذلك يمكن إنتاج وقود أحفوري منخفض الكربون عندما يتم التعويض عن جزء على الأقل من الكربون المجدد في الوقود المورد. ويمكن أيضاً بالمثل توفير وقود صاف سلبى الكربون عندما تتجاوز كمية الكربون المحتجز الكربون المجدد.

منخفضة الكربون التي تدعم التنوع الاقتصادي بمنأى عن الاعتماد على تصدير الوقود الأحفوري، كما يمكن أن تكون أكثر فاعلية في معالجة الانبعاثات العالمية لثاني أكسيد الكربون.

وعلى العكس من ذلك، فإن اعتماد السياسات المحلية من جانب الطلب التي تركز على خفض الانبعاثات المحلية للغازات الدفيئة الوطنية -انبعاثات النطاق (1)- لمصدري النفط الخام تتيح فرصاً أقل بكثير للتحكم في الانبعاثات العالمية لثاني أكسيد الكربون، وتوفر قدرًا أقل من العزل ضد مخاطر قطع أصول الموارد الطبيعية. وقد يقدم ذلك قيمة فقط إذا كانت هناك تغييرات هيكلية كبيرة في الاقتصادات المصدرة للنفط الخام التي تقلل من اعتمادها على الصادرات النفطية وتزيد من القيمة المحلية المضافة (أي استخدام الوقود

### فرصة سياسة المناخ من جانب العرض المتاحة لمصدري الوقود الأحفوري

يكون حافز العمل بالنسبة لمناطق تصدير النفط الخام -على وجه التحديد- قوياً بسبب العلاقة القوية بين الصادرات والاقتصادات الوطنية. ويمكن للإجراءات التي يتخذها مصدرو النفط الخام لتقليل أو الحد من الآثار المرتبطة بالمناخ بالنسبة للمنتجات التي يبيعونها -من خلال إزالة الكربون من النفط مثلاً- أن تساعد في الحفاظ على قدرة الوصول إلى الأسواق والحفاظ على قيمة مواردهم الطبيعية. كذلك يمكن لمثل هذه التدابير أن تسهم في الاحتفاظ بجزء من إيجارات الموارد التي يجمعها المستوردون حالياً، وذلك من خلال تبني سياسات المناخ القائمة على جانب الطلب. ويمكن توجيه هذا الدخل الناتج إلى المساعي التكنولوجية

عند التفكير والتأمل في الفرص المتاحة للسياسات التقدمية المحتملة لجانب العرض، نجد أن هذا البحث يستعرض بعض الخيارات الرامية إلى إرساء أنواع جديدة من السياسات التي تدعم العمل المناخي المعزز من قبل منتجي ومصدري النفط الخام.

الأحفوري لتصنيع سلع التصدير مثل البتروكيماويات والمعادن والأسمنت وغيرها). بيد أن الاستراتيجيات الاقتصادية الوطنية، مثل رؤية السعودية 2030، تتوخى التطورات الاقتصادية من هذا القبيل التي ستحدث خلال السنوات القادمة. ومع ذلك فإنه من المرجح أن تستمر الدول المصدرة للنفط في الاعتماد على صادرات النفط الخام على المدى القريب والمتوسط باعتبارها مصدرًا رئيسًا للدخل القومي.



# سياسة المناخ من جانب العرض

## التصنيف

يرد أدناه ملخص لمختلف نهج سياسة المناخ من جانبي العرض والطلب وفقاً للتصنيف الموضح في الجدول (1).

تعتبر التقسيمات الموضحة في الجدول (1) تعسفية وجائرة بعض الشيء في كثير من الحالات، ويمكن اعتبار بعض أنواع الأدوات إما نهجاً تنظيمية أو أدوات قائمة على الكمية بناءً على طريقة استخدامها. إذ يمكن على سبيل المثال إنشاء تعويض أو عزل إلزامي من خلال نظام الأصول القابلة للتداول على أساس الكمية، أو يمكن تمويل التعويض عن ترك الوقود في الأرض من خلال إنشاء أرصدة لانبعاثات الكربون أو اعتمادات تعويض قابلة للبيع بموجب آلية قائمة على السوق.

علاوة على ذلك، تتشابه الكثير من التدابير الموصوفة لنهج جانبي العرض والطلب مع عامل تفاضل يكون موضع الالتزام فيما يتعلق إما بمورد أو مستخدم الوقود الأحفوري. وتشير هذه التداخلات إلى إمكانية أن تؤدي سياسات جانب العرض أو الطلب إلى التوصل إلى نتائج مماثلة، إذ يمكن لتعديل اللوائح أن يؤدي إلى حدوث تغييرات سلوكية كبيرة من مختلف الأطراف، الفاعلة المشاركة في سلسلة توريد الوقود الأحفوري، وبالإمكان استخدام مثل هذا التحول في التركيز لإيجاد طرق جديدة لبحث المشكلة، إضافة إلى نماذج أعمال جديدة لتقديم عمل مناخي طموح وهادف.

يحدد الباحثون (Lazarus and van Asselt (2018) بالاعتماد على برنامج التصنيف المحدد في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (AR5; Somanathan et al. 2014) العديد من المتغيرات لسياسات المناخ من جانب العرض، وتنعكس هذه السياسات والتدابير المطبقة على العمل المناخي من جانب الطلب، وتشمل:

الأدوات الاقتصادية القائمة على الأسعار: التي تزيد من التكاليف النسبية لإنتاج أو توريد الوقود الأحفوري مع افتراض استجابة من جانب الطلب تعمل على خفض الانبعاثات.

الأدوات الاقتصادية القائمة على الكمية: التي تهدف إلى تحفيز أو فرض توريد وقود بديل منخفض الكربون أو أنواع الوقود غير الأحفوري.

النهج التنظيمية والطوعية: التي تسعى إلى الحد من تطوير أو إنتاج أو توريد الوقود الأحفوري أو الاستثمار فيه أو إزالته للتعويض عن الإيرادات الضائعة المرتبطة بتقييد تطوير أو إنتاج الوقود الأحفوري (المربع 3) أو لتعزيز إزالة الكربون من الوقود الأحفوري (المربع 2).

البرامج الحكومية: التي تقود الأسواق إلى السلع والخدمات منخفضة الكربون.

الجدول 1. نظرة عامة على نهج سياسة المناخ من جانبي العرض والطلب

سياسات المناخ من جانب الطلب	سياسات المناخ من جانب العرض	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ضريبة الكربون (الكربون المجرى في الوقود)</li> <li>- ضريبة الانبعاثات الكربونية</li> <li>- تعديلات حدود سعر الكربون</li> <li>- الإعانات المالية لدعم التقنيات منخفضة الكربون</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ضريبة إنتاج الكربون (فوهة البئر)</li> <li>- ضريبة تصدير الكربون</li> <li>- ضرائب المنتجين</li> <li>- إلغاء الإعانات المالية المقدمة لقطاع الوقود الأحفوري</li> </ul>	الأدوات القائمة على الأسعار
<ul style="list-style-type: none"> <li>- تجارة الانبعاثات (تبادل حقوق إطلاق الانبعاثات)</li> <li>- التعويض الإلزامي للانبعاثات</li> <li>- معايير المحفظة منخفضة الكربون (الكهرباء، المنتجات)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- حصص حقوق إنتاج الوقود الأحفوري (مع التجارة)</li> <li>- معايير المحفظة منخفضة الكربون (الوقود)</li> </ul>	الأدوات القائمة على الكمية
<ul style="list-style-type: none"> <li>- معايير أداء الانبعاثات</li> <li>- متطلبات التقنية منخفضة الانبعاثات الكربونية</li> <li>- كود البناء</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تقييد مساعي تطوير الوقود الأحفوري</li> <li>- تقييد صادرات الوقود الأحفوري (الحصص)</li> <li>- تصفية الاستثمارات في الوقود الأحفوري</li> <li>- التعويض الإلزامي/ الطوعي</li> <li>- التعويض عن ترك الأصول في الأرض</li> </ul>	النهج التنظيمية/ الطوعية
<ul style="list-style-type: none"> <li>- الحوافز الرأسمالية</li> <li>- مشتريات القطاع العام</li> <li>- توسعة البنية التحتية منخفضة الكربون</li> <li>- المالية العامة (القروض والمنح وما إلى ذلك)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تقييد مساعي تطوير احتياطات الوقود الأحفوري في الأراضي الحكومية</li> <li>- تقييد التمويل الحكومي لمشاريع الوقود الأحفوري</li> </ul>	البرامج الحكومية

المصدر: مأخوذة من (Lazarus and van Asselt (2018)

### الاستخدام الحالي

به تحت الأرض“ سائدًا بشكل متزايد خلال السنوات القليلة الماضية.

إن الإفصاح المالي الأكبر عن تأثيرات تغير المناخ على الأنشطة الاستثمارية والمستوحى من مبادرات مثل فريق عمل بنك إنجلترا المعني بالإفصاح المالي المتعلق بالمناخ (TCFD) والإبلاغ الإلزامي عن التعرض لمخاطر الاستثمار في المناخ بفرنسا، يطرح أيضًا قضايا ومشكلات للاكتتاب وتمويل عمليات تطوير الوقود الأحفوري. وهذا بدوره يدفع مخاوف المستثمرين بشأن مخاطر الأصول العالقة في قطاع الوقود الأحفوري. ولقد تعهدت معظم مصارف التنمية متعددة الأطراف -وتحديدًا مجموعة البنك الدولي والمؤسسات التابعة لها- بإيقاف تمويل جميع أنشطة الوقود الأحفوري، فيما عدا الظروف الاستثنائية. وكذلك قدمت العديد من المصارف المماثلة تعهدات مشابهة على الرغم من عدم انتظام التطبيق (على سبيل المثال منظمة Bank Track).

يضغط الناشطون المساهمون أيضًا على صناعة النفط والغاز لتحمل مسؤولية أكبر عن الانبعاثات الناتجة عن استخدام منتجاتها، إذ قام ستون من أكبر المستثمرين في العالم في رسالة مفتوحة للفايننشال تايمز (Financial Times) في شهر مايو من عام 2018م بدعوة القطاع إلى أن يكون أكثر شفافية وأن يتحمل مسؤولية جميع انبعاثاته (Mooney et al. 2018). أضف إلى ذلك نجاح مجموعات ناشطة مثل مجموعة العمل المناخي +100 ومنظمة فولو دس (Follow This) في فرض تعهدات الشركات المعززة بشأن العمل المناخي من قبل العديد من شركات النفط والغاز المدرجة في البورصة، بما فيها شركات شل (Shell) وبي بي (BP) وإيكوينور (Equinor). فيما تدعو العديد من المجموعات قطاع النفط والغاز إلى تحمل مسؤولية أكبر تجاه انبعاثات النطاق (3) وأن توائم

كان استخدام سياسات المناخ من جانب العرض الموضوع أعلاه (الجدول 1) محدودًا على مر التاريخ، على الرغم من أنه شهد زيادة كبيرة في الأنشطة خلال السنوات القليلة الماضية.

فرضت العديد من النظم القانونية في جميع أنحاء العالم ضرائب الكربون على المراحل الأولية لاستخراج الوقود الأحفوري (على سبيل المثال: في أوروبا ومختلف الولايات الأمريكية والمقاطعات الكندية وتشلي والمكسيك وغيرها)، بينما تعمل بعضها على استكشاف جدوى هذا الخيار (على سبيل المثال: الهند والفلبين). ومع ذلك تطبق هذه الضرائب في مرحلة توريد أو استخدام الوقود الأحفوري -بما في ذلك الواردات- بدلًا من تطبيقها على المنتجين بنحو مباشر. لذلك فإنها تكون بمثابة إجراء من جانب الطلب بدلًا من جانب العرض. بينما تعمل بضع الدول حاليًا على تطبيق ضرائب الكربون على إنتاج أو تصدير الوقود الأحفوري. كما قامت أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية وكندا أيضًا بتطبيق معايير محفظة موردي الوقود، وذلك بهدف خفض كثافة كربون السلسلة الكاملة للوقود السائل -من البئر إلى المركبة- الذي يتم توريده واستخدامه في المنطقة من خلال الترويج لاستخدام الوقود الحيوي في المقام الأول (كما تمت مناقشته أدناه بمزيد من التفصيل).

زادت التدابير التي تركز على الحد من تطوير الوقود الأحفوري والاستثمار فيه، والتي تركز بشكل أساسي على الفحم خلال السنوات الأخيرة. فقد خضعت مشاريع الفحم المخطط لها لجهود الناشطين الرامية إلى منعها من المضي قدمًا وإصدار أحكام قضائية لوقف تطويرها بحجة التأثيرات المترتبة على تغير المناخ. كما أصبح نشاط المساهمين لسحب التمويل من استثمارات الوقود الأحفوري مثل حملات “تصفية الاستثمارات في الوقود الأحفوري” و“الكربون غير المحروق” و“الاحتفاظ

فيما تنص اتفاقية باريس على أن باستطاعة الفوائد المشتركة للخفض الناتجة عن إجراءات التكيف أو خطط التنوع الاقتصادي للدول الأطراف المساهمة في نتائج التخفيف. ويمكن أن تكون استجابة سياسة العرض بمثابة تعهد بالابتعاد عن الاعتماد الاقتصادي على استخراج الوقود الأحفوري مقابل التعويض عن الآثار الاقتصادية والاجتماعية المحتملة. ولقد تم التعهد بمثل هذه الميول في المساهمات المحددة وطنياً لعدد من الدول بموجب اتفاقية باريس، بما فيها الجزائر، والبحرين، وإيران، وقطر، والمملكة العربية السعودية، وجنوب أفريقيا، والإمارات العربية المتحدة. ورغم ذلك لم يتم حتى الآن سوى إجراء محاولة واحدة فقط - غير ناجحة- لتطبيق مفهوم التعويض في الممارسة العملية (المربع 3).

أهداف أعمالها مع أهداف اتفاقية باريس (على سبيل المثال: منظمة فولو دس (2019)). وتشير التحركات الأخيرة لبعض الشركات مثل بي بي وتوتال إلى أن التغييرات في القطاع تسير على قدم وساق في وقت إعداد هذا البحث (BP 2020 الجدول 2).

تحتل تدابير الاستجابة والدعم المالي للتنوع الاقتصادي والتعويض عن الإيرادات الضائعة و"الانتقال العادل" موقع الصدارة على جدول أعمال الدول المنتجة والمصدرة للوقود الأحفوري، ضمن عملية اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي. وتهدف جميع هذه الأنشطة إلى تخفيف الآثار الاقتصادية والاجتماعية المحتملة للانتقال إلى مرحلة الانبعاثات المنخفضة الكربون لتلك الدول والمناطق والقطاعات التي تعتمد اعتماداً كبيراً على إنتاج الوقود الأحفوري.

### المربع 3. التعويض عن "تركة في الأرض"

حاولت الإكوادور في عام 2007م تطبيق سياسة قائمة على تلقي تعويضات عن ترك الوقود الأحفوري في الأرض، إذ يوجد تحت منتزه حديقة ياسوني الوطني في الإكوادور حوالي 920 مليون برميل من النفط الخام في احتياطيّات إشبينغو-تيبوتيني-تامبوكوتشا (Ishpingo-Tiputini-Tambococha)، وقد أطلقت الحكومة مبادرة ياسوني (Yasuni) في عام 2007م لمنع تطوير احتياطيّات هذه الاحتياطيّات ومن ثم تجنّب إنتاج 410 ملايين طن من ثاني أكسيد الكربون المجسد، وذلك مقابل مبلغ مالي قدره 3.6 مليار دولار أمريكي كتعويض من المانحين الدوليين (حوالي نصف الإيرادات السابقة المتوقعة والمتنازل عنها بموجب هذا التعويض).

وحظيت المبادرة ببعض الدعم الرفيع المستوى، وقدمت العديد من الحكومات تعهدات، من ضمنهم ألمانيا وإيطاليا وإسبانيا وتشيلي. إلا أن ألمانيا -إحدى الدول المؤيدة والرئيسة- سحبت دعمها في عام 2010م مبدية خوفها وقلقها إزاء ما إذا كانت ستشكل سابقة للحكومات الأخرى، وأشارت إلى تفضيل اتباع السياسات القائمة للدول النشطة بدلاً من أن يدفع لها مقابل عدم القيام بأي شيء. وبحلول منتصف عام 2013م تعهدت العديد من الجهات المانحة بدفع حوالي 300 مليون دولار أمريكي فقط.

وبعد المراجعة التي أجراها الرئيس الأكوادوري رافاييل كوريا، تم إيقاف المبادرة في أغسطس 2013م. وبدأ الحفر الاستكشافي في حقول إشبينغو-تيبوتيني-تامبوكوتشا في عام 2016م.

المشكلة، وأنها مجبرة بصفة أساسية على الاستجابة لسياسات المناخ الناشئة من جانب الطلب، بدلاً من المشاركة بصورة استباقية في إيجاد الحلول.

يبدو أن التدابير التي تسعى إلى تشجيع توريد الوقود الأحفوري منزوع الكربون تضمن لها حيزاً مستحقاً في النقاش الدائر حول سياسات جانب العرض، إذ يمكن أن تكون مثل هذه التدابير مؤثرة للغاية في دعم أهداف الحد من ارتفاع درجات الحرارة وهدف اتفاقية باريس لصافي الانبعاثات الصفرية على المدى الطويل. سيتطلب تحقيق صافي انبعاثات صفرية مصادر انبعاثات مقاومة مع بدائل غير أحفورية محدودة، مثل متابعة الحمل الكهربائي ونقل البضائع الثقيلة والطيران (Davis et al. 2018) ليتم التعويض عنها من خلال أنشطة العزل للحفاظ على التوازن الصفري الصافي. ويشير ذلك إلى الحاجة في جميع الحالات إلى استخدام وتعميم تقنيات عزل الكربون على أوسع نطاق، بما فيها الحلول القابلة للتطبيق تجارياً والمنخفضة التكلفة والقائمة على احتجاز الكربون وتخزينه والالتقاط المباشر للهواء واستخدام ثاني أكسيد الكربون، بالإضافة إلى الحلول القائمة على الطبيعية. كما يشير كذلك إلى الحاجة إلى إيجاد طرق جديدة يمكن من خلالها تحديد قيمة لإيداع الكربون في مخزونات الكربون الكوكبية بدلاً من الغلاف الجوي، لاستكمال التدابير التي تعمل على تحديد أسعار انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون.

وعلى ضوء هذه الخلفية، تبحث الأقسام التالية في خيارات سياسات جانب العرض "الأكثر ذكاءً" والتدابير التي بإمكانها تشجيع الشركات والدول المنتجة للوقود الأحفوري على نزع وإزالة الكربون من الوقود الأحفوري ودفع الاستثمارات المعززة نحو تبني تقنيات العزل.

تميل الكثير من المؤلفات العلمية حول سياسة المناخ من جانب العرض إلى تقديم خيارات مرنة لتشجيع التراجع السريع عن الوقود الأحفوري. فعلى سبيل المثال عند استعراض الخيارات المتاحة لأطراف اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي لمعالجة سياسات المناخ من جانب العرض بموجب اتفاقية باريس، كان الباحثون (Piggot et al. 2018) رافضين لإمكانية احتجاز الكربون وتخزينه، وبدلاً من ذلك لخصوا الخيارات التالية:

*"يمكن للدول أن تدمج استراتيجيات جانب العرض في مساهماتها المحددة وطنياً بطرق شتى، فالإلى جانب أهداف خفض الدول لانبعاثاتها، يمكنها أن تدرج أهدافاً لتقليص إنتاج الوقود الأحفوري (على سبيل المثال أهداف خفض الإنتاج). كما يمكنها أن تشمل الالتزامات بتقييد الاستثمارات في توريد الوقود الأحفوري، مثل التعهد بإلغاء دعم منتجي الوقود الأحفوري (van Asselt and Kulovesi, 2017). ويمكن للدول الأطراف إلى جانب الأوصاف الموجودة لأنشطة التخفيف، أن تقوم بإدراج تدابير مثل الوقف الاختياري للبنية التحتية الجديدة للوقود الأحفوري، أو فرض ضرائب على صادرات الوقود الأحفوري. ويمكن لهذه الدول كذلك مناقشة تدابير السياسة لضمان الانتقال العادل لعمال الصناعات الاستخراجية، مثل برامج إعادة التدريب على رأس العمل" (Rosemberg 2017, 1991).*

تتمثل نتيجة هذا التركيز الأحادي في تأطير الخيارات والنتائج بشروط ثنائية: إما سيتم التخلص من الوقود الأحفوري، أو سيحدث تغير مناخي قوي بسبب إبعاد موردي الوقود الأحفوري عن العمل المناخي السائد. كذلك تتجاهل مثل هذه الشروط الثنائية الفرصة الكبيرة المحتملة لاستخدام الموارد المالية والفنية لمنتجي الوقود الأحفوري بغية التوصل إلى طرق جديدة لتقديم عمل مناخي طموح وهادف. بينما ينظر في الوقت الحالي إلى هذه الأطراف الفاعلة على أنها جزءاً من

### السياسات الداعمة للوقود منزوع الكربون

#### ضرائب الإنتاج (فوهة البئر) أو ضرائب الكربون القائمة على التصدير

تعتبر ضرائب إنتاج الوقود الأحفوري (على سبيل المثال: ضرائب فوهة البئر أو محطات الكهرباء المشيدة بالقرب من مناجم الفحم) أو الصادرات القائمة على محتوى الكربون، بمثابة أدوات اقتصادية قائمة على الأسعار يمكنها زيادة سعر الوقود الأحفوري، وبالتالي تعمل على استثارة استجابة الطلب مع ما ينتج من عمليات خفض للانبعاثات.

وفي الوقت الحالي، لا يخضع أي إنتاج للوقود الأحفوري في أي مكان في العالم للضرائب أو الإتاوات المرتبطة بمحتوى الكربون في الوقود.

ومن ناحية أخرى، يفرض العديد من المستوردين الضرائب على توريد الوقود الأحفوري عند نقاط البيع كما وضع سابقاً، ويشير هذا إلى وجود مجال للمنتجين لاستعادة جزء على الأقل من ذلك الإيجار واستخدامه محلياً لدعم نشر التقنية منخفضة الكربون وأهداف التنويع الاقتصادي (Peszko, van der Mensbrugge and Golub 2020). ويمكن على سبيل المثال تدوير الإيرادات مباشرة في برامج احتجاز الكربون وتخزينه لإزالة الكربون من إمدادات الوقود الأحفوري.

#### معايير محفظة (الوقود) منخفض الكربون

تشكل معايير محفظة الوقود منخفض الكربون أدوات اقتصادية قائمة على الكمية، وتحدد معدلات الانبعاثات المستهدفة لانبعاثات الغازات الدفيئة لمحفظة الوقود الناتجة عن نقل الوقود من البئر إلى المركبة. وتقوم المنظمات بتوريد هذه الأنواع من الوقود لسوق معينة، وتغطي معايير المحفظة أنواع الوقود البديلة المستوردة والمحلية والنفط الخام والمنتجات المكررة.

يمكن استخدام نهج السياسة لخفض الانبعاثات وتشجيع استخدام التقنية منخفضة الكربون ونشرها عبر سلسلة توريد الوقود السائل بطرق تتجاوز الحدود الوطنية، كما تستخدم العديد من الدول والمناطق المنتجة والمستوردة للوقود الأحفوري حول العالم هذه الأنواع من أدوات السياسة، التي يشار إليها عادة بمعايير مصادر الوقود المنخفضة الكربون أو المتجددة، وتشمل ما يلي:

الولايات المتحدة الأمريكية (على المستوى الفيدرالي بموجب معايير مصادر الوقود المتجددة).

الاتحاد الأوروبي (بموجب توجيه الطاقة المتجددة 1 والأمر التوجيهي بشأن جودة الوقود سابقاً، أما الآن فبموجب التحول إلى توجيه الطاقة المتجددة 2).

ولايات كاليفورنيا وأوريغون وواشنطن الأمريكية (على سبيل المثال: معيار كاليفورنيا للوقود منخفض الكربون ومعيار أوريغون للوقود النظيف).

مقاطعة بريتش كولومبيا الكندية (متطلبات بريتش كولومبيا للوقود منخفض الكربون والمتجدد).

عادة ما تتضمن هذه السياسات من الناحية العملية وضع معيار إما لجزء متزايد من الوقود المتجدد، أو خفض متوسط للغازات الدفيئة أو كثافة الكربون الموجد للوقود الموجود في محفظة التوريد. يستخدم النوع الأول من آلية السياسة النسبة المئوية المستهدفة للتوريد لقائمة مسارات الوقود المعتمدة، فيما يستخدم النوع الثاني هدف دورة أو كثافة انبعاثات الغازات الدفيئة من البئر إلى المركبة لجميع أنواع الوقود الموردة، والتي تقاس بوحدة الكيلوغرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل ميغا جول من الوقود المورد. وعادة ما يرتبط معدل المحفظة المستهدف في أي من



إن معايير المحفظة التي تحدد هدفًا فقط لزيادة كمية الوقود الحيوي المستخدم في محفظة الوقود المستخدم في النقل لا توفر أساسًا يمكن بناءً عليه تشجيع الترويج للوقود الأحفوري منزوع الكربون (على سبيل المثال معيار الحكومة الفيدرالية الأمريكية للوقود المتجدد). ويرجع ذلك إلى تركيزها فقط على زيادة حصة الوقود الحيوي في مزيج الطاقة لقطاع النقل.

ومن ناحية أخرى، فإن البرامج التي تستخدم هدف الغازات الدفيئة أو كثافة الكربون توفر حيزًا أكبر؛ لأن هذا النهج من الناحية النظرية يعتبر محايدًا إزاء التكنولوجيا وليس متخصصًا في تحديد أنواع الوقود المؤهلة (على سبيل المثال معيار كاليفورنيا للوقود منخفض الكربون والأمر التوجيهي بشأن جودة الوقود للاتحاد الأوروبي). ومع ذلك فهذه ليست الطريقة التي يتم من خلالها تنفيذها في الممارسة العملية. وفي الوقت الحالي تركز جميع البرامج فقط على تشجيع استخدام الوقود الحيوي والكهرباء والهيدروجين وأنواع الوقود الغازية المشتقة من النفايات -بما فيها ثاني أكسيد الكربون- كبداية للمنتجات القائمة على البترول (المربع 4). ويكمن الاستثناء الوحيد في معالجة الالتقاط المباشر للهواء وفقًا لمعيار كاليفورنيا للوقود منخفض الكربون، الذي يقدم مسارًا للاستخدام المباشر للعزل الجيولوجي كتعويض عن كامل انبعاثات الوقود المنقول من البئر إلى المركبة (المربع 4).

هذين النظامين بتحقيق خفض صريح أو ضمني للغازات الدفيئة مقابل خط أساس أو معيار مقارنة للوقود الأحفوري.

يتضمن التطبيق تحديد ائتمان أو علامة لأنواع الوقود منخفض الكربون والمتجدد لكل وحدة تم توريدها، مثل رقم تعريف متجدد لكل ميغا جول أو كمية من الوقود المعتمد. ويتعين على الكيانات الملتزمة (الموردين) تسليم حقوق إطلاق الانبعاثات هذه أو العلامات إلى الجهة التنظيمية المختصة بما يتناسب مع هدف كثافة انبعاثاتها لإثبات مدى امتثالها. أما فيما يتعلق بالجهات التي لديها فوائض وعجز، فيمكنها تبادل حقوق إطلاق الانبعاثات -إما مع أو بدون منتج الوقود المادي ذا الصلة- للمساعدة في الوفاء بالتزاماتها.

تختلف البرامج في الطريقة التي تتبعها لتحديد الأهداف وتحقيقها، مما يؤثر على تصاميم البرامج وتنفيذها. ومن ثم فإن هنالك اختلافات طفيفة في طريقة النظر إلى أنواع الوقود الأحفوري في كل برنامج، وتحديدًا الطريقة التي يدمج فيها معيار المقارنة القياسي لكثافة الوقود الأحفوري، إذ يؤثر هذا على قدرة هذا البرنامج على تشجيع الوقود الأحفوري منزوع أو منخفض الكربون.

### المربع 4. معالجة الوقود الأحفوري واحتجاز الكربون وتخزينه في معايير الوقود منخفض الكربون

يطبق كل من معيار كاليفورنيا للوقود منخفض الكربون والأمر التوجيهي بشأن جودة الوقود للاتحاد الأوروبي معيار الغازات الدفيئة أو كثافة الكربون كمقياس لتحديد أهداف محافظ توريد الوقود.

يهدف معيار كاليفورنيا للوقود منخفض الكربون إلى خفض كثافة الكربون للوقود الذي تم توريده لقطاع النقل في كاليفورنيا بنسبة 10% على الأقل في الفترة من 2007 حتى 2020م. ويتعين على الموردين حساب كثافة الكربون لجميع أنواع الوقود الموردة ومقارنة نتائجها بالمقاييس السنوية لكثافة الكربون؛ لأن تجاوز مقاييس كثافة الكربون يتسبب في حالات عجز يجب التعويض عنها من خلال شراء حقوق إطلاق الانبعاثات من الموردين المندرجة تحت مقياس كثافة الكربون. وتمنح جميع أنواع الوقود الخام من جميع المصادر متوسط كثافة الكربون لانبعاثات الاستكشاف والاستخراج (انبعاثات النطاق (1) من التنقيب والاستخراج)، والذي يضاف فيما بعد لانبعاثات الاستخدام النهائي والتكرير للوصول إلى دورة الانبعاثات (من البئر إلى المركبة). ونظرًا لحساب كثافة الكربون على أساس متوسط النفط الخام، فإنه لا يتم حساب الأداء التفاضلي للغازات الدفيئة الناتجة عن عمليات الاستكشاف والاستخراج لمختلف أنواع النفط الخام في البرنامج.

يدل إدخال وحدة احتجاز الكربون وتخزينه بموجب معيار كاليفورنيا للوقود منخفض الكربون في عام 2018م الآن على أن عمليات خفض الانبعاثات التي أجريت من خلال احتجاز الكربون وتخزينه في مواقع استخراج الوقود وفي مصافي التكرير تمنح حقوق إطلاق الانبعاثات بموجب معيار كاليفورنيا (على التوالي، بموجب أحكام التسليف الاستثماري المبتكر في المصافي والنفط الخام). يغطي معيار كاليفورنيا فقط انبعاثات النطاق الأول (1) في إنتاج وتكرير منتجات الوقود المستخدمة في كاليفورنيا، ولأن مصادر هذه الانبعاثات تعد غير كافية للتعويض عن إجمالي انبعاثات منتج الوقود من البئر إلى المركبة -يشمل ذلك انبعاثات النطاق الثالث- فإن البرنامج لا يستطيع في الوقت الحالي دمج الوقود الأحفوري الافتراضي منخفض أو منزوع الكربون كما هو موضح في المربع (2)، بينما يمكن حساب الهيدروجين مع احتجاز الكربون وتخزينه.

تعتبر مشاريع الالتقاط المباشر للهواء التي تعمل على الالتقاط والتخزين الجيولوجي لأكثر من 100,000 طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا -والموجودة في أي مكان في العالم- قادرة على إنشاء حقوق إطلاق الانبعاثات بموجب البرنامج. ومن ثم يمكن لهذه المشاريع اعتبار مثل هذه الأنشطة بمثابة تعويضات مباشرة عن انبعاثات محفظة وقود الموردين من البئر إلى المركبة.

يستخدم الأمر التوجيهي بشأن جودة الوقود الخاص بالأمم المتحدة نظامًا مماثلًا لمعيار كاليفورنيا؛ إذ يمكن دمج عمليات خفض الانبعاثات الناتجة عن الاستكشاف والاستخراج، بما فيها انبعاثات احتجاز الكربون وتخزينه في معيار مقارنة الوقود الأحفوري. وكما هو محدد حاليًا، يسمح هذا التوجيه بعمليات خفض الانبعاثات الناجمة عن استخدام آلية احتجاز الكربون وتخزينه داخل نظام إنتاج النفط الخام ليتم خصمها واحتسابها ضمن هدف كثافة الغازات الدفيئة لمحفظة موردي الوقود، ومع هذا لا يمكن أن يمتد ذلك على غرار معيار كاليفورنيا إلى التعويض عن انبعاثات النطاق الثالث وتشجيع الوقود الافتراضي منزوع الكربون كما هو موضح في المربع (2).



والجدير بالذكر أن هذا الأمر التوجيهي بشأن جودة الوقود سينقضي في عام 2020م، وسيستبدل بتوجيه الطاقة المتجددة (2) المنقح للأمم المتحدة. ويعتبر معيار المقارنة للوقود الأحفوري ثابتًا عند 94 كيلوجرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون/ ميغا جول، مما يعني أن الابتكارات في توريد الوقود الأحفوري لن تحتسب في البرنامج. وسيعمل هذا بالتالي على منع إدخال الوقود الأحفوري الافتراضي منخفض أو منزوع الكربون في النظام على النحو المنصوص عليه الآن في قانون الاتحاد الأوروبي.

### التعويض الطوعي

وعلى ضوء الضغوط المتزايدة من المساهمين - كما هو موضح في القسم (2) - فإننا نشهد حركة ناشئة للوصول إلى مواقف أكثر تقدمية، وتبني أهداف واستثمارات في التعويض تتماشى مع الانبعاثات الناتجة عن الاستخدام النهائي للمنتج (تغطي الانبعاثات من البئر إلى المركبة أو من الخزان إلى المركبة أو لكليهما)، نلخص في الجدول (2) أدناه المواقف الحالية للعديد من شركات النفط والغاز الكبرى.

قد تفكر الدول والشركات المشاركة في إنتاج الوقود الأحفوري بتقديم تعهد طوعي لزيادة توريد الوقود منخفض أو منزوع الكربون كطريقة لتشجيع أنشطة إزالة الغازات الدفيئة، بما فيها الحلول القائمة على الطبيعية والعزل الجغرافي.

وفي الوقت الحالي، قامت معظم شركات النفط والغاز وتحالف الشركات بموجب مبادرة مناخ النفط والغاز بصياغة تعهدات لخفض انبعاثات غاز الميثان وغيرها من الانبعاثات التشغيلية الداخلية (أي انبعاثات النطاق 1). ولقد كانت التعهدات بمعالجة انبعاثات النطاق الثالث أكثر تباينًا، ويبدو أن العديد من الشركات لا تزال تنظر في مسؤوليتها المرتبطة بهذه الجوانب.

الجدول 2. أمثلة لمواقف الشركات حول الانبعاثات وأنشطة التعويض

أنشطة التعويض	موقفها	الشركة
<ul style="list-style-type: none"> <li>- يضح مبلغ 300 مليون دولار أمريكي للأنظمة البيئية الطبيعية في الفترة ما بين 2019 و2022م لمعالجة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من العملاء الذين يستخدمون منتجات الشركة.</li> <li>- منتجات شركة شل قو بلس (+Shell Go) من البترول والديزل في المملكة المتحدة وهولندا وكاربون نيوترال «Carbon Neu» (يساهم العملاء تلقائيًا في التعويض عن انبعاثات الوقود من البئر إلى المركبة من خلال الاستثمارات الطبيعية).</li> <li>- طرح البرنامج للدول الأخرى.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- خفض صافي البصمة الكربونية لمنتجات الطاقة التي تباعها بنسبة 65% في عام 2050م بناءً على الدورة الكاملة للانبعاثات (من البئر إلى المركبة).</li> <li>- هدف مؤقت لصافي البصمة الكربونية بنسبة 30% تقريبًا بحلول عام 2035م.</li> <li>- وضع أهداف محددة لصافي البصمة الكربونية سنويًا على أساس دوري للفترات الأقصر مدى (ثلاث أو خمس سنوات) تغطي الفترة ما بين 2020 و2050م.</li> <li>- إنشاء رابط بحلول عام 2020م بين أهداف تحولات الطاقة وتعويض الموظفين على المدى الطويل.</li> </ul>	<p>شل (Shell)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- الاستثمار في حماية الغابات للوفاء بالتعهدات التعويضية.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- خفض صافي كثافة الكربون من الإنتاج الأولي إلى الاستهلاك النهائي للطاقة المنتجة بنسبة 50% على الأقل بحلول عام 2050م.</li> <li>- معالجة انبعاثاتها من خلال مبدأ تغريم مصدر الانبعاثات (الباعث).</li> </ul>	<p>أكوينور (Equinor)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- سيتم الكشف عن استراتيجيات الصافي الصفري والخطط القصيرة المدى في شهر سبتمبر 2020م.</li> <li>- برنامج هدف تحييد الأثر لعملاء الشركة.</li> <li>- استثمارات متنوعة في الحراة بموجب هدف تحييد الأثر.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- صافي الانبعاثات الصفرية بحلول عام 2050م أو قبل ذلك لجميع العمليات، وخفض كثافة المنتجات المتداولة بنسبة 50%.</li> </ul>	<p>بريتش بتروليوم (BP)</p>

أنشطة التعويض	موقفها	الشركة
<ul style="list-style-type: none"> <li>- احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه يعد جزءاً أساسياً من التعهد بحياضية الكربون.</li> <li>- ركزت شركة أوكسي لو كاربون فينتشرز المحدودة (Oxy Low Carbon Ventures LLC) على احتجاز الكربون وتخزينه من أجل استخدام محسن لاستخراج النفط، والاستثمار في تقنية احتجاز الكربون وتخزينه/ الالتقاط المباشر للهواء.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- طموح تعادل الأثر الكربوني لخفض وتعويض الأثر الكلي للكربون، بما في ذلك المنتجات (النطاقات من 1-3).</li> <li>- لا يوجد إطار زمني محدد حتى الآن.</li> </ul>	أوكسيدنتال (Occidental)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- موازنة الانبعاثات عند الضرورة من خلال إعادة الحراة والبواليع المناخية الطبيعية لتحقيق صافي انبعاثات صفرية.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تحقيق صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050م.</li> </ul>	ريسبول (Repsol)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- شراء التعويضات من الحراة واحتجاز أكثر من 20 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لتحقيق صافي انبعاثات صفرية. المشاريع موجودة في كل من جمهورية الكونغو الديمقراطية وإندونيسيا والمكسيك وغانا.</li> <li>- مبادرتي خفض الانبعاثات الناتجة عن إزالة الغابات وتدهورها في الإكوادور وغانا.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- الحصول على خفض بنسبة 80% في صافي انبعاثات النطاقات (1 و 2 و 3) بحلول عام 2050م، مع الإشارة إلى الدورة الكاملة لمنتجات الطاقة التي تم بيعها وخفض كثافة الانبعاثات فيها بنسبة 55% مقارنة بعام 2018م.</li> <li>- تحقيق صافي بصمة كربونية صفرية بحلول عام 2030م لنطاق الانبعاثات (1 و 2) من أنشطة الاستكشاف والاستخراج.</li> <li>- تحقيق صافي بصمة كربونية لنطاق الانبعاثات (1 و 2) من مجموعة إيني (Eni) بحلول عام 2040م.</li> </ul>	إيني (ENI)

أنشطة التعويض	موقفها	الشركة
- العديد من مبادرات العزل القائمة.	- تحقيق صافي انبعاثات صفرية لجميع عمليات الشركة حول العالم بحلول عام 2050م أو قبل ذلك (النطاقين 1 و 2). - صافي انبعاثات صفرية في إنتاجها وكافة منتجات الطاقة التي يستخدمها عملاؤها في أوروبا بحلول عام 2050م أو قبل ذلك (النطاقات 1 و 2 و 3). - خفض بنسبة 60% أو أكثر في متوسط كثافة الكربون لمنتجات الطاقة التي يستخدمها عملاء الشركة حول العالم بحلول عام 2050م (أقل من 27.5 جرام من ثاني أكسيد الكربون/ ميغا جول، بالتزامن مع خطوات متوسطة بنسبة 15% بحلول عام 2030م وبنسبة 35% بحلول عام 2040م (النطاقات 1 و 2 و 3).	توتال (Total)
- لم يرد ذكرها.	- زيادة إمدادات الغاز الطبيعي. - تصنيع مواد بلاستيكية خفيفة الوزن. - تطوير أنواع وقود ومواد تشحيم عالية الكفاءة.	إكسون موبيل (ExxonMobil)

المصادر: المواقع الإلكترونية لشركات شل، وبريتيش برتوليموم، وإكونور، ورييسول، وتوتال، وإكسون موبيل (تمت زيارتها في الفترة ما بين يوليو 2019 ويوليو 2020م)

لم تقترح أي دولة منتجة أو مصدرة للوقود الأحفوري حتى الآن أي تعهد طوعي للتعويض عن الانبعاثات الناجمة عن كمياتها المنتجة في مساهماتها المحددة وطنياً بموجب اتفاقية باريس.

### التعويض الإلزامي

بدلاً من استخدام معيار الوقود منخفض الكربون (القسم 2.3.2) أو الاعتماد على التعويض الطوعي من المصدريين والموردين (القسم 2.3.3)، يمكن للدول أن تفرض متطلبات إلزامية لموردي الوقود للتعويض عن انبعاثات النطاق الثالث المرتبطة بمنتجاتهم. إذ نجد أن سويسرا على سبيل المثال تتبنى مثل هذا النهج لإزالة الكربون من الوقود السائل المستخدم في البلاد، وإن كان مرتبباً بتعويضات عامة لخفض الانبعاثات العامة أكثر من العزل بحد ذاته (المربع 5).

ترتبط جميع إجراءات التعويض لشركات النفط والغاز تقريباً باستخدام بواليع الكربون الطبيعية (الجدول 2). فيما تعتبر إجراءات العزل الجغرافي حتى الآن مقتصرة بصورة كبيرة على المشاريع الإيضاحية المشتركة مع الحكومة أو الاستخلاص المعزز للنفط. فعلى سبيل المثال، تم تنفيذ مشروع كويست (Quest) التابع لشركة شل بدعم مالي من الحكومة الفيدرالية الكندية وحكومة ألبرتا. كما يعتمد مشروع الغاز النظيف ومشروع نورثرن لايتس (Northern Lights) إلى حد ما على الدعم الحكومي المقدم من المملكة المتحدة والنرويج، على التوالي. هناك احتمالية بوجود حاجة متنامية -لا سيما مع تزايد العمل المناخي من جانب العرض- إلى التحرك نحو مزيد من الروابط المباشرة بين احتجاز الكربون وتخزينه والتعويض عن انبعاثات الكربون للوقود الأحفوري، لا سيما انبعاثات النطاق الثالث.

### المربع 5. التعويض الإلزامي للانبعاثات الكربونية الخاصة بالنقل البري بموجب القانون السويسري

بموجب تعديل للقانون السويسري المتعلق بثاني أكسيد الكربون لعام 2011م، فإنه ومنذ شهر يناير عام 2013م أصبح جميع منتجي ومستوردي الوقود الأحفوري ملزمين بالتعويض عن 10% على الأقل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الحركة المرورية بحلول عام 2020م. ورفع هذا الهدف تدريجياً خلال الفترة ما بين 2014 و2019م من 2% إلى 5% ومن ثم إلى 8%.

يتحقق التعويض من خلال استخدام التعويضات التي توفرها مشاريع خفض الانبعاثات المطبقة إما بصورة مباشرة من خلال موردي الوقود أو من خلال الحصول على شهادات تعويض من مطوري مشاريع الطرف الثالث. إذ يمكن فقط للمشاريع المحلية المصادق عليها من المكتب الإداري السويسري أن تقدم الشهادات ذات الصلة. فيما يستبعد البرنامج في الوقت الحالي صراحة وبكل وضوح مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه من إصدار التعويضات/الشهادات، وبالتالي لا يمكنه الترويج لأنواع الوقود منزوعة الكربون الموصوفة في هذا البحث.

### العزل الإلزامي

والمستخلص الذي اقترحه Myles Allen and col- أساسًا لمثل هذا النهج. وفي المقابل فإن أمر استخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه الأكثر تعميمًا يمكن إنشاؤه بناءً على أنواع مختلفة من النتائج (القسم 2.4.2).

يمكن من جانب العرض للدول المنتجة والمصدرة للوقود الأحفوري أن تأمر المنتجين باستخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه أو غيرها من التقنيات للتعويض عن بعض أو جميع الكربون المجدد في الكميات المنتجة أو المصدرة. يلخص مفهوم الجزء الكافي المعزول

#### المربع 6. مفهوم الجزء الكافي المعزول والمستخلص (اتباعًا للأن وآخريين (2019))

اقترح ألن وزملاؤه عند النظر في أرصدة انبعاثات الكربون في الغلاف الجوي (كمية غاز الاحتباس الحراري الذي يمكن تحريره في الغلاف الجوي) في عام 2019م مفهومًا جديدًا ومباشرًا للعزل الإلزامي، وهو ما أسماه "الجزء الكافي المعزول والمستخلص (SAFE)". وتتضمن فكرتهم إلزام جميع منتجي الوقود الأحفوري في العالم بعزل كمية من الكربون مساوية لكمية الكربون الذي يستخرجونها من الغلاف الأرضي. وتتم إعادة حساب الجزء الكافي وفقًا للانبعثات التراكمية بمرور الوقت. ولأن أرصدة انبعاثات الكربون المتبقية في الغلاف الجوي تمتص من خلال انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، فإن الجزء الكافي يصل في النهاية إلى نسبة 100%، مما يعني الحفاظ على التوازن المستدام بعد ذلك بين استخراج الكربون وعزله.

ومن الأفكار المفيدة المستمدة من عمل ألن وزملائه إمكانية تأطير نتيجة صافي الانبعاثات الصفرية بالتساوي باعتبارها مخزونًا للكربون، أو تحد لإدارة الاستخراج مثل مشكلة التحكم في الانبعاثات وعمليات الإزالة أو مشكلة إدارة تدفق الكربون. كما يشير ألن وزملاؤه إلى أن عملية إعادة التأطير يمكن أن تكون أكثر قبولًا من التركيز على خفض انبعاثات الكربون، مع ما يصاحب ذلك من آثار للاستهلاك المحدود للطاقة والتنمية الاقتصادية المقيدة.

استخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه أمرًا ملزمًا من خلال تبني هدف وطني ثابت دون ربطه بالضرورة بتعهد طوعي (القسم 2.4.2).

أما من جانب الطلب، فيمكن لمستوردي الوقود الأحفوري أن يفرضوا أيضًا شرطًا لتعويض نسبة معينة من محتوى الكربون في الوقود المستورد عبر احتجاز الكربون وتخزينه. على سبيل المثال، كانت في هولندا مطالبات بالالتزام باسترجاع الكربون لموردي الوقود الأحفوري، باتباع مبادئ مماثلة لمبدأ الجزء الكافي

إن أكثر الطرق العملية والمنطقية بالنسبة للدول المنتجة للوقود الأحفوري من أجل تفعيل نهج العزل الإلزامي تتمثل في سن قوانين التعهد الطوعي على مستوى البلاد، مثل المساهمة المحددة وطنيًا للتعويض عن كامل انبعاثات النطاق (3) المرتبطة بالإنتاج الوطني للوقود الأحفوري (القسم 2.3.3) أو بجزء منها. إذ تعمل القوانين الشبيهة بهذا القانون الموصوف من الناحية العملية على نقل التعهد الطوعي للحكومة باعتباره التزامًا مفروضًا على منتجي الوقود الأحفوري في البلاد. ويمكن للدولة المنتجة للوقود الأحفوري أن تجعل

ويكمن الخيار البديل في إيجاد نهج مشابه من خلال التنسيقات الثنائية التعاونية بين المصدرين والموردين، ولعل خير مثال على ذلك استراتيجية اليابان الوطنية للهيدروجين وخطتها التعاونية مع أستراليا وبروناي والنرويج والمملكة العربية السعودية (المربع 7).

المعزول والمستخلص للكربون (المربع 6: Kuijper 2019). وتجدر الإشارة إلى أنه يمكن تحقيق مثل هذه الأساليب إما من خلال تبني نهج قياسي للمحفظة منخفضة الكربون أو أمر بذلك كما في حالة سويسرا (المربع 5). وفي كلتا الحالتين، فإن القوانين المطبقة في البرامج الحالية تحتاج إلى تعديل لاستيعاب الوقود منزوع الكربون.

### المربع 7. استراتيجية اليابان للهيدروجين

تعمل اليابان على استكشاف إمكانية تحويل مختلف أنواع الوقود الأحفوري إلى هيدروجين لتصديرها إلى اليابان، بما فيها النفط الخام السعودي والفحم الأسترالي والغاز الطبيعي لكل من بروناي والنرويج. ورغم أن استراتيجية اليابان للهيدروجين يمكنها أن تعمل دون تقنية احتجاز الكربون وتخزينه، ولا تزال تعمل على إزالة الكربون من مزيج طاقتها (يرجى الرجوع إلى المربع 9)، إلا أنه من الواضح أنها تتوقع دوراً رئيساً في استخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه لإزالة الكربون من الدورة الكاملة لإنتاج الهيدروجين (وزارة الاقتصاد، التجارة والصناعة 2017).

توضح مسودة خارطة طريق التعاون بين المملكة العربية السعودية واليابان -على سبيل المثال- الحاجة إلى تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في عملية إزالة الكربون من واردات الهيدروجين (Nagashima 2018)، وبالتالي يتطلب هذا التعاون أن تقوم المملكة العربية السعودية والدول الأخرى باستخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه لعزل جزء الكربون الناتج عن أي عملية تصنيع أو توريد مستقبلية للهيدروجين إلى اليابان.

### آلية التكنولوجيا (الآلية المتعلقة بتكنولوجيا المناخ)

الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة (الرياح والشمس وغير ذلك). يعمل النظام من خلال ربط حقوق إطلاق الانبعاثات بالطاقة المتجددة التي جرى توليدها -على سبيل المثال شهادة الطاقة المتجددة أو شهادة الطاقة المتجددة المرتبطة بكل ميجاواط في الساعة- والتي يمكن تداولها بين منتجي الكهرباء للوفاء بالتزاماتهم بشكل جماعي. ويمكن تنفيذ نظام مشابه لاحتجاز الكربون وتخزينه إما كأداة سياسة من جانب العرض أو من جانب الطلب.

يمكن استخدام آلية خاصة بالتكنولوجيا كأداة اقتصادية قائمة على الكمية لإنشاء حافز مباشر لتعميم استخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في إطار قائم على السوق.

تصمم بشكل عام آليات هذه التكنولوجيا حول معيار للمحفظة مثل معيار الوقود منخفض الكربون، إلا أنها تعتبر خاصة بمجموعة تقنية واحدة. ومن الأمثلة على مثل هذه الآلية معيار محفظة الطاقة المتجددة، إذ يكلف منتجي الكهرباء بتوفير نسبة معينة ومتزايدة من

التخزين على أساس إقليمي من قبل مجموعة من الدول ذات المصالح المشتركة، مثل دول منطقة الخليج. ويمكن بدلاً من ذلك إدخال النظام من خلال نظام عالمي أو متعدد الأطراف باستخدام آليات بموجب المادة (6) من اتفاقية باريس. ولقد قدم باحثو مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) مؤخرًا مقترحًا بذلك (Zakkour and Heidug 2019: المربع 8).

ويمكن في نهج جانب العرض تكليف منتجي النفط بتخزين نسبة متزايدة من الكربون الذي ينتجونه، على غرار مقترح الجزء الكافي من الكربون المعزول والمستخلص (المربع 6)، وإن كان قائمًا على نظام حصص مرن. ويمكن أن تقدم شهادات التخزين التي تمثل الأطنان المؤكدة من ثاني أكسيد الكربون والمخزنة بإحكام أو المعزولة في خزانات جيولوجية لتوفر للمنتجين أساسًا للتجارة يمكنهم من تحقيق أهدافهم. كذلك يمكن إدخال أنظمة مثل نظام تسجيل أرصدة

### المربع 8. تجربة أرصدة التخزين وسياسة جانب العرض بموجب اتفاقية باريس (باتباع زكور وهيدوغ (2019))

اقترحت ورقة بحثية نشرها مركز كابسارك في شهر أبريل 2019 إمكانية طرح آلية لتسجيل أرصدة التخزين لمجموعة من الدول الأطراف المشاركة في اتفاقية باريس، التي تربطها مصالح مشتركة متعلقة بإزالة الكربون من الوقود الأحفوري من خلال استخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه. وتنص المادة (6.1) من اتفاقية باريس على وجود حيز ومجال واسع للأطراف التي تربطها مصالح مشتركة للمشاركة في التعاون الطوعي. كما توفر المادة (6.2) أساسًا لوضع الآليات يمكن أن تتدفق من خلالها الأعمال التعاونية. ولقد اقترحت هذه الورقة البحثية إمكانية قيام مجموعة من الدول المهتمة باحتجاز الكربون وتخزينه بتطوير نظام تسجيل لأرصدة التخزين بموجب المادة (6.2).

يشير البحث إلى أنه بسبب التركيز الحالي لسياسة المناخ على تدابير جانب الطلب والمحاسبة القائمة على تدفق الانبعاثات، ومن الأفضل أن يعمل النظام بمعزل عن الأنظمة الحالية لسياسة المناخ وذلك لتجنب الحساب المزدوج لعمليات خفض الانبعاثات (المربع 9). ويقترح بالتالي تطبيق النهج في البداية من خلال إطار التمويل القائم على النتائج (RBF). وسيتطلب ذلك قيام الدول المتعاونة بتجميع مواردها المالية في صندوق يستخدم لسحب وإلغاء أرصدة التخزين من المشاريع التشغيلية لاحتجاز الكربون وتخزينه. ويمكن أن يكون لذلك فائدة مضافة تتمثل في توفير تمويل تكميلي وإتمامي لسياسات تسعير الكربون من جانب الطلب دون التعرض للخطر المترتب على ازدواج حساب خفض الانبعاثات. وقد تقدم هذه المجموعات الإضافية من التمويل على النحو الموصوف تمويلًا ضروريًا للغاية لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه في مرحلة الاستخدام المبكرة، مما قد يؤدي إلى خفض تكاليف نشر تلك التقنية على المدى الطويل. كما أن ذلك سيعمل على إيجاد إشارة سعرية لمخزني ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي إتاحة الفرص لإبرام الصفقات التجارية لثاني أكسيد الكربون بين باعثيه وناقله ومخزنيه.

ويمكن على المدى المتوسط، مراجعة تجارب التمويل القائم على النتائج والقرارات التي تم اتخاذها بخصوص تحويل نهج التمويل القائم على النتائج إلى أدوات نظامية لخلق الطلب على أرصدة التخزين، ويمكن أن يعتمد هذا استخدام أي مما يلي:



- السياسات والتدابير القائمة على المخزون وجانب العرض، المستندة على الكربون المجدد.
- السياسات والتدابير القائمة على التدفق وجانب الطلب، التي تستند على انبعاثات الكربون (على سبيل المثال أدوات تسعير الكربون).
- وقد يكون هناك خيارًا يسمح باستخدام جميع التدابير الآتية، بناء على طريقة تطبيق الحساب والقياس والإبلاغ والتحقق في المستقبل لتجنب الحساب المزدوج.

بمعيار الوقود منخفض الكربون وما إلى ذلك. ومن ثم ستكون هناك حاجة إلى بعض التفكير المتأن في أنسب مزيج لمناطق تصدير الوقود الأحفوري.

وبمراعاة أوجه التشابه، نجد أن الأقسام التالية تحدد بعض العوامل الاقتصادية والفنية والاستراتيجية التي تتم مراعاتها عند تصميم السياسة المرتبطة بتجاوز خفض انبعاثات البلاد أو الشركة (انبعاثات النطاقين 1 و 2) وصولاً إلى التوسع في خفض انبعاثات العملاء التي تحدث خارج نطاق سيطرة مورد الوقود (أي انبعاثات النطاق 3) بموجب إطار المسؤولية الممتد للمنتج.

### العوامل الاستراتيجية

يمثل العمل المناخي بالنسبة للدول المصدرة للنفط الخام خيارات استراتيجية للحفاظ على قيمة ثروات الموارد الإقليمية وعائدات الصادرات ووصول المنتجات إلى السوق. وبافتراض الرغبة في الحفاظ على المستويات الحالية للإنتاج بغض النظر عن نقطة الاستخدام النهائي، يمكن تصور نتيجتين محتملتين في ظل سيناريوهات العمل المناخي الشامل والمستدام على مستوى العالم. وسيطلب من مصدري الوقود الأحفوري في المستقبل القريب أحد أمرين:

يمكن أن يقدم مقترح (Zakkour and Heidug) استراتيجية متماسكة لدعم استخدام منتجي الوقود الأحفوري لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه على المدى القريب. ويتمثل العامل الرئيس في هذه المرحلة فيما إذا كانت القوانين التي لم يتم الاتفاق عليها بعد بشأن المادة (6) من اتفاقية باريس ستترك مجالاً كافياً لنظام تسجيل أرصدة التخزين ليتم تطويره في المستقبل. ومن المتوقع أن تصبح قوانين المادة (6) مكتملة في مؤتمر الأمم المتحدة المؤجل لتغير المناخ 2020م (مؤتمر الأطراف 26) والمزمع عقده في المملكة المتحدة في أواخر عام 2021م.

### تصميم جوانب سياسة المناخ من جانب العرض

أوضح القسم السابق كيفية استخدام النهج المختلفة لسياسة المناخ من جانب العرض لتعزيز وتعميم استخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه والوقود الأحفوري منزوع الكربون. وتجدد الإشارة إلى أن الخيارات المقترحة ليست كلها حصرية أو خاصة، كما لوحظ عند وصف العلاقة المحتملة أعلاه بين التعهد الطوعي للبلاد والتكليف الإقليمي أو المحلي للمشغلين. وفي الواقع يمكن دمج ومطابقة معظم السياسات التي تم وصفها سابقاً، كما يمكن ربط ضريبة الكربون من فوهة البئر بأمر وتكليف بالتخزين لتوفير رأس مال منفصل بهدف إعادة تدويره للمشغلين ليستثمر في احتجاز الكربون وتخزينه، ويمكن كذلك ربط نهج تسجيل أرصدة التخزين

من مختلف أنواع المنتجات. وهناك حاجة إلى الفهم العميق لكامل تأثيرات جوانب التخصيص والمحاسبة الدقيقة للمساهمة في إثراء الاستراتيجيات والخيارات بشكل كامل.

### العوامل التقنية

تحتاج الدول والشركات عند تحديد تعهد للتعويض إلى التفكير المتأني في الجزء الذي سيتم تعويضه من إجمالي الكربون المجدد في منتجاتهم. ويمكن -كما ذكرنا سابقاً- تمييز الوقود منخفض الكربون عن الوقود منزوع الكربون على أساس التعويض عن جزء أو كامل محتواه الكربوني (المربع 2). تقصر شركتي شل وإكوينور على سبيل المثال تعهداتهما على نسبة تتراوح ما بين 50%-65% من كثافة الطاقة لكامل منتجات الوقود الخاصة بهما (الجدول 2).

يمكن لاستخدام النهج الخاص بالدولة أو القطاع أن يؤدي إلى الحد من مستوى التعويض أو العزل المطلوب في المرحلة المبكرة من التجربة، ويدل ذلك على أنه يجب تعويض نسبة فقط من الإنتاج أو التوريد بدلاً من المحافظة بأكملها. فعلى سبيل المثال، قامت شركة شل حتى الآن بقصر أنشطتها التعويضية على السائقين في هولندا والمملكة المتحدة مع وجود خطط لتعميم ذلك على نطاق واسع مستقبلاً (الجدول 2). ويمكن بدلاً من ذلك أن تركز الخطط الخاصة بالقطاع مثلاً على توريد وقود الطائرات، وربما بالتعاون مع برنامج تعويض الكربون والحد منه في الطيران الدولي لمنظمة الطيران المدني الدولي (إيكاو).

يمكن كذلك وضع هدف عزل إلزامي بطرق لا ترتبط مباشرة بالكربون المنتج. على سبيل المثال، إنشاء مشروع كبير أو إضافي لاحتجاز الكربون وتخزينه، أو إنشاء صندوق ثابت مخصص لمشاريع احتجاز الكربون وتخزينه، أو تحديد هدف لتخزين كميات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون في فترة زمنية ثابتة. ورغم ذلك، فقد لا تتوافق هذه النهج بالضرورة مع التعهدات أو السياسات

إيجاد كميات من ثاني أكسيد الكربون ليتم عزلها بهدف إزالة الكربون من إمدادات النفط الخام والحفاظ على القدرة على الوصول إلى الأسواق.

إضافة قيم محلية أكبر لموارد الوقود الأحفوري للتعويض عن انخفاض الطلب العالمي، واستخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه لتصنيع منتجات منزوعة الكربون وكثيفة الاستخدام للطاقة بهدف تصديرها (على سبيل المثال البتروكيماويات والصلب والأسمنت وغير ذلك).

وبمراعاة الطموحات قصيرة الأجل لمنتجات النفط الخام للحفاظ على وصول الصادرات إلى الأسواق، فضلاً عن الطموحات الإقليمية الأطول أجلاً لتنمية الأنشطة الاقتصادية التي تتمتع بقيمة مضافة أكبر، يجب على خيارات السياسة على المدى القريب أن تقدم قيمة الآن ومستقبلاً. ويشير هذا إلى التركيز قصير المدى على النظر في نهج سياسة من جانب العرض والمرونة الأطول أجلاً لتوفير مسارات مماثلة للمنتجات المكثفة للطاقة منزوعة الكربون في مرحلة ما مستقبلاً، بالتزامن مع تغير الظروف الاقتصادية والأولويات.

وبغض النظر عن اختيار أداة السياسة أو مجموعات منها، فإنه من المرجح أن تظل الكمية الفعلية لاحتجاز الكربون وتخزينه المطلوبة بموجب كلا السيناريوهين متسقة مع الوقت وعلى نطاق واسع؛ لأن كمية الكربون في الوقود المنتج ستظل ثابتة على نطاق واسع. ومن ثم فإن أطنان انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المحتجزة، المتجنبة أو المخزنة وتكاليفها المصاحبة ستكون في النهاية متشابهة في أي سيناريو من سيناريوهات السياسة: إما ستكون هناك حاجة إلى احتجاز الكربون وتخزينه للتعويض عن انبعاثات النطاق (3) من صادرات الوقود، أو الحاجة إلى احتجاز الكربون وتخزينه لخفض انبعاثات النطاق (1) من الأنشطة المحلية ذات القيمة المضافة. وبالتالي تصبح هذه النقطة في سلسلة القيمة، إذ إن قيمة الانخفاض- إما من جانب العرض أو الطلب- هي التي تحدث فرقاً في كيفية إزالة الكربون

### الضروط المفروضة (الضرطية)

يمكن بمراعاة العوامل الاقتصادية الموصوفة سابقاً الحد من الآثار المترتبة عن طريق إدخال الضروط المفروضة في أي تعهد أو سياسة استباقية من جانب العرض. ولذلك يمكن أن يستند التعهد أو السياسة إلى عوامل أخرى، مثل:

ربط التعهد بالتعويض بمستوى الإجراءات التي يتخذها المنتجون والموردون الآخريين.

ربط التعهد بالوصول المستمر غير المقيد إلى الأسواق (على سبيل المثال الحد من إجراءات جانب الطلب).

ربط مستوى إزالة الكربون أو التعويض بأرصدة انبعاثات الكربون المتبقية الموجودة في الغلاف الجوي أو المعدل المسجل لزيادة درجات الحرارة، مع مراعاة الأهداف طويلة الأجل لاتفاقية باريس (يرجى الرجوع إلى مفهوم الكربون- الجزء الكافي المعزول والمستخلص في المربع 6).

فيما يتعلق بالنقطة الأخيرة، يمكن أن يؤدي ربط التعهد الطوعي بأهداف اتفاقية باريس إلى مواءمة استراتيجيات الشركة مع متطلبات مجموعات المساهمين مثل مجموعة CA100+، وتقريب الشركات لتتماشى مع مبادرة الهدف القائم على العلم. كما يمكن تنسيق العمل على مستوى القطاعات، على سبيل المثال من خلال مبادرة مناخ النفط والغاز (OGCI).

التي تتضمن أهداف اتفاقية باريس للتخفيف من آثار تغير المناخ على المدى الطويل.

### العوامل الاقتصادية

تعتبر العوامل الاقتصادية من الاعتبارات الهامة في تصميم أي سياسة جانب عرض، لا سيما تلك التي وضعها المنتجون والمصدرون. على سبيل المثال، ينبغي مراعاة ما يلي في أي ضريبة إنتاج أو تصدير:

■ مستوى الضريبة الذي يمكن تطبيقه.

■ القدرة على تمرير التكاليف إلى المستوردين.

■ رغبة الحكومة المصدرة للوقود الأحفوري وقدرتها على رهن الإيرادات.

■ تصميم برامج يمكن من خلالها إعادة تدوير الإيرادات (طريقة الصرف والتقنيات والأنشطة المؤهلة وغير ذلك).

إن المراجعة المفصلة لهذه المسائل تتجاوز حدود هذا البحث ولكن لابد من التطرق لها، وسيتعين العمل عليها على أساس كل حالة على أفراد، مع مراعاة الظروف والأولويات المحلية.

يمثل نقل التكاليف وتميرها تحدياً خاصاً في ظل غياب التطبيق العالمي لسياسات جانب العرض في القطاع برتمته. ومن المحتمل أن تتأثر رغبة مستوردي الوقود الأحفوري في دفع علاوة للوقود منزوع الكربون تأثيراً كبيراً بقوانين المحاسبة المطبقة على مثل هذه المنتجات، إذ إن من شأن ذلك تحديد الطريقة التي يتم من خلالها تسجيل الانبعاثات الناتجة عن استخدامها (المربع 9)، وهناك حاجة إلى المزيد من التطورات السياسية لدعم النهج بالكامل، كما نوقش بمزيد من التفصيل فيما يلي.

# الفرص والتحديات لسياسة الوقود الأحفوري منزوع الكربون

”قد لا يكون تسعير الكربون بحد ذاته كافياً لإحداث تغيير بالسرعة والنطاق المطلوب لتحقيق هدف اتفاقية باريس، وقد يستلزم إكماله بسياسات أخرى جيدة التصميم تعالج العديد من إخفاقات الحكومة والسوق فضلاً عن العيوب الأخرى“  
(Carbon Pricing Leadership Coalition 2017, 3)

وبالمثل، تشير الوكالة الدولية للطاقة إلى:

”من غير المرجح أن يستمر الزخم الحالي في استخدام مشروع (احتجاز الكربون وتخزينه) من دون وجود دعم هادف له، مع احتمال توقف التقدم بحلول عام 2020م، وهذا سيؤدي بدوره إلى منع توفر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه للمساهمة في تحقيق الأهداف المناخية المتوسطة والطويلة الأجل“ (IEA 2016, 46)

وهناك إجماع واسع عمومًا على أن سلسلة أدوات السياسة المتفاعلة غالبًا ما تكون مطلوبة لتصحيح إخفاقات السوق وتشجيع نشر استخدام تقنيات مثل تقنية احتجاز الكربون وتخزينه (Krahe et al. 2013)؛ لأن اختيار الأداة غالبًا ما يكون خاصًا بالسلطة القضائية.

كما نجد أن ضريبة ثاني أكسيد الكربون النرويجية -وهي خطة تسعير الكربون القطاعية شديدة التركيز المطبقة على صناعة النفط والغاز البحرية في النرويج - قد قدمت حتى الآن إشارة أسعار انبعاثات عالية ومستقرة بدرجة كافية لتعزيز نشر مشروعين مقيدتين لاحتجاز الكربون وتخزينه من قبل إيكوينور (Equinor)، وهما سليبندر (Sleipner) وسنوفيت (Snøhvit). ويدل النطاق الضيق للضريبة على أنها تعمل كسياسية مناخية من جانب العرض. وبالمثل، تم تعديل سياسات تسعير الكربون في ألبرتا بكندا لتقديم أرصدة انبعاثات كربون مزدوجة جنبًا إلى جنب مع المنح الحكومية لدعم

يرى (Lazarus and van Asselt 2018) أن السياسات من جانب العرض توفر إمكانية توسيع منحنى تكلفة التخفيف من خلال السماح بعمليات خفض كبرى للانبعاثات بنفس التكلفة أو أقل منها مقارنة بسياسات من جانب الطلب. وتشير وجهة النظر هذه إلى أن التحدي الرئيس الذي يواجه واضعي السياسات يتمثل ببساطة في الحجم أو التغطية وليس مستوى سعر الكربون نفسه. وإننا نتفق مع ميول لازاروس وزملائه بقدر ما يمكن لسياسات جانب العرض التكميلية أن تزيد من عدد الأطراف الفاعلة المساهمة- بدلاً من الاستجابة فقط- لخطط سياسة المناخ (أي منتجي الوقود الأحفوري). ومع ذلك فإننا نعتبر أن سياسات جانب العرض التقدمية توفر وسيلة لدمج سياسات التخفيف للاستفادة من التمويل التكميلي للمناخ، بدلاً من الاكتفاء باستخدام تدابير من جانب الطلب.

يتمثل أحد أوجه القصور المعروفة لسياسات تسعير الكربون في قدرتها المحدودة على تعزيز وتعميم التقنيات الناشئة والمنخفضة الكربون والقريبة من السوق مثل تقنية احتجاز الكربون وتخزينه واستخدامها. إلا أن هذه التقنيات الجديدة ستكون لها مخاطر استخدام في المراحل المبكرة، وتكاليف تتجاوز التعويضات المعروضة والمقدمة من خلال تسعير الانبعاثات، حتى وإن كانت أساسية لتحقيق أهداف تخفيف آثار تغير المناخ على المدى الطويل. ولا تظهر هذه المزايا المستقبلية على المدى الطويل في سياسات تسعير الكربون التي تميل إلى الوضوح بسعر يعادل تكاليف خفض الهامشية على المدى القصير. ويشير تحالف قيادة تسعير الكربون -مجموعة متعددة القطاعات تشجع على زيادة سياسات تسعير الكربون حول العالم- إلى هذا القيد عندما تصرح بما يلي:

واحدة من الأنشطة تبدأ من الاحتجاز والنقل ومن ثم التخزين، مع كامل القيمة التي تنشأ في نقطة الالتقاط. ويجب بعد ذلك نقل سعر انبعاثات الكربون إلى أسفل سلسلة احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه من جهة الالتقاط بهدف تعويض ناقلي ومخزني ثاني أكسيد الكربون. وقد أدى ذلك إلى إعاقة تطوير نماذج الأعمال الخاصة باحتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه خارج الأوضاع المقيدة والاستخراج المعزز للنفط. ولا شك أن إدخال أنواع جديدة من الأدوات التي تقدر التخزين بشكل مستقل عن احتجاز ثاني أكسيد الكربون تتيح الفرص الملائمة لإنشاء نماذج أعمال لا تقتصر على بنية المشروع الخطية أحادية السلسلة فحسب، وإنما يمكن بدلاً من ذلك تحفيز مخزني ثاني أكسيد الكربون لإيجاد فرص عزل مرتبطة بمجموعة من محركات السياسة المستقلة عن تلك المطبقة على مصادر الانبعاثات. ويشير هذا إلى إمكانيات تحريك نموذج أعمال احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه في اتجاهات جديدة، جنباً إلى جنب مع الهياكل التي تعزز كفاءة الاستخدام، وتوسيع نطاق الطموح في نهاية المطاف.

لا شك أن إنشاء سوق تدعم الصفقات التجارية الخاصة بثاني أكسيد الكربون بصورته المادية بين المحتجزين والناقلين والمخزنين ستكون أيضاً مفتاحاً لإطلاق إمكانات احتجاز الكربون وتخزينه دون الحاجة إلى تدخل حكومي مفرط. بالإضافة إلى ذلك، ستعزز آفاق تقنيات إزالة ثاني أكسيد الكربون -مثل الالتقاط المباشر للهواء- من خلال سياسات جانب العرض التي تضع حوافزاً لاتخاذ إجراءات مستقلة عن مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويمكن التغلب على مشكلات التوزيع المرتبطة بسعة التخزين باستخدام تقنية الالتقاط المباشر للهواء في مناطق تصدير النفط الخام باعتبارها وسيلة لتعويض انبعاثات النطاق (3) من الوقود الذي يتم توريده إلى المناطق المقيدة في سعة التخزين الجيولوجية المتوفرة لها. ومن الواضح أن واضعي السياسات في كاليفورنيا يفكرون في هذه الخطة، إذ يمكن استخدام تقنية الالتقاط المباشر

تطوير مشروع (Shell Quest) المقيد. غير أن برنامج الاتحاد الأوروبي لتجارة انبعاثات الغازات الدفيئة -والذي يطبق فقط على باعثي ثاني أكسيد الكربون- أخفق حتى الآن وبعد مضي 15 عاماً من العمل في تقديم أي مشاريع لاحتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون.

برهن نشر مشاريع احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون المتكاملة التي تتضمن كيانات متعددة عبر سلسلة الاحتجاز والنقل والتخزين إلى حد كبير أنها مستحيلة، باستثناء الحالات التي يوجد فيها حافز لمخزني ثاني أكسيد الكربون، كما هو الحال مع مشاريع الاستخراج المعزز للنفط -ثاني أكسيد الكربون (EOR) في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا. بينما تشير الدلائل إلى أنه على الرغم من أن جميع مكونات سلسلة احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه تعد مكتملة من الناحية التقنية، إلا أن نماذج الأعمال ونهج السياسات للسلسلة ليست كذلك.

قدمت على مدى السنوات العشر الماضية الابتكارات غير العادية في الطاقات المتجددة وخفض تكاليفها من خلال مجموعة من تدابير الدعم التكنولوجي الواضحة من جانب العرض في قطاع الكهرباء (على سبيل المثال، التعريفات والالتزامات التفضيلية)، والتي غالباً ما تقترن بإشارات الأسعار الضمنية لتسعير الكربون في بعض الولايات القضائية. وتشير هذه التجارب إلى أن تدابير سياسة جانب العرض في قطاع توريد الوقود الأحفوري، إلى جانب سياسات جانب الطلب بشأن مصادر الانبعاثات، يمكن أن توفر طريقة لتوسيع تعميم الاستخدام وخفض التكاليف من خلال تأثيرات التعلم التكنولوجي، وأخيراً دعم عملية نشر تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه على نطاق واسع وعلى المدى الطويل لتعميق الطموح المناخي العالمي.

يعزز تحديد قيمة لعزل الكربون إلى جانب تسعير انبعاثات الكربون مرونة تطوير واستخدام تقنية احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه. إذ عادة ما ينظر إلى احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه على أنه سلسلة



وفقًا لمستوى الانبعاثات وعمليات الإزالة التي تحدث داخل إقليم كل بلد. فيما لا يتم تطبيق حساب الغازات الدفيئة القائم على المخزون أو الاستخراج إلا في قطاعي الغابات واستخدام الأراضي. وكما أشار (Piggot et al. 2018) فإن النظام الحالي يكافئ الإجراءات المتخذة محليًا، لكنه غير قادر على التعرف على الإجراءات التي تقلل الانبعاثات خارج الحدود الوطنية، باستثناء الطاقة الحيوية. ولهذا تداعيات على الطريقة التي يتم من خلالها احتساب الوقود الخالي من الكربون ومكافأته ضمن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (المربع 9).

للحواء في أي مكان في العالم لتعويض الانبعاثات الناتجة عن نقل الوقود من البئر إلى المركبة، والذي يتم بيعه في الولاية (الإطار 4).

على الرغم من المزايا الموصوفة آنفًا، إلا أن قواعد المحاسبة تشكل تحديًا لنهج سياسة المناخ من جانب العرض. إذ يعني تغلغل سياسة الطلب أن قواعد القياس والإبلاغ والتحقق المصاحبة وقواعد حساب الغازات الدفيئة تستند أيضًا إلى قياس تدفقات الانبعاثات. ويتم تجميع المخزونات الوطنية للغازات الدفيئة المقدمة من الدول الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ واتفاقية باريس على أساس سنوي،

### المربع 9. حساب الغازات الدفيئة والقياس والتحقق والإبلاغ عن الوقود منزوع الكربون/ الخالي من الكربون

عندما يتم توفير وقود خال من الكربون لمستخدم، فإن الانبعاثات الناتجة عن احتراقه قد تكون أو لا تكون "صفرية" بناء على قواعد المحاسبة والقياس والإبلاغ والتحقق المعمول بها للغازات الدفيئة (أي المسجلة أو غير مسجلة كانبعاث في مخزون انبعاثات الغازات الدفيئة ذات الصلة).

أما في حالة الهيدروجين، فلا ينتج عن احتراقه انبعاثات لثاني أكسيد الكربون، وبالتالي فإن نشاط الدولة أو المنظمة أو القطاع أو المشروع الذي يستخدم الهيدروجين قد لا يسجل أي انبعاثات في مخزون انبعاثات الغازات الدفيئة ذات الصلة. ومع ذلك فإنه ما لم يتم عزل جزء الكربون المنفصل جيولوجيًا عند المصدر، فلن يكون هناك خفض لاصافي الانبعاثات العالمية. أما فيما يتعلق بالحالات التي تكون فيها حركة الهيدروجين عبر الحدود، فتسمح قواعد محاسبة نظام المناخ العالمي لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (IPCC 2006) للدولة المستوردة بالاستفادة على حساب الدولة المنتجة أو المصدرة. وسيكون المستورد قادرًا على جعل الانبعاثات صفرية بينما سيطلب من المنتج الإبلاغ عن الانبعاثات الناتجة عن الإنتاج في مخزونه الوطني للغازات الدفيئة. وعلى هذا النحو، ستكون الدولة المستوردة قد قامت ببساطة بتحويل انبعاثات الوقود الأحفوري التي تقع خارج نطاق سلطتها القضائية وحدود الإبلاغ. وقد تكون هناك حاجة إلى نظام لوضع علامات على جزء ثاني أكسيد الكربون وتتبعه، مثل أرصدة التخزين، من أجل تسمية الهيدروجين فعليًا بالوقود منزوع الكربون أو الوقود الخالي من الكربون.

يعتمد التصنيف الصفري لانبعاثات المنتج في حالة الوقود منزوع الكربون فعليًا على بعض العوامل، منها:

أولاً: يعتمد التنفيذ على إنشاء نظام يمكن استخدامه من أجل "وضع علامة" منتج وقود منزوع الكربون، بناءً على تسجيل رواسب الكربون في الغلاف الأرضي- أو المحيط الحيوي- والتحقق منها. على سبيل المثال: نظام تسجيل أرصدة التخزين (كما هو موضح في المربع 8).

ثانيًا: بغض النظر عن تطبيقه من عدمه، يجب عدم احتساب تأثير خفض الانبعاثات مرتين؛ إذ يمكن أن يحدث الحساب المزدوج عندما يتم تقييد واستخدام ثاني أكسيد الكربون المخزن لإنشاء وقود منزوع الكربون فعليًا، ويتم احتساب تأثير خفض الانبعاثات الناتجة عن احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون نفسه على أنه خفض للانبعاثات، أو تجنب الانبعاثات من قبل الكيان أو الدولة التي تحدث فيها أنشطة احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه. إن حساب التأثير والمطالبة به مرتين يضر بالسلامة البيئية لأي من تدابير جانب العرض أو الطلب أو كليهما.

حسابات الكربون الموازية أو "الخفية" القائمة على الاستخراج -إلى جانب الحسابات القائمة على الانبعاثات- كوسيلة لدعم التبني المبكر لأطر سياسات المناخ من جانب العرض.

تتمثل النتيجة الأساسية لهذه الترتيبات في أن منهجيات جانب العرض ستحتاج بلا شك إلى بعض الوقت لتكتمل من أجل بناء الثقة، وتوفير اليقين بشأن كيفية تجنب الحساب المزدوج. وكما هو مقترح في بحثنا السابق (Zakkour and Heidug 2019)، فإن الهيكل التصاعدي لاتفاقية باريس يوفر بعض الحرية للتحرك نحو سياسة المناخ من جانب العرض بشكل متواز مع تدابير جانب الطلب. فيما يمكن للمرحلة التجريبية التي تمزج بين كلا النهجين أن توفر فوائد على المدى القريب لتعزيز خطة العمل المناخي، مع توفير فرص لاكتساب الخبرة وتحديد وسائل التوسع (المربيع المستقبلية 8).

تدل قواعد المحاسبة الحالية للانبعاثات وقواعد القياس والإبلاغ والتحقق على أن هيكل سياسة المناخ العالمي غير مهيا بشكل كامل لاعتماد الدول لإجراءات العمل من جانب العرض. وسيساعد استخدام أنظمة المحاسبة القائمة على المخزون أو الاستخراج أو الإنتاج في معالجة هذه الفجوة من خلال ضمان إمكانية تعرف المنتجين على الخطط وفقًا لذلك، على غرار القواعد الحالية للطاقة الحيوية (المربيع 10). فيما تستند المفاهيم مثل مفهوم الجزء الكافي المعزول والمستخلص (المربيع 6) وحساب أرصدة التخزين (المربيع 8) على مدى تطور الحسابات القائمة على مخزون الكربون التي يمكنها مراقبة ومكافأة الخطط المناخية المتعلقة بإدارة الكربون في الغلاف الأرضي، على المدى الطويل على أقل تقدير. أما على المدى القريب، فلا يزال الحساب المزدوج يمثل تحديًا. وإدراكًا للحاجة إلى معالجة هذا القيد، اقترح Piggot et al. (2018) إمكانية إنشاء

### المربع 10. المحاسبة القائمة على المخزون والانبعثات الصفيرية الناتجة عن استخدام الوقود

تعتبر المبادئ التوجيهية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ وتطبيقها على موارد الطاقة الحيوية -على سبيل المثال الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2006م- نظيرًا مفيدًا لتأطير مسائل المحاسبة القائمة على المخزون و جانب العرض (المبادئ التوجيهية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ صادرة للاستخدام من قبل الدول الأطراف المشاركة في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ عند تجميع المخزونات الوطنية للغازات الدفيئة الخاصة بها على النحو المبلى عنه في نص الاتفاقية). بينما تطبق المبادئ التوجيهية للهيئة نهج محاسبة مخزون الكربون على حسابات استخدام الأراضي وتغيير استخدام الأراضي والحراجة، مما يعني أن التغييرات في مخزونات الكربون في الأراضي بسبب الحصاد ونمو الكتلة الحيوية يتم قياسها على التوالي إما كصافي انبعثات من المصدر أو صافي إزالة من البالوعة. ونتيجة لذلك يتم الإبلاغ عن حساب استخدام الأراضي وتغيير استخدام الأراضي والحراجة لبلد ما كمصدر للانبعثات أو بالوعة اعتمادًا على التوازن ما بين النشاطين. ويعني هذا الترتيب أن حساب استخدام الأراضي وتغيير استخدام الأراضي والحراجة يجب أن يفترض التأكسد الفوري للكتلة الحيوية لتصبح ثاني أكسيد الكربون عند الحصاد (أي انبعثات)، والاحتفاظ بمنتجات الأخشاب المقطوعة جانبًا، وبالتالي يجب أن تكون انبعثات ثاني أكسيد الكربون النهائية الناتجة عن احتراق الوقود الحيوي المنتج صفيرية في حساب قطاع الطاقة لتجنب ازدواجية الحساب.

سيكون من الضروري اتباع نهج مماثل لدمج سياسات جانب العرض بشكل كامل لتشجيع الوقود الخالي من الكربون على النحو الذي تم وصفه في هذا البحث، ويعني هذا أن التغييرات في صافي مخزون الكربون الموجود في الغلاف الأرضي والناتجة عن أنشطة الاستخراج (الإنتاج) والترسيب (العزل) يتم قياسها وتنظيمها، مما يسمح للانبعثات الناتجة عن استخدام الوقود المنتج بأن تكون صفيرية.



إن العدد الضئيل لسياسات جانب العرض التي تطبقها مناطق استيراد النفط الخام في الوقت الحالي، مثل معيار الوقود منخفض الكربون والقانون السويسري لثاني أكسيد الكربون لا تتضمن أحكامًا لتحفيز الوقود منزوع الكربون كما هو موضح في هذا البحث، باستثناء الالتقاط المباشر للهواء في كاليفورنيا، مما يبدو فرصة ضائعة للتشجيع على الوصول إلى طموح عمل مناخي أعمق. ويمكن أن تساعد الجهود الإضافية الرامية إلى زيادة الوعي بإمكانيات الوقود الخالي من الكربون في تشجيع إدخال سياسات مناخية أكثر تقدمًا من جانب العرض ضمن هذه الأطر.

توجد فرصة سانحة مع استمرار التفاوض بشأن الأحكام الهامة للمادة (6) من اتفاقية باريس، يمكن من خلالها فتح وإقامة نقاش أوسع حول أطر سياسات المناخ التقدمية من جانب العرض التي تشمل الوقود الأحفوري منزوع الكربون باستخدام تقنية احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه. كما يمكن أن تكون خطة العمل حول مواءمة المصالح بين الدول المنتجة للنفط وشركات النفط الدولية والوطنية الرئيسية، مثل أعضاء مبادرة مناخ النفط والغاز. ويمكن أن يقدم إنشاء آلية للشهادات الدولية القابلة للتداول من أجل احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه على أساس تخزين الكربون حافزًا لتحريك العمل في هذا الصدد. فيما سيكون البديل متمثلًا في استمرار التركيز على خطط وإجراءات جانب العرض التي تشكك بنحو متنام في شرعية الوقود الأحفوري في عالم مأزوم بالكربون.

وبحسب ما أشير إليه في هذا البحث، فإن العديد من المفاهيم الخاصة بسياسة جانب العرض والوقود الأحفوري الخالي من الكربون التي تمت مناقشتها تحتاج إلى منحها مزيدًا من الوقت لتكتمل. ويقدم هذا البحث بعض اللبنيات والمكونات الأساسية التي يمكن من خلالها مواصلة دراسة الخيارات والتحديات.

تواجه الشركات المنتجة للنفط -لا سيما في الدول المنتجة للنفط- خطر تقلص الحصة السوقية لمنتجاتها، إذ تطبق الدول المستهلكة للنفط بشكل متزايد قيودًا على الكربون. وتعتبر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه من التقنيات التي يمكنها التخفيف من هذا الخطر المائل من خلال السماح باستمرار استخدام الوقود الأحفوري في بعض التطبيقات الأساسية مع تقليل الانبعاثات المرتبطة بها بدرجة كبيرة.

يعتمد النشر الواسع النطاق لاستخدام تقنية احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه على إطار عمل سياسي يتيح ويدعم تطوير نماذج الأعمال لاستخدامها في عالم يحد الكربون من إمكاناته. في حين يمكن لأدوات سياسة المناخ على جانبي العرض والطلب أن تشجع على نشر استخدام تقنية احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، إلا أن الأخيرة تقدم خيارًا أكثر جاذبية للدول المصدرة للوقود الأحفوري على المدى القريب بسبب فوائدها المشتركة الكبيرة، مثل:

دعم طموحاتها في تنوع اقتصاداتها وإزالة الكربون منها.

المرونة المتزايدة في تخصيص خفض الانبعاثات من احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزين النفط منزوع الكربون أو المنتجات ذات القيمة المضافة، التي يمكنها العمل على تحسين قيمة احتجاز الكربون وتخزينه، وتعتبر هذه المرونة ضرورية لاستيعاب الطبيعة المتغيرة لهذه الاقتصادات.

إمكانية خلق أنشطة صناعية جديدة ومصادر جديدة للإيرادات مدفوعة بالعمل المناخي.

Allen, Myles R., David J. Frame, and Charles F. Mason. 2009. "The case for mandatory sequestration?" *Nature Geoscience* 2: 813-814. <https://doi.org/10.1038/ngeo709>

Bank Track. 2020. Accessed July 2019. [www.banktrack.org](http://www.banktrack.org)

BP. 2020. "BP sets ambition for net zero by 2050, fundamentally changing organisation to deliver." Press Release, February 12. <https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/press-releases/bernard-looney-announces-new-ambition-for-bp.html>

Carbon Pricing Leadership Coalition. 2017. "Report of the High-Level Commission on Carbon Prices." Supported by the World Bank, ADEME and the Ministry of Environment, France. May.

Davis, Steven J., Nathan S. Lewis, Matthew Shaner, Sonia Aggarwal, Doug Arent, Inês L. Azevedo, Sally M. Benson, Thomas Bradley, Jack Brouwer, Yet-Ming Chiang, Christopher T. M. Clack, Armond Cohen, Stephen Doig, Jae Edmonds, Paul Fennell, Christopher B. Field, Bryan Hannegan, Bri-Mathias Hodge, Martin I. Hoffert, Eric Ingersoll, Paulina Jaramillo, Klaus S. Lackner, Katharine J. Mach, Michael Mastrandrea, Joan Ogden, Per F. Peterson, Daniel L. Sanchez, Daniel Sperling, Joseph Stagner, Jessika E. Trancik, Chi-Jen Yang, and Ken Caldeira. 2018. "Net-zero emissions energy systems" *Science* 360: 6396. <https://doi.org/10.1126/science.aas9793>

Follow This. 2019. "Climate Resolutions for BP and Equinor in 2019." Accessed July 2019. <https://follow-this.org/resolution/2019/>

Fæhn, Taran, Cathrine Hagem, Lars Lindholt, Ståle Mæland, and Knut Einar Rosendahl. 2017. "Climate Policies in a Fossil Producing Country: Demand versus Supply Side Policies". *The Energy Journal* 38:77-102. <https://doi.org/10.5547/01956574.38.1.tfae>

International Energy Agency (IEA). 2016. "20 years of carbon capture and storage: Accelerating future deployment."

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme [H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds).] IGES, Japan.

Krahé, Max, Wolfgang Heidug, John Ward, and Robin Smale. 2013. "From demonstration to deployment: An economic analysis of support policies for carbon capture and storage." *Energy Policy* 60: 753-763. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.019>

Kuijper, Margriet. 2019. "Carbon Take Back Obligation." Presentation to CCUS developments in the North Sea region workshop, 26 June 2019, CO<sub>2</sub> Capture Transport and Storage in The Netherlands (CATO).

Lazarus, Michael, and Harro van Asselt. 2018. "Fossil fuel supply and climate policy: exploring the road less taken." *Climatic Change* 150: 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2266-3>

Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). 2017. Ministerial Council on Renewable Energy, Hydrogen and Related Issues: Basic Hydrogen Strategy. Tokyo: Japan. December 26, 2017.

Mooney, Attracta, Andrew Ward, and Leslie Hook. 2018. "Oil and gas groups urged to step up climate change efforts". *Financial Times*, May 18.

Nagashima, Monica. 2017. "Japan's Hydrogen Strategy and its Economic and Geopolitical Implications." *Études de l'Ifri*, Ifri, October.

Peszko, Grzegorz, Dominique van der Mensbrugge, and Alexander Golub. 2020. "Diversification and Cooperation Strategies in a Decarbonizing World." Policy Research Working Paper; No. 9315. World Bank, Washington, DC. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34056> License: CC BY 3.0 IGO

Piggot, Georgia, Peter Erickson, Harro van Asselt, and Michael Lazarus. 2018. "Swimming upstream: Addressing fossil fuel supply under the UNFCCC". *Climate Policy* 18(9): 1189-1202. doi: [10.1080/14693062.2018.1494535](https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1494535)

Rosemberg, Anabella. 2017. "Strengthening just transition policies in international climate governance." The Stanley Foundation. <https://www.stanleyfoundation.org/publications/pab/RosembergPABStrengtheningJustTransition417.pdf>

Somanathan, E., T. Sterner, T. Sugiyama, D. Chimanikiro, N. K. Dubash, et al. 2014. *National and sub-national policies and institutions*. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, E., S. Kadner, et al. (eds.). Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>.

Van Asselt, Harro, and Kati Kulovesi. 2017. "Seizing the opportunity: Tackling fossil fuel subsidies under the UNFCCC". *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 17(3): 357–370. <https://doi.org/10.1007/s10784-017-9357-x>

Zakkour, Paul, and Wolfgang Heidug. 2019. "A Mechanism for CCS in the Post-Paris Era: Piloting Results-Based Finance and Supply Side Policy Under Article 6." KAPSARC Discussion Paper, April. <https://doi.org/10.30573/KS--2019-DP52>



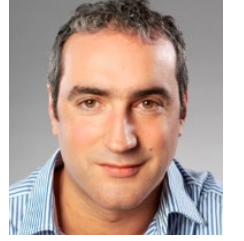




## نبذة تعريفية عن المؤلفين

### باول زكور

مدير كاربون كاونتس للاستشارات، وباحث زائر في مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك)، تمتد خبرته لأكثر من 17 عامًا في مجال سياسات التغيير المناخي واقتصاداته ولوائحه. ويتمتع بخبرة واسعة في مجال احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه جيولوجيًا. وقد قدم العديد من التوصيات بشأن تصميم اللوائح الأوروبية في الفترة ما بين 2007 و2008م، وقوانين احتجاز الكربون وتخزينه لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ لوضع آلية نظيفة للتنمية في عامي 2010 و2011م، من بين غيرها من الخبرات. وهو حاصل على درجة الدكتوراه في التكنولوجيا البيئية من كلية لندن الإمبراطورية ويسكن ويعمل في مدينة فرانكفورت بألمانيا.



### وولفجانج هيديج

خبير في سياسة تقنية الطاقة منخفضة الكربون، ولديه معرفة عميقة بعلم وتقنية احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه. عمل قبل التحاقه بكابسارك مستشارًا أول في الوكالة الدولية للطاقة بباريس. وتزيد خبرته العملية عن 20 عامًا قضاها في العمل مع شركة شل العالمية. وهو حاصل على درجة الدكتوراه في الهندسة من الولايات المتحدة الأمريكية ودرجتي ماجستير في الفيزياء والاقتصاد من ألمانيا.



## نبذة تعريفية عن المشروع

تعتبر هذه الدراسة جزءًا من مشروع يبحث في الفرص المتاحة للمملكة العربية السعودية لتطبيق تقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في عالم يتزايد فيه تقييد الكربون، والدور الذي يمكن أن تلعبه تلك التقنيات في الاقتصاد السعودي. يعمل المشروع على تقييم خيارات السياسة وتحليل المسائل التنظيمية والتجارية ذات الصلة التي تؤثر على تطوير واستخدام تقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه.



[www.kapsarc.org](http://www.kapsarc.org)