



ورقة بيضاء من حوار قطر
الوطني حول تغيّر المناخ

الابتكارات في مجال التغيّر المناخي

4 ديسمبر 2023



ورقة بيضاء
حوار قطر الوطني حول تغيّر المناخ
15 - 16 أكتوبر 2023

الابتكارات في مجال التغيّر المناخي

4 ديسمبر 2023
من إعداد استراتيجي هبّ

نبذة عن مركز إرثنا

مركز إرثنا لمستقبل مستدام (إرثنا) هو منظمة غير ربحية أنشأتها مؤسسة قطر مختصة بإقرار السياسات، وإجراء الأبحاث، والعمل الدعوي لتعزيز وتمكين الجهود الرامية للوصول إلى تهجّ مُنسّق لتحقيق الاستدامة البيئية، والاجتماعية، والاقتصادية، والازدهار.

يعمل إرثنا على تسهيل جهود وإجراءات الاستدامة في قطر وغيرها من البلدان الحارة والجافة بالتركيز على أطر الاستدامة، والاقتصادات الدائرية، والانتقال في أنظمة الطاقة، وتغير المناخ، والتنوع البيولوجي والنظم البيئية، والمدن والمباني والمنشآت، والتعليم، والأخلق، والإيمان. تعمل إرثنا على تعزيز التعاون، والابتكار، والتغيير الإيجابي من خلال الجمع بين الخبراء الفنيين، والأكاديميين، والمنظمات الحكومية وغير الحكومية، والشركات والمجتمع المدني.

باستخدام موطنها - المدينة التعليمية - كقاعدة اختبار، تقوم إرثنا بتطوير وتجربة حلول مستدامة وسياسات قائمة على الأدلة لدولة قطر والمناطق الحارة والجافة. تلتزم المنظمة بالجمع بين التفكير الحديث والمعارف التقليدية، مما يساهم في رفاهية المجتمع من خلال خلق إرث من الاستدامة في بيئة طبيعية مزدهرة.

لمزيد من المعلومات عن إرثنا وللإطلاع على أحدث مبادراتنا، يرجى زيارة الموقع الإلكتروني: www.earthna.qa

فريق العمل:

الدكتور سعود بن خليفة آل ثاني
مدير، إرثنا، مؤسسة قطر،
الدوحة، قطر

الشيخة آمنة آل ثاني
المديرة التنفيذية، ستراتيجي هب
الدوحة، قطر

فرانسيز أنتوني جاكوب
إرثنا، مؤسسة قطر
الدوحة، قطر

محمد علاء الدين محمد
إرثنا، مؤسسة قطر
الدوحة، قطر

هيئة التحرير

الدكتور غونزالو كاسترو دي لا ماتا
إرثنا، مؤسسة قطر
الدوحة، قطر

سيباستيان تيربوت
إرثنا، مؤسسة قطر
الدوحة، قطر

الدكتور أليكس أماتو
إرثنا، مؤسسة قطر
الدوحة، قطر

© إرثنا 2023

صندوق بريد: 5825، الدوحة، قطر

تيليفون: 4454 0242 (+974)، الموقع الإلكتروني: www.earthna.qa

PI: ETCC-2024-004



الوصول المفتوح، أُصدر هذا التقرير بموجب شروط الترخيص الدولي لمؤسسة المشاع الإبداعي ("Creative Commons") 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)، والذي يسمح بأي حال من الأحوال باستخدام غير تجاري، أو المشاركة والتوزيع والاستنساخ بأي وسيلة أو تنسيق، طالما تُقدّم الإسناد المناسب للمؤلف (أو المؤلفين) الأصليين والمصدر، وتقديم رابط إلى ترخيص المؤسسة المشاع الإبداعي ("Creative Commons")، وبيان إذا تم تعديل المواد المرخصة. لا يحق لك بموجب هذا الترخيص نشر مواد مُعدّلة مستمدة من هذا التقرير أو أجزاء منه.

يفترض الناشر، والمؤلفين، والمحررين أن النصائح والمعلومات الواردة في هذا التقرير صحيحة ودقيقة من تاريخ النشر. لا يُقدّم الناشر، ولا المؤلفون، أو المحررون ضماناً، صريحاً أو ضمنياً، فيما يتعلق بالمواد الواردة هنا أو بأي أخطاء أو سهو يمكن أن يكون قد حدث. سيظل الناشر طرفاً محايداً في الدعاوى القضائية المتعلقة بالخرايط المنشورة والانتماءات المؤسسية.

قائمة المحتويات

06	الملخص التنفيذي
07	النطاق والمنهجية
08	التّغْيَر المناخي والحاجة إلى الابتكار
10	اتفاقيات المناخ الدولية والابتكار
13	الابتكارات القطاعية في مجال تغيّر المناخ
18	التحديات في تنفيذ الحلول المُبتكَرة
19	توصيات لتنفيذ الحلول المُبتكَرة
22	خاتمة
23	إشادة
24	المساهمون
25	المراجع

النطاق والمنهجية

والأبحاث التكميلية والقياسات المعيارية التي أجريت بعدها. نظرًا لتركيز البحث على ابتكارات قطاعية محددة على المستوى الدولي والوطني للتخفيف من آثار تغيّر المناخ بأقصى قدر ممكن، فإنه يُسلط الضوء على الابتكارات في ثلاثة قطاعات مهمة: الطاقة والصناعة والزراعة. واستنادًا على تلك الرؤى المُفصّلة، تُقدّم هذه الورقة مجموعة من التوصيات العامة القابلة للتطبيق في مُختلف القطاعات والدول لدعم تنفيذ الحلول المستدامة المُبتكرة للقطاعات المذكورة أعلاه.

يغطي نطاق التحليل المواضيع التي تمت مناقشتها في الحلقة النقاشية «الابتكارات في مجال التغيّر المناخي» التي أجريت في اليوم الأول من حوار قطر الوطني حول تغيّر المناخ، والأبحاث التكميلية التي أجريت بعده لإثبات النتائج الرئيسية للحلقة النقاشية، وإصدار التوصيات ذات الصلة على النحو الأمثل. كما يُمكن استخدام النتائج لتعزيز الأهداف الوطنية للاستدامة في قطر وتطوير مبادرات الاستدامة المحلية والإقليمية ذات الصلة. تشمل المنهجية المُتبّعة لجمع البيانات على الأبحاث الأكاديمية الأولية، والملاحظات المدونة أثناء الحلقة النقاشية،

يُسلط التحليل الضوء على العديد من التحديات المُشتركة التي تواجهها الدول في جميع أنحاء العالم بما فيها قطر. وتشمل هذه التحديات مُقاومة التغيّر، والحوافز المالية، وتحديات البنية التحتية، والتفاوت في نقل التطورات التكنولوجية، والقيود المفروضة على قدرات القوى العاملة. تُقدّم الورقة بعد ذلك مجموعة من التوصيات المتزنة المُصمّمة لمعالجة التحديات متعددة الأوجه وتسهيل تنفيذ الحلول المُبتكرة المستدامة. تشمل هذه التوصيات نهجًا متعدد الأبعاد للتغلب على مُقاومة التغيّر، وتمويل الابتكار على المستوى الدولي والمحلي، ومراجعة الأهداف الاستراتيجية والتخطيط لتطوير البنية التحتية، والتعاون والشراكات العالمية، وبناء القدرات التعاونية الوطنية والقطاعية. من خلال اعتماد هذه التوصيات، يُمكن لدولة قطر أن تُساهم بشكل كبير في تحقيق الأهداف المناخية العالمية وأن تتقدم إلى طليعة الدول في التنمية المستدامة، مما سيرمُز إلى التوافق الاستراتيجي مع المبادئ الحكيمة التي تم تحديدها في رؤية قطر الوطنية 2030.

الملخص التنفيذي

يتعمق هذا البحث التحليلي في المناقشات المنبثقة عن الحلقة النقاشية «الابتكارات في مجال التغيّر المناخي» التي أجريت في النسخة الثالثة من حوار قطر الوطني السنوي حول تغيّر المناخ في إطار جهود البحث عن طُرُق للتخفيف من آثاره. يتضح النطاق الكامل للدراسة بالتمعن في الاهتمام الخاص المولى للرؤى والأبحاث التفصيلية والتوصيات المُصمّمة لدعم أهداف الاستدامة الوطنية في قطر التي ركزت بشكل خاص على الابتكارات المستدامة الراسخة في هذا المجال.

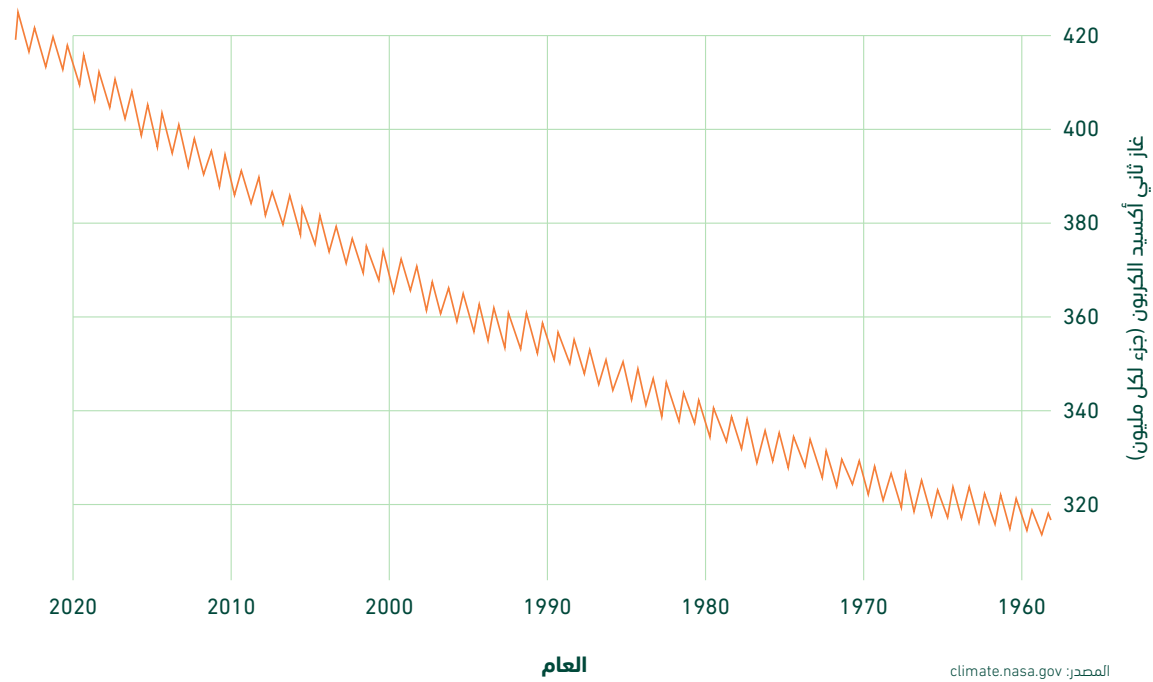
تُسلط نتائج البحث الضوء على الحاجة المُلحة إلى تحوّل نموذجي في اعتماد حلول مُبتكرة يُمكن أن تخفف بشكل كبير من آثار تغيّر المناخ من خلال خفض انبعاثات الكربون عبر مُختلف القطاعات. كما يُناقش التحليل الاتفاقيات الدولية البارزة والحلول الناشئة، مُركّزًا على قطاعات الطاقة والصناعة والزراعة. يُسلط التقرير الضوء أيضًا على العديد من التطبيقات التكنولوجية والعملية للابتكارات المستدامة الجديدة لتوليد الطاقة المتجددة وعمليات التصنيع المُؤمّرة للموارد والمنهجيات المتقدمة لزراعة وحزّت الأرض، داعيًا إلى ضرورة القيام بتحوّل اقتصادي مستدام.



الابتكارات في مجال التغيّر المناخي

الابتكارات في مجال التغيّر المناخي

الشكل 2 الزيادة في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون العالمية خلال القرن الماضي³



التجاري - الصناعي والقطاع الزراعي بالإضافة إلى التعاون المُشترك بين القطاع التكنولوجي والأوساط الأكاديمية. غالبًا ما تكون هذه الصناعات مدفوعة بتوجيه حكومي شامل وأطر وسياسات أو دعم مالي لتحقيق أهداف الاستدامة الوطنية. بشكل أساسي، تلعب الأبحاث دورًا تأسيسيًا في تطوير الممارسات والحلول المُبتكرة لمثل هذه الصناعات. يُعتبر التعاون بين القطاعين العام والخاص الذي يهدف إلى تطوير الحلول المُبتكرة وتطبيقها على نطاق واسع جزءًا لا يتجزأ من التحول العالمي والمحلي الناجح نحو اقتصاد منخفض الكربون، مما يستلزم إعادة تنظيم الممارسات الاقتصادية لإعطاء الأولوية للأهداف الاستدامة⁷. وكما أفاد بإيجاز السيد علي بن طوار - مُقدّم برامج تلفزيون قطر وسفير علامة أريد التجارية - الطبيعة لا تحتاج إلى البشر ولكن البشر بحاجة أساسية إلى الطبيعة. لكي تتمكن الأجيال القادمة من البقاء على قيد الحياة والعيش براحة دون تهديدات تلوح في الأفق من أزمات المناخ، يجب على العالم أن يتحرك بشكل عاجل بتنفيذ حلول وقائية ومُبتكرة للحفاظ على بيئتنا وسبل عيشنا.

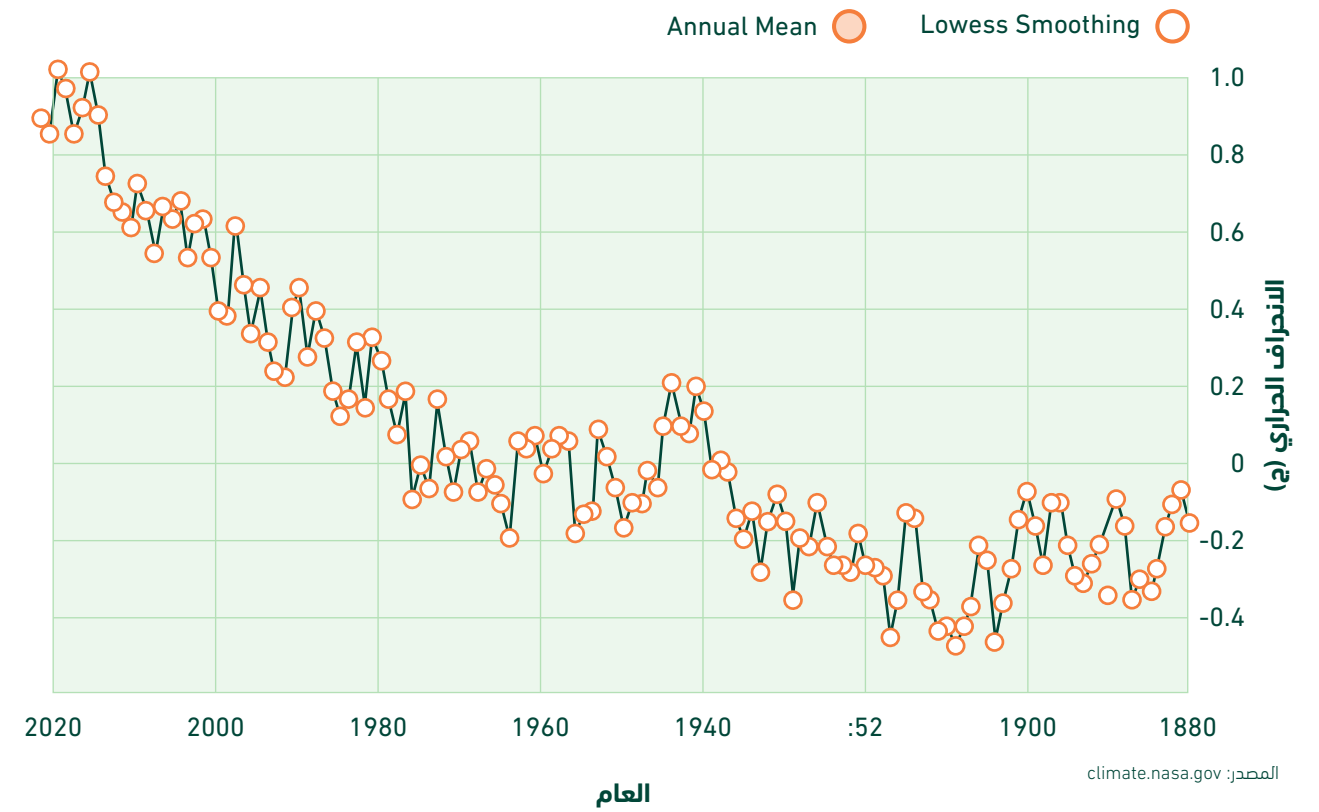
بناء على ما سبق، فإنه في غاية الأهمية أن تتعاون الحكومات والمؤسسات والصناعات والمجتمعات على مستوى العالم للتخفيف من آثار تغيّر المناخ والحد من انبعاثات الغازات الدفيئة بشكل كافٍ لاصتواء الأضرار الناجمة عن ارتفاع درجات الحرارة. يُمكن للابتكار، الذي غالبًا ما يعرف بأنه مرحلة «توليد وقبول وتنفيذ أفكار أو عمليات أو مُنتجات أو خدمات أو تقنيات جديدة»⁵ أن يلعب دورًا كبيرًا في تحويل اقتصادنا وتغيير ممارساتنا المعتادة لتصبح أكثر استدامة دون الإخلال بتوسعنا وتقدمنا الاقتصادي المستمر. إن الابتكار البيئي مفهوم أوسع يشمل أي شكل من أشكال التطوير المُبتكر، سواء تعلق الأمر بصناعة مُنتجات أو تطوير عمليات جديدة، بهدف تقليل الأثر البيئي أو تعزيز إنتاجية الموارد⁶.

لقد سّرّعت صناعات عديدة في إجراء البحث والتطوير للوصول لحلول مُبتكرة ذات صلة يُمكن أن تؤدي إلى عمليات أكثر كفاءة واستدامة. تشمل هذه الصناعات، ولكن لا تقتصر على، قطاع الطاقة والقطاع

بالرغم من أن هذه الأنشطة المتزايدة أدت إلى نمو اقتصادي ومالي وسكاني عالمي غير مسبوق، إلا أنها أثّرت سلبًا على بيئات مختلفة في جميع أنحاء العالم بمساهماتها في تغيّر المناخ. وبالتالي، واجهت العديد من المجتمعات، وقد تواجه في المستقبل، موجات جفاف شديدة أخرى، وندرة في المياه، وحرائق شديدة، وارتفاع في منسوب مياه البحر، وفيضانات، وعوامل ذوبان الجليد القطبي، وعواصف كارثية، وتدهور في التنوع البيولوجي. يُمكن أن تؤثر كل هذه التحديات بشكل كبير على حياة الإنسان وصحته وسكنه وعمله وموارده. على الرغم من أن بعض المناطق قد تُعدُّ أكثر عرضة للتأثر بتغيّر المناخ من غيرها، لا سيما المناطق المحاطة بالمياه المعرضة لخطر ارتفاع مستوى سطح البحر وتسرب المياه المالحة، يتوقع العلماء أن عدد الأشخاص الذين سينزحون ويتأثرون سلبًا بالتغيرات المرتبطة بالطقس سيزداد بشكل ملحوظ خلال العقود القادمة⁴.

على مدار المائتي عام الماضية، تغيّر مناخ العالم بشكل هائل نتيجة للأنشطة البشرية وخاصة بعد الثورة الصناعية. مع ازدياد استهلاك الطاقة للأغراض الصناعية، أصبحت انبعاثات الغازات الدفيئة تحيط بالأرض مما يؤدي إلى احتباس حرارة الشمس وبالتالي زيادة درجات الحرارة. بالإضافة إلى استهلاك الطاقة، تسهم أنشطة اقتصادية أخرى إسهامًا كبيرًا في زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة بما في ذلك إزالة النباتات من الأراضي واجتثاث الغابات والزراعة على مساحات كبيرة والبناء والتوسع العمراني والنقل¹. يُظهر الشكلان 1 و 2 أدناه على التوالي التغيرات في درجات الحرارة العالمية وانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون خلال العقد الماضي، مما يظهر اتجاه يُنذر بالخطر لتدهور للمناخ المستمر مع مرور الوقت.

الشكل 1 الزيادة في درجات الحرارة العالمية خلال القرن الماضي²



³ Moreira, Fernando, Maria Manuela Cruz-Cunha, and João Varajão, "Handbook of Research on Enterprise 2.0: Technological, Social, and Organizational Dimensions- Background on Climate Change: Overview of Climate Change Trends and Impacts," Volume in the Advances in Business Information Systems and Analytics (ABISA), (2013).

⁴ José Palacin, "Addressing Climate Change Through Innovation – The Challenges Ahead," The United Nations Economic Commission for Europe, (2009). https://unece.org/fileadmin/DAM/oes/nutshell/2009/3_ClimateChangeInnovation.pdf

⁷ Ibid.

¹ The United Nations, "What Is Climate Change?" <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>

² NASA, "Global Climate Change: Vital Signs of the Planet," <https://climate.nasa.gov/>

³ Ibid.

⁴ The United Nations, "What Is Climate Change?" <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>

اتفاقيات المناخ الدولية والابتكار

في إطار المسعى الجماعي للتصدي لتغيّر المناخ وتعزيز التنمية المستدامة عالميًا، ظهرت اتفاقيات وإعلانات دولية عديدة لتحفيز العمل المتضامن نحو تحقيق أهداف مُشتركة. من الأمثلة البارزة على ذلك اتفاق باريس، وهو معاهدة ملزمة معنية بتغيّر المناخ اعتمدها 196 دولة في عام 2015 بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ. فمن خلال فرض تحولات اقتصادية واجتماعية كبيرة على المستوى الوطني، تسعى اتفاقية باريس إلى الحد من ظاهرة الاحتباس الحراري وتقليل زيادة الحرارة عالميًا إلى ما هو أقل بكثير من درجتين مئويتين. يتعين على كل دولة تقديم مساهمتها المحددة وطنيًا مع إجراءات وخطط معينة للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة بما يتواءم مع أهداف اتفاق باريس. بالرغم من أن الاتفاق لا يُركّز بشكل واضح على الابتكار، إلا أنه يدعو إلى النهوض بالتكنولوجيات المعنية بالمناخ ونشرها، مما يؤكد على أهمية الدعم المالي والتكنولوجي للدول النامية للابتكار لتحقيق أهدافها الطموحة.⁸

يشمل ميثاق غلاسكو للمناخ، الذي اعتُمد خلال الدورة السادسة والعشرين لمؤتمر الأطراف في مؤتمر الأمم المتحدة المعني بتغيّر المناخ، 196 دولة إلى جانب دول الاتحاد الأوروبي. تشمل أهدافه الرئيسية تعزيز الطموحات المناخية العالمية، وإعادة النظر في المساهمات المحددة وطنيًا لتحقيق أهداف مناخية أكثر طموحًا، وتوفير التمويل المناخي اللازم للدول النامية، وإعطاء الأولوية لدفع الجهود الرامية للتكيف مع التغيّر المناخي خاصة في الدول المعرضة لآثاره. تشمل المبادرات الرئيسية الصادرة عن الدورة السادسة والعشرين لمؤتمر الأطراف: التعهد العالمي بشأن الميثان، والالتزام بوقف إزالة الغابات بحلول عام 2030، وبعض التعهدات بتسريع الانتقال إلى مصادر الطاقة النظيفة. ويشدد الميثاق على ضرورة تعزيز الجهود العالمية والقطاعية في مجال الابتكار والبحث لمعالجة تغيّر المناخ بسرعة وفعالية. كما يدعو الميثاق على وجه الخصوص إلى زيادة الدعم المالي والتقني للدول النامية لتعزيز الابتكار ونشر التكنولوجيات المتعلقة بالمناخ.⁹ تُظهر مثل هذه الاتفاقيات الدولية الجهود الناجحة للتعاون الدولي لتحقيق الأهداف المشتركة وتضع الأساس لخطط عقل مستقبلية وتنفيذ حلول مُبتكرة للتصدي لتغيّر المناخ.

الابتكارات القطاعية في مجال تغيّر المناخ

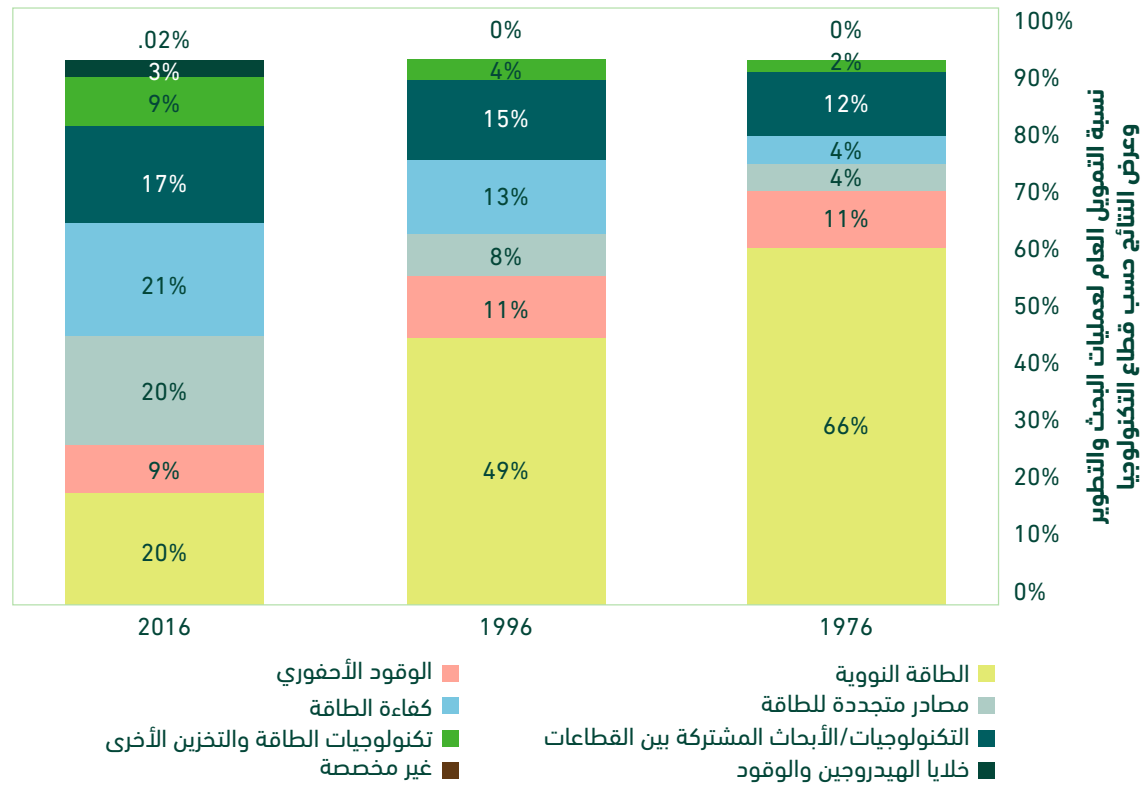
قطاع الطاقة

يُعدّ قطاع الطاقة أحد أكبر المساهمين في انبعاثات الكربون في الاقتصاد العالمي. مع استمرار اعتماد الدول على مصادر الطاقة التقليدية المختلفة، فمن الصعب جدًا عليها الانتقال إلى مصادر طاقة أنظف. لكي تُحقّق الدول أهدافها من خفض الانبعاثات وتضمن أمن الطاقة على المستوى الوطني على المدى الطويل، يجب على الحكومات وشركات الطاقة أن تتعاون من خلال مواءمة استراتيجياتها وتنسيق عملياتها لزيادة حجم وسرعة الاستثمار في حلول وابتكارات الطاقة النظيفة واعتمادها.¹⁰

على مدى نصف القرن الماضي، انتشر الاستثمار العام في عمليات البحث والتطوير وعرض النتائج في مجال الطاقة لتعزيز السعي نحو التقدم التكنولوجي وكفاءة الطاقة والاستقلال الطاقوي في مُختلف

الدول. من الجدير بالذكر أن أنواع التكنولوجيا التي يتم الاستثمار فيها قد تغيرت على مر السنين، إذ نلاحظ انخفاضًا هائلًا في استثمارات الطاقة النووية وزيادة واسعة النطاق في التقنيات منخفضة الكربون بما فيها مصادر الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وتخزين الطاقة وطاقة الهيدروجين. يوضّح الشكل 3 أدناه التغيير في استثمارات الطاقة العامة في البحث والتطوير وعرض النتائج بين الأعوام 1976 و 1996 و 2016.¹¹ قدّم السيد لوران فوردي - مدير إقليم دولة قطر لشركة «إنجي» - وجهة نظر مؤسسية عن نتائج تلك العمليات المختصة بالبحث والتطوير وعرض النتائج أثناء مشاركته في الحلقة النقاشية في حوار قطر الوطني حول تغيّر المناخ. ناقش السيد فوردي خطط شركة إنجي لتحقيق الحياد الكربوني بحلول عام 2045 من خلال دراسة عدة وسائل لتنوع استخدام مصادر الطاقة المختلفة غير الفحم، وإجراء تجارب على الوقود الاصطناعي، واستكشاف تقنيات التقاط الكربون.

التغيير في استثمارات الطاقة العامة في عمليات البحث والتطوير وعرض النتائج بين الأعوام 1976 و 1996 و 2016.¹²



¹⁰ Federico Ferrario, "Infrastructure solutions: Power for clean energy innovation," European Investment Bank, (September 2022). <https://www.eib.org/en/essays/green-energy-innovation>

¹¹ Mathew Hannon and Ronan Bolton, "Energy Innovation and the Sustainability Transition," Handbook of Energy Economics and Policy: Fundamentals and Applications for Engineers and Energy Planners (1st Edition), Academic Press, 2021. https://pure.strath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/112897884/Hannon_Bolton_AP_2021_Energy_innovation_and_the_sustainability.pdf

¹² Ibid.

⁸ United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat, "The Paris Agreement," <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>

⁹ United Nations, "COP26: Together for Our Planet," <https://www.un.org/en/climatechange/cop26#:~:text=The%20Glasgow%20Pact%20calls%20for,climate%20change%20and%20building%20resilience.>

الابتكارات القطاعية في مجال تغيّر المناخ

<p>هي أحد أقدم وأكبر مصادر الطاقة المتجددة، تَنبُج حين يتم استغلال الحركة الطبيعية للمياه لتوليد الكهرباء. يُمكن أن يتنوع حجم المرافق بدءًا من السدود الكبيرة إلى المنشآت الصغيرة التي تستخدم تدفق المياه في الشبكات البلدية أو قنوات الري. تستغل هذه التقنية فرق الارتفاع الناتج عن السدود أو أنظمة تحويل مسار المياه لتوليد الطاقة. بجانب نظافتها وفعاليتها من حيث التكلفة، تُوفّر الطاقة الكهرومائية دعمًا فوريًا للشبكة الكهربائية وتمنح فوائد أخرى مثل التحكم في الفيضانات، ودَعْم نُظُم الري، وتوفير إمداد المياه.¹⁷</p>	<p>الطاقة الكهرومائية</p>
<p>تَنبُج عن جهاز غير ميكانيكي يُحوّل ضوء الشمس، وأحيانًا الضوء الاصطناعي، مباشرة إلى كهرباء. تلتقط المواد شبه الموصلة الموجودة في النظام الكهروضوئي من ضوء الشمس فوتونات ذات مستويات طاقة مختلفة. تستطيع الأنظمة الكهروضوئية الأكبر حجمًا توليد الكهرباء لضخ المياه، أو تشغيل المنازل أو الشركات، أو توفير الكهرباء للعديد من المستهلكين. يُمكن لهذه الأنظمة أن تساهم بشكل مباشر في توفير الكهرباء لشبكة الطاقة الكهربائية كما يُمكنها العمل في المناطق التي لا توجد بها أنظمة لتوزيع الكهرباء.¹⁸</p>	<p>الطاقة الشمسية الكهروضوئية</p>
<p>هي طريقة لتوليد الكهرباء باستخدام المرايا لعكس ضوء الشمس وتركيزه على نقطة بؤرية لتحويله إلى حرارة. تُستخدم هذه الحرارة لإنتاج البخار الذي يُحرّك توربينات لتوليد الطاقة الكهربائية. تمكّن الحرارة المخزنة من تشغيل المولد بشكل مستمر مما يسمح لتكنولوجيا الطاقة الشمسية المركزة بالعمل لأيام دون ضوء الشمس أو ظلال الفترات التي تسبق شروق الشمس وبعد غروبها.¹⁹</p>	<p>الطاقة الشمسية المركزة</p>
<p>هي الطاقة المستمدة من تحويل قوة الرياح في البحر إلى كهرباء يتم إمدادها إلى شبكة الكهرباء البرية. يتم إنشاء مباني عملاقة في مناطق بحرية معينة وتجهيزها بأحدث التقنيات لتحمل الظروف الصعبة وتحويل الرياح إلى تيار كهربائي.²⁰</p>	<p>الرياح البحرية</p>
<p>هي الطاقة المستمدة من تحويل الحركة الطبيعية للرياح على الأرض إلى كهرباء يتم تحميلها على شبكة الكهرباء. تُعتبر مزارع الرياح البرية أسهل في التركيب وأقل تكلفة بكثير من منشآت الرياح البحرية. إلا أن مستوى توليد الكهرباء من الرياح البرية غالبًا ما يكون أقل من منشآت الرياح البحرية لأنها عادةً ما تكون أقل قوة.²¹</p>	<p>الرياح البرية</p>

للارتقاء بممارساته الحالية المرتبطة بتحويل مصادر الطاقة ونقلها وتخزينها واستخدامها²². علاوة على ذلك، يتطلب التحول إلى مصادر الطاقة النظيفة «تغييرًا تحويليًا عبر عدد لا يحصى من الأبعاد الاجتماعية والتقنية بما فيها السياسات والأسواق والثقافة والعلوم وتفضيلات المُستخدمين»²³.

بالإضافة إلى اعتماد طول جديدة، من المهم أن يَنظُر قطاع الطاقة إلى التحول لإزالة الكربون باعتباره تغييرًا منهجيًا شاملاً. إن استخدام التكنولوجيا الجديدة ليس ببساطة مجرد توصيل محطات توليد الطاقة أو قطع المعدات الجديدة ومتابعة التشغيل على نفس النحو؛ فهذه الحلول الجديدة تقوم على آلات وآليات وظروف عمَل مختلفة.

¹⁷ EERE, "Hydropower Basics," United States Energy Departments, <https://www.energy.gov/eere/water/hydropower-basics>

¹⁸ EIA, "Solar Explained," Independent Statistics and Analysis, Last updated May 2023. [https://www.eia.gov/energyexplained/solar/photovoltaics-and-electricity.php#:~:text=A%20photovoltaic%20\(PV\)%20cell%2C,converts%20sunlight%20directly%20into%20electricity](https://www.eia.gov/energyexplained/solar/photovoltaics-and-electricity.php#:~:text=A%20photovoltaic%20(PV)%20cell%2C,converts%20sunlight%20directly%20into%20electricity)

¹⁹ Brunel, "Concentrated Solar Power (CSP), Explained," (March 2021). <https://www.brunel.net/en/blog/renewable-energy/concentrated-solar-power>

²⁰ Iberdrola, "What is Offshore Wind Energy?" <https://www.iberdrola.com/sustainability/how-does-offshore-wind-energy-work>

²¹ National Grid, "Onshore Vs. Offshore Wind Energy: What's the Difference?" Last Updated March 2022. <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/onshore-vs-offshore-wind-energy>

²² Federico Ferrario, "Infrastructure solutions: Power for clean energy innovation," European Investment Bank, (September 2022). <https://www.eib.org/en/essays/green-energy-innovation>

²³ Mathew Hannon and Ronan Bolton, "Energy Innovation and the Sustainability Transition," Handbook of Energy Economics and Policy: Fundamentals and Applications for Engineers and Energy Planners (1st Edition), Academic Press, 2021. https://pure.strath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/112897884/Hannon_Bolton_AP_2021_Energy_innovation_and_the_sustainability.pdf

الابتكارات القطاعية في مجال تغيّر المناخ

وأضافت الأستاذة الدكتورة مريم المعاضيد أن جامعة قطر تُقدّم العديد من المنح الداخلية والخارجية لدعم الطلاب والأكاديميين الذين يجرون أبحاث عن الاستدامة في الممارسات المُعتَمَدة. يُعدّ إطار الحلزون الخماسي للابتكار الذي تبنته جامعة قطر أمرًا أساسيًا لتكوين الروابط بين التعليم والبحث والخدمات والثقافة والبيئة. بالإضافة إلى التعاون مع المؤسسات العامة والخاصة، دخلت جامعة قطر في شراكة مع منظمات دولية مثل الأمم المتحدة بتأسيس كراسي في مجالات صناعية بالتعاون مع منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو). تُعتبر الشبكة الأكاديمية للحوار التنموي مثال آخر على تلك الشراكات، حيث أنها شبكة للتعاون الأكاديمي بين جامعة قطر والأمم المتحدة. إن دَعْم البحوث التعاونية على المستوى الشعبي والدولي أمرٌ بالغ الأهمية للنهوض بالتكنولوجيا والممارسات المستدامة في جميع القطاعات وخاصة في مجال الطاقة.

حديثًا، أصبحت أبرز تقنيات الطاقة المتجددة تتضمن استخدام مصادر مثل الكتلة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية، والطاقة الكهرومائية، والطاقة الشمسية الكهروضوئية، والطاقة الشمسية المركزة، والرياح البحرية، والرياح البرية، وعلى مدى العقد الماضي، أصبحت أربعة من أصل ستة من هذه التكنولوجيات أرخص وأكثر قدرة على المنافسة من حيث التكلفة دون الحاجة إلى دعم حكومي باستثناء تكنولوجيات الطاقة الحرارية الأرضية والطاقة الكهرومائية. يوضّح الجدول 1 أدناه المزيد من التفاصيل حول الأنواع المختلفة للطاقة المتجددة ومنهجيّات توليدها واستخدامها.

الجدول 1: أبرز أنواع الطاقة المتجددة	
<p>الكتل الحيوية</p> <p>هي مادة عضوية متجددة مأخوذة من النباتات والحيوانات، تحتوي الكتل الحيوية على طاقة كيميائية مخزنة من الشمس نتيجة لعملية التمثيل الضوئي. يُمكن الاستفادة منها عن طريق حرقها مباشرة أو تحويلها إلى وقود سائل أو غازي. تشمل مصادر الكتل الحيوية: الأخشاب ومخلفات تصنيعها، والمحاصيل والنفايات الزراعية، والمواد الحيوية في النفايات البلدية الصلبة، والسماذ الحيواني، ومياه الصرف الصحي.¹⁵</p>	
<p>الطاقة الحرارية الأرضية</p> <p>هي الطاقة المستمدة من حرارة الأرض التي تستغل خزانات المياه الساخنة المتكونة بشكل طبيعي أو التي تم حفرها على أعماق مختلفة. يضمن التدفق المستمر للحرارة من باطن الأرض، الذي يعمل على استدامته تحلل عناصر مشعة، توفير مصدر طاقة متجدد وطويل الأمد. يُمكن للآبار، التي يتم حفرها على أعماق متفاوتة، استغلال البخار والمياه الساخنة من الخزانات الجوفية لاستخدامات متنوعة مثل توليد الكهرباء، والاستخدام المباشر، والتدفئة والتبريد.¹⁶</p>	

¹⁵ IEA, "Energy Technology RD&D Budgets Data Explorer," Last Updated October 2023. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-technology-rdd-budgets-data-explorer>

¹⁶ GPC, "About Us," Qatar University: Research and Graduate Studies. https://gpc.qu.edu.qa/sites/en_US/research/gpc/about

¹⁵ EIA, "Biomass Explained," Independent Statistics and Analysis, Last Updated June 2023. <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/>

¹⁶ EERE, "Geothermal Basics," United States Energy Departments. <https://www.energy.gov/eere/geothermal/geothermal-basics#:~:text=Geothermal%20Energy%20is%20heat%20energy,depths%20below%20the%20Earth's%20surface>

الابتكارات القطاعية في مجال تغيّر المناخ

القطاع الصناعي

لقد لعبت التنمية الصناعية دورًا كبيرًا في دفع عجلة الاقتصاد العالمي بالعمل على توجيه الحكومات والأنشطة التجارية والتأثير على المواطنين العاملين في المجال في مُختلف الدول. تشمل الأنشطة داخل القطاع الصناعي عمليات التصنيع والمعالجة والإنتاج والتكريب والتجميع والإصلاح والتزيين والتشطيب والتحويل وإعادة التدوير والبحث والتطوير لأي سلع أو مواد أو أغذية أو منتجات أو مواد للأغراض التجارية. في حين أن التصنيع يدفع النمو الاقتصادي بشكل واضح، بيد أنه أيضًا مُساهم في تغيّر المناخ، فهو مسؤول عن 24% من انبعاثات الكربون العالمية²⁴. ولذلك، فمن الأهمية بمكان أن يستكشف القطاع الصناعي حلولًا مُبتكرة للحد من تأثيره على تغيّر المناخ في نفس الوقت الذي يستمر فيه في تلبية متطلبات السوق.

بالنسبة لقطر، يُعتبّر تطوير القطاع الصناعي أمرًا أساسيًا لتحقيق التنمية الوطنية الشاملة والاكتفاء الذاتي. تدرك الحكومة الإمكانيات غير المحدودة للتحول الصناعي الوطني، ولقد سهلت التعاون بين قطاعات الصناعة والقطاع الخاص والأوساط الأكاديمية والحكومة لتطوير مثل هذه الفرص. في الحلقة النقاشية، قام سعادة السيد صالح بن ماجد الخليفي - وكيل الوزارة المساعد لشؤون التجارة بوزارة التجارة والصناعة - بمناقشة كيفية وُضع سياسات تنظيمية بيئية صارمة للقطاع الصناعي لتحديد طريقة العمل المسموح بها داخل مصانع معينة. تشمل تلك السياسات الرقابة الشديدة على عملية ترخيص الانبعاثات الثقيلة. ومع ذلك، أشار سعادة السيد الخليفي إلى حقيقة أن السياسات الحالية تواجه قيودًا وأنه يمكن تعزيزها بشكل أكبر لتعكس التغيرات العالمية في الممارسات والأطر الصناعية. بالإضافة إلى ذلك، تتخذ وزارة التجارة والصناعة خطوات ملحوظة لدعم الشركات التجارية لتحسين كفاءتها من خلال تنفيذ ممارسات مستدامة تتوافق مع رؤية قطر الوطنية 2030. لتحقيق هذه التحولات المستدامة، تعمل الوزارة على بناء الجسور بين الأكاديميين والمُصنّعين لتطوير أوجه تآزر هادفة ومؤثرة.

تم تقديم إحدى نتائج التعاون بين القطاعات في 31 مايو 2022 بإطلاق منصة الصناعة المتقدمة في قطر. أطلقت وزارة التجارة والصناعة المركز بالتعاون مع بنك قطر للتنمية والشراكة مع المنتدى الاقتصادي العالمي، وهو جزء من ٣١ منصة عالمية أطلقها المنتدى الاقتصادي العالمي للنهوض بالقطاع الصناعي الدولي من خلال تبادل المعرفة لمعالجة التحديات المتعلقة بالصناعة مثل قضايا القوى العاملة، والسياسات الحكومية، والمخاوف البيئية في قطر وعلى المستوى الدولي. يهدف المركز، باعتباره رائدًا إقليميًا في مجال البحوث القطاعية، إلى الارتقاء بنظام التصنيع في قطر من خلال تحسين الكفاءة وتعزيز النمو لا سيما بما يتماشى مع اتجاهات الثورة الصناعية الرابعة²⁵.

تُظهر مجموعة كبيرة من التقنيات الناشئة إمكانيات واعدة جدًا في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة الصناعية من خلال عدة تطورات مُبتكرة. غالبًا ما يتم جَمْع هذه التقنيات في فئات مختلفة بحسب أهدافها مثل الكفاءة في استخدام الطاقة وتبديل نوع الوقود المُستخدَم واستعادة الطاقة المهذرة. يُمكن استخدام بعض التقنيات على نطاق واسع في مُختلف الصناعات ضمن كل فئة، مثل استخدام المحركات الكهربائية الفعالة لتحسين أنظمة المحركات. أما بعض التقنيات الأخرى، مثل استعادة ضغط الغاز العلوي في أفران الصهر، فهي خاصة جدًا ببعض العمليات في صناعات معينة.²⁶

تُعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد حلاً مستدامًا بارزًا في عمليات التصنيع من بين مُختلف الابتكارات الصناعية الناشئة. يقوم التصنيع بالإضافة، المعروف باسم الطباعة ثلاثية الأبعاد، ببناء مجسمات ثلاثية الأبعاد طبقة بعد طبقة من تصاميم يتم رسمها بواسطة الكمبيوتر. تتضمن هذه العملية صب المواد وتجميعها أو تصنيعها بالاستعانة بالكمبيوتر. تعقّل الطباعة ثلاثية الأبعاد على تقليل آثار الكربون بشكل كبير من خلال الاستخدام الفعال للطاقة والمواد في عمليات التصنيع بالإضافة. أيضًا، تُخفّف هذه التقنية الحد الأدنى من النفايات وذلك عن طريق حشو هياكل مجوفة لتقليل استهلاك المواد وتمكين المصنّعين من طباعة الأجزاء الضرورية للمُنتج فقط. بالإضافة إلى ذلك، تعقّل الطباعة ثلاثية الأبعاد على التخلص من بعض الأنشطة كثيفة الكربون في سلسلة التوريد المرتبطة بالتصنيع التقليدي. بإتاحة القدرة على تصنيع المُنتجات المتنوعة عند الحاجة، تقلل الطباعة ثلاثية الأبعاد التأثير البيئي بالاستغناء عن مراحل متعددة كثيفة الكربون وبالتالي فهي تُحسّن من الكفاءة التشغيلية بشكل عام.²⁷

أدى دمج الطباعة ثلاثية الأبعاد والهياكل متعددة المواد إلى ظهور الطباعة رباعية الأبعاد، وهي طريقة تصنيع بالإضافة يخضع خلالها المجسم المطبوع لتغييرات في الشكل بحسب تغيّر الوقت أو درجة الحرارة أو غيرها من المحفزات. تتيح الطباعة رباعية الأبعاد إنشاء هياكل ديناميكية ذات أشكال أو خصائص أو وظائف قابلة للتكيف. تسهل هذه التقنية الطباعة المخصصة للمواد المتغيرة وذاكرة الشكل مما يتيح إمكانيات لتطبيقات واستخدامات جديدة في مختلف الصناعات بما في ذلك مجالات الفضاء والتجارة والطب. إن قدرة الهياكل المطبوعة رباعية الأبعاد على تغيير شكلها أو خصائصها استجابةً للمحفزات يُوفّر الفرصة لتطوير هياكل ديناميكية تتطلب طاقة تصنيع أقل لإجراء وظائف محددة. على سبيل المثال، يُمكن لتصاميم المباني القابلة للتكيف أن تعقّل على تحسين متطلبات التدفئة أو التبريد وبالتالي تحسين كفاءة استخدام الطاقة. علاوة على ذلك، فإن دمج المواد المطبوعة رباعية الأبعاد القادرة على الإصلاح الذاتي أو التي تتمتع بمتانة أفضل يُمكن أن

يطيل دورة حياة المُنتج مما يقلل من الحاجة إلى استبداله بشكل متكرر ويقلل من التأثير البيئي المرتبط بتصنيع مُنتجات جديدة.²⁸

بالإضافة إلى الابتكارات التكنولوجية، تعقّل الشركات في القطاع الصناعي باستمرار على إجراء القياسات المعيارية وتطوير ممارسات الإدارة الداخلية لتحسين الكفاءة العامة والحفاظ على الطاقة والتكامل المستدام. على سبيل المثال، يُمكن لأنظمة التدقيق في استهلاك وإدارة الطاقة أن تُساعد الشركات على خفض على الفرص المتاحة لتقليل استخدام الطاقة، مما سيؤدي إلى خفض ملحوظ في الانبعاثات. بالإضافة إلى ذلك، قامت المزيد من الشركات خلال العقد الماضي باستخدام نُظم لجرد وإعداد التقارير عن الغازات الدفيئة لفهم مصادر ومستوى انبعاثاتها بشكل أفضل ومساهمتها في تغيّر المناخ. إن معرفة الشركات للعواقب البيئية التشغيلية تسمح لها بتطوير استراتيجيات العمل للتكيف مع المتطلبات المتغيرة للحكومة والمستهلكين.²⁹

لقد قامت صناعات مختلفة بإنشاء واستخدام بروتوكولات خاصة بقطاعات معينة لتطوير عملية الجرد وإعداد تقارير الاستدامة. فمثلًا في القطاع الصناعي، يُعتبّر بروتوكول الغازات الدفيئة الصادر عن معهد الموارد العالمية ومجلس الأعمال العالمي للتنمية المستدامة بروتوكولًا معترفًا به دوليًا وتوصى الشركات باتباعه. عن طريق اعتماد مثل هذه النهج لنظم الإدارة المُبتكرة للتخفيف من آثار تغيّر المناخ بالإضافة إلى استخدام الابتكارات التكنولوجية، يُمكن بالتأكيد للقطاع الصناعي أن ينتقل مع القطاعات الاقتصادية الأخرى إلى إنتاجية أكثر استدامة وخالية من الكربون.³⁰

الابتكارات القطاعية في مجال تغيّر المناخ

القطاع الزراعي

يجب أن يكون القطاع الزراعي أحد محاور التركيز الأساسية عند دراسة وتنفيذ طول الاستدامة المُبتكرة. إن هذا القطاع مُعرّض بشكل خاص لآثار تغيّر المناخ بما فيها التغيرات في درجات الحرارة، وصحة التربة، ووفرة المياه، والآفات الغازية، والظواهر الجوية المتطرفة المتكررة. يُمكن أن تؤدي أي من تلك التغيرات الناتجة عن الأحوال الجوية إلى نقص الغذاء العالمي، وتدهور الوضع الاقتصادي، واضطرابات في إمدادات المواد الخام الصناعية، وانخفاض مستوى التجارة وبالتالي التأثير سلبيًا على الدولة ككل وسبل عيش أفرادها.³¹

نظرًا لمناخها القاحل جدًا أو الجاف أو الحار، فإن دول مجلس التعاون الخليجي معرضة بشكل خاص للآثار السلبية للتغيرات المناخية حيث أن المنطقة محرومة بالفعل من موارد المياه العذبة الطبيعية والزراعة الفلاحية. تُشكّل هذه العوامل تحديات كبيرة للمنطقة وتتطلب استراتيجيات مُبتكرة لمعالجة مشكلة ندرة المياه وانعدام الأمن الغذائي بينما تصل إلى نموذج زراعي مستدام بيئيًا.³²

بالنظر أيضًا إلى ما هو أبعد من الأهمية الأساسية للقطاع الزراعي وهي صون الأمن الغذائي الوطني، فمن الضروري أن تتبنى الدول ابتكارات مستدامة في القطاع بسبب مساهمة القطاع الكبيرة في انبعاثات الغازات الدفيئة سواء بشكل مباشر (من خلال انبعاثات الإنتاج الزراعي) أو بشكل غير مباشر (من خلال إزالة النباتات من الأراضي للتوسع الزراعي) إذ أن الزراعة والحراثة واستخدامات الأراضي الأخرى تُمثل 22% من انبعاثات الغازات الدفيئة العالمية.³³

لقد لعبت التنمية الزراعية دورًا كبيرًا في دفع عجلة الاقتصاد العالمي بالعمل على توجيه الحكومات والأنشطة التجارية والتأثير على المواطنين العاملين في المجال في مُختلف الدول. تشمل الأنشطة داخل القطاع الزراعي عمليات التصنيع والمعالجة والإنتاج والتكريب والتجميع والإصلاح والتزيين والتشطيب والتحويل وإعادة التدوير والبحث والتطوير لأي سلع أو مواد أو أغذية أو منتجات أو مواد للأغراض التجارية. في حين أن التصنيع يدفع النمو الاقتصادي بشكل واضح، بيد أنه أيضًا مُساهم في تغيّر المناخ، فهو مسؤول عن 24% من انبعاثات الكربون العالمية³⁴. ولذلك، فمن الأهمية بمكان أن يستكشف القطاع الزراعي حلولًا مُبتكرة للحد من تأثيره على تغيّر المناخ في نفس الوقت الذي يستمر فيه في تلبية متطلبات السوق.

²⁹ Lenny Bernstein et al., "Industry," In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007), <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg3-chapter7-1.pdf>

³⁰ Ibid.

³¹ OECD, "Agriculture and Climate Change." Meeting of Agriculture Ministers. (2022). <https://www.oecd.org/agriculture/ministerial/documents/Agriculture%20and%20Climate%20Change.pdf>

³² Tarek Ben Hassen, Hamid El Bilali, and Mohammed Al-Maadeed, "Agri-Food Markets in Qatar: Drivers, Trends, and Policy Responses," Sustainability 12, no. 9: 3643, (2020). <https://doi.org/10.3390/su12093643>

³³ Ibid.

²⁴ EPA, "Global Greenhouse Gas Emissions Data," United States Environmental Protection Agency: Global Emissions by Economic Sector, <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data#Reference%201>

²⁵ MOCI, "Ministry of Commerce and Industry & Qatar Development Bank launch Qatar's Advanced Manufacturing Hub," (May 2022). https://www.moci.gov.qa/en/mec_news/ministry-of-commerce-and-industry-qatar-development-bank-launch-qatars-advanced-manufacturing-hub/

²⁶ Lenny Bernstein et al., "Industry," In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007), <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg3-chapter7-1.pdf>

²⁷ AMFG, "How Sustainable is Industrial 3D Printing?" (March 2020). <https://amfg.ai/2020/03/10/how-sustainable-is-industrial-3d-printing/>

التحديات في تنفيذ الحلول المُبتكرة

تواجه الدول تحديات عديدة عند تنفيذ حلول مُبتكرة لمُختلف القطاعات، ولكن العقبات غالبًا ما تكون مترابطة لأنها تعكس تجربة مُشتركة على نطاق عالمي أوسع. تشمل التحديات العالمية الأكثر شيوعًا لتنفيذ الحلول المُبتكرة الآتي:

• **مقاومة التغيير:** قد تواجه عملية تغيير المفاهيم الراسخة للممارسات التشغيلية المقبولة واستخدام التكنولوجيا مقاومة للتغيير من قِبَل الأفراد والمجتمعات والصناعات وحتى الحكومات. يُمكن أن تكون تلك المقاومة نتيجة لقيود داخلية مثل الخوف من التجربة أو عدم امتلاك المهارات أو الافتقار إلى الحافز وعدم إدراك أهمية التغيير. وتلعب القيود الخارجية أيضًا دورًا في إعاقة تنفيذ الحلول المُبتكرة مثل تحمّل تكاليف مرتفعة لتنفيذ وإجراء التحولات والافتقار إلى التوجيهات والحوافز الواضحة على مستوى القطاعات أو الحكومة.

• **الحوافز المالية:** عبّر مُختلف الصناعات، يتطلب تنفيذ الحلول المُبتكرة استثمارًا أوليًا كبيرًا في الموارد المالية والبشرية، وتُشكل التكلفة العالية لرأس المال المطلوب لاعتماد وتوسيع نطاق التكنولوجيا المُبتكرة تحديًا خاصًا للشركات العاملة في القطاعات التي تمر بتغيرات تحويلية مثل الطاقة أو الصناعة لأنها تحتاج إلى تحقيق توازن بين تخصيص أموال للابتكار إلى جانب التكاليف التشغيلية الأخرى. بالأخص، يصبح هذا المطلب المالي أكثر صعوبة في سياق الدول النامية حيث تكون الموارد الاقتصادية محدودة.

• **تحديات البنية التحتية:** قد يكون لدى العديد من الدول والصناعات بنية تحتية غير مناسبة وقديمة من شأنها أن تمنع تنفيذ الحلول المُبتكرة. لذا، ستحتاج البنية التحتية إلى التحديث أو إعادة البناء لاستيعاب التقنيات والممارسات التشغيلية الحديثة مما سيُكون مرهقًا ماليًا وسيأخذ وقتًا طويلًا وسيطلب تخطيطًا استراتيجيًا طويل المدى. فعلى سبيل المثال، يُمكن للتصميم التقليدي للبنية التحتية للطاقة أن يحد من تشرّ تكنولوجيا الطاقة المتجددة سواء كانت طاقة كهرومائية أو طاقة الرياح البحرية أو الألواح الشمسية.

• **نقل التكنولوجيا:** غالبًا ما يُسلط موضوع تطوير وتنفيذ الحلول المُبتكرة الضوء على فوارق بين الدول. في حين تقود الدول المتقدمة في كثير من الأحيان عمليات البحث والتطوير لإيجاد الحلول التكنولوجية القادرة على تحسين استخدام مواردها وخفض التكاليف وتخفيف من الآثار المناخية، فإن الدول النامية عادة ما تفتقر إلى الموارد والتكنولوجيا اللازمة لاعتماد الابتكارات واسعة النطاق. علاوة على ذلك، فإن نقل التكنولوجيا المُبتكرة من الدول المتقدمة إلى الدول النامية يُمكن أن يُشكّل تحديًا بسبب المشاكل المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية وتبادل المعرفة وقدرة الدول المتلقية للتكنولوجيا الجديدة على اعتمادها ودمجها في أنظمتها بشكل فعال.

والغذائي، أوردت الدكتورة كيرا شيبير - باحثة مشاركة في مركز التنمية المستدامة بجامعة قطر - المزيد من التفاصيل عن الإمكانيات الفريدة للابتكار البيولوجي في بيئة قطر نظرًا لوجود الطحالب الدقيقة والبكتيريا الزرقاء التي تزدهر في مناخ بيئة المنطقة الحار والجاف. فهذه الكائنات مفيدة في امتصاص ثاني أكسيد الكربون من البيئة وتحويله إلى كتل حيوية، وامتصاص عناصر غذائية من مياه الصرف الصحي لتعزيز الاقتصاد الدائري، غير أنها تُشكّل مصدرًا مستدامًا لإنتاج الأعلاف.³⁵

من بين العديد من الابتكارات الزراعية المستدامة الناشئة، برزت الزراعة الدقيقة كنهج شائع ومفيد يستغل التكنولوجيا لمراقبة وقياس والاستجابة للتغيرات داخل مُختلف المجالات وفيما بينها. تقوم أجهزة الاستشعار والأقمار الصناعية والطائرات بدون طيار بجمع البيانات طوال عملية الزراعة لتمكين برامج التحليلات التنبؤية من إخطار المزارعين عن دورة المحاصيل والزراعة والحصاد وإدارة التربة. باستخدام تكنولوجيا المعلومات والمعدات المتخصصة، يُمكن لعمليات الزراعة الدقيقة الحصول على بيانات آنية عن أحوال المحاصيل والتربة لكي تحصل على الرعاية المثلى، مما يعزز من الإنتاجية والربحية وحماية البيئة.³⁶

يُمكننا القول بشكل حاسم أن التنبؤي المستدام للحلول المُبتكرة في مُختلف القطاعات مشروط برغبة الدولة والشركات والأوساط الأكاديمية والمواطنين في التعاون لتحقيق التحول الفعال للاستدامة. توضح المبادرات المذكورة في قطر وحول العالم الطُرُق المتنوعة التي استثمرت بها الدول والقطاعات في الأبحاث واستخدام التقنيات الجديدة لمواصلة تقدمها الاقتصادي بالتزامن مع التخفيف من تأثيرها على تغيّر المناخ. بالإضافة إلى مثل هذه الحلول المُبتكرة، فهناك خيارات مختلفة يُمكن للدول استكشافها لتسريع عملية التحول المستدام لتحقيق أهداف الاستدامة الخاصة بها.

على الرغم من مدى تأثيره الكبير وإمكاناته الحيوية، فإن القطاع الزراعي يتخلف عن الصناعات الأخرى في التعهد بالالتزامات واتخاذ الإجراءات لمعالجة تغيّر المناخ. اعتبارًا من منتصف عام 2022، حدّدت 16 دولة فقط من منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية وبعض الاقتصادات الناشئة الكبرى أهدافًا خاصة بخفض الانبعاثات الزراعية. خلافاً للقطاعات الأخرى، لا تخضع الزراعة عادة لسياسات التخفيف من آثار تغيّر المناخ مثل تسعير الكربون أو التدابير التنظيمية المماثلة. بالإضافة إلى ذلك، لا يُستخدم سوى عدد محدود من الدول الدعم المستهدف لتشجيع جهود التخفيف من تلك الآثار. على الرغم من أن الزراعة تتلقى نصيبًا كبيرًا من الدعم عند وضع السياسات، إلا أن جزءًا ضئيلاً منه يتم توجيهه نحو تعزيز الابتكار أو المواءمة مع الأهداف المناخية.³⁴

تلعب الأوساط الأكاديمية دورًا محوريًا في تعزيز البحث في مجال الزراعة المستدامة وفرص التطور التكنولوجي. ناقشت الأستاذة الدكتورة مريم المعاضيد - نائب رئيس جامعة قطر للبحث والدراسات العليا - الطُرُق المختلفة التي تستثمر بها الجامعة في فرص البحوث الزراعية ودعم عمليات البحث والتطوير وعرض النتائج للحلول المستدامة في هذا القطاع. على سبيل المثال، تم إنشاء محطة البحوث الزراعية في عام 2020 لاستكشاف التقنيات الزراعية المُبتكرة التي يُمكنها تحسين استخدام الموارد الطبيعية ومعالجة التحديات التي تواجهها قطر في زراعة الأراضي الجافة كتقنيات أنظمة الري المتقدمة، والإدارة المتكاملة للآفات ومكافحة أمراض النباتات، وإنتاج الأسمدة العضوية في المزارع، واختبار التقنيات الزراعية المناسبة لمناخ قطر. كانت نتيجة الجهود المثمرة التي بذلتها محطة البحوث الزراعية أن أجرت جامعة قطر تجارب ناجحة في مجالات الزراعة العمودية، وتحسين زراعة التمور، وإعادة تدوير مخلفات القهوة، وزراعة الطحالب. في الجلسة الثالثة لمؤتمر قطر الوطني للتنمية المستدامة 2023 حول الأمن المائي

³⁴ Ibid.

³⁵ Ivy Wigmore, "What is precision agriculture?" Tech Target. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/precision-agriculture-precision-farming#:~:text=Precision%20agriculture%20uses%20information%20technology,and%20protection%20of%20the%20environment.>

³⁶ Erin Yoo, "Aquaponics: An Emerging Method for Food Sustainability," Hadron, (February 2022). <https://sites.imsa.edu/hadron/2022/02/01/aquaponics-an-emerging-method-for-food-sustainability/>

توصيات لتنفيذ الحلول المُبتكرة

1. اعتماد نهج متعدد الأوجه للتغلب على مقاومة التغيير

من الأهمية بمكان أن تتبنى الحكومات نهجًا متعدد الأوجه للتغلب على التحديات المرتبطة بمقاومة التغيير لتنفيذ الحلول المُبتكرة للتخفيف من آثار تغيُّر المناخ. في البداية، سيتعين على الحكومات أن تعمل على إعداد وتنفيذ حملات توعية وبرامج تعليمية مُوجَّهة لمعالجة القيود الداخلية الناجمة عن الخوف من التجربة أو عدم امتلاك المهارات أو الافتقار إلى الحافز لاستخدام تلك الحلول. من شأن مثل هذه الحملات التوعوية أن تُعزِّز الإقرار الكامل بأهمية وفوائد الحلول المُبتكرة عند أصحاب المصلحة المختلفين بما فيهم الأفراد والمجتمعات والصناعات. في قطر، يُمكن للتعاون مع مؤسسات مثل معهد قطر لبحوث البيئة والطاقة والصندوق القطري لرعاية البحث العلمي وإرثنا أن يعزز تطوير الحملات التوعوية والبرامج التعليمية المُوجَّهة وتصميمها لتناسب الجمهور المحلي. بالرغم من أن فعاليات كحوار قطر الوطني حول تغيُّر المناخ تُعتبر أمثلة رائعة على تعريف الصناعات والمجتمعات المحلية بالأهداف والمبادرات والالتزامات والتطورات الوطنية، إلا أن هناك حاجة إلى برامج تعليمية أكثر منهجية لتحقيق تغيير مستدام حقيقي وطويل الأمد داخل قطر.

في الوقت نفسه، يُمكن للحكومة معالجة القيود الخارجية من خلال تطوير سياسات داعمة، وأطر تنظيمية، وتوجيهات واضحة خاصة بكل قطاع للمساعدة في تطوير وتنفيذ الحلول المستدامة. في قطر، يُعتبر التعاون مع وزارة البلدية والمؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء (كهرماء) أمرًا بالغ الأهمية لمواءمة الأهداف الوطنية ووضع أطر واضحة وشاملة لسياسات الاستدامة. يُمكن أيضًا لمُختلف القطاعات إجراء القياسات المعيارية بناءً على الأطر التوجيهية المُعترف بها دوليًا يُقهم وضعها من حيث أداء الاستدامة، وكيفية تحسين مستوى مواءمتها مع أفضل الممارسات الحديثة، وإعداد التقارير عن التقدم الذي تحززه. تشمل مثل هذه الأطر والمعايير مشروع الكشف عن الكربون، والمبادرة العالمية للتقارير، ومجلس معايير محاسبة الاستدامة، وبروتوكول الغازات الدفيئة.

بالإضافة إلى الأطر التوجيهية، يُمكن للحكومة دراسة طُرُق مختلفة، سواءً كانت مالية أو غير مالية، لتحفيز أصحاب المصلحة في مُختلف القطاعات على تبني التغيير المستدام وتنفيذ الحلول المُبتكرة. فمن الناحية المالية، يُمكن للدولة أن تُعرض دعم أجزاء من العملية الانتقالية أو تُقدِّم تخفيضات ضريبية للشركات التي تُنفِّذ حلولًا مستدامة. كما يُمكن لكيانات مثل مركز قطر للمال، ووزارة المالية، وبنك قطر للتنمية أن تتعاون لتطوير آليات تمويلية للمساعدة في تخفيف تكاليف وعمليات تنفيذ التحولات المستدامة. أما على المستوى غير المالي، يُمكن للدولة تطوير برامج وجوائز تقديرية للاحتفال بالشركات الأكثر تقدمًا التي تقدّت وأعدّت تقارير عن تحولها نحو الاستدامة. بشكل عام، يتطلب التغلب على مقاومة التغيير التواصل الفعال وإشراك أصحاب المصلحة وتقديم الحوافز المؤثرة.

2. تمويل الابتكار على المستوى الدولي والمحلي

تستطيع الدول تعزيز التعاون بينها لتعبئة الموارد المالية وتسهيل تبادل المعرفة لتخطي الحواجز المالية المرتبطة بتنفيذ الحلول المُبتكرة للتخفيف من آثار تغيُّر المناخ. يُمكن للدول المتقدمة أن تساعد الدول النامية بشكل خاص من خلال الدعم المالي للتحول المستدام إلى حلول مُبتكرة إما عن طريق توفير التمويل المباشر أو المعدات أو تقديم المساعدة الفنية. في قطر، من الممكن أن تُساعد الاستفادة من خبرات مؤسسات مثل جهاز قطر للاستثمار ومركز قطر للمال في تعبئة وتخصيص الموارد المالية المحلية وتسهيل التعاون مع مؤسسات التمويل الدولية. علاوة على ذلك، يُمكن للدول دراسة تطبيق برامج الشراكة التي تُحقِّق منفعة متبادلة نتيجة لتعزيز العمليات الصناعية ذات الصلة باحتياجاتها الاقتصادية والبيئية.

على المستوى المحلي، يُمكن لهيئات وطنية مثل مصرف قطر المركزي وبنك قطر الوطني تعزيز آليات التمويل المُبتكرة داخل الدولة من خلال دراسة إصدار السندات الخضراء، وإقامة شراكات بين القطاعين العام والخاص، وإنشاء صناديق للمناخ يُمكنها جَذب استثمارات القطاع الخاص في التكنولوجيات الصديقة للمناخ. بالإضافة إلى ذلك، يُمكن للحكومة أن تُعرض دفع جزء من تكلفة التحول نحو الاستدامة واعتماد التكنولوجيات الجديدة من خلال برنامج مخصص لدعم الاستدامة يتم تنسيقه من قِبَل كيانات مثل وزارة التجارة والصناعة. يُمكن لهذا البرنامج أن يُقدِّم للشركات دعمًا إضافيًا بناءً على مستوى التحول التشغيلي ومدى تأثيره على التخفيف بشكل مستدام من آثار تغيُّر المناخ. يُمكن أن يحفز هذا البرنامج الشركات في مُختلف القطاعات على استكشاف استراتيجيات الاستدامة التحويلية وتصدُّر المبادرة لابتكار ممارساتها التشغيلية والمؤسسية الخاصة. من خلال هذه الجهود التعاونية، يُمكن لدول مثل قطر أن تتعامل بشكل فعال مع الحواجز المالية وأن تحفز التحول النوعي نحو حلول مناخية مستدامة ومُبتكرة.

3. مراجعة الأهداف الاستراتيجية والتخطيط لتطوير البنية التحتية

للدول من التحديات المرتبطة بالبنية التحتية غير المناسبة أو القديمة التي تعيق تنفيذ الحلول المناخية المُبتكرة، ينبغي للبلدان والصناعات إعطاء الأولوية لتحديث وتطوير البنية التحتية الحالية لشركاتها لتنماشى مع أهدافها ومتطلباتها للاستخدامات المُبتكرة للتكنولوجيا والآلات الجديدة أو المواد المستدامة. في قطر، يُمكن لجهات وطنية مثل كهرماء وهيئة الأشغال العامة (أشغال) مُساعدة الشركات والمُؤسَّسات المختلفة على إجراء تقييم شامل لقدرات بنيتها التحتية الحالية، وأهداف الدولة وغاياتها على المدى القصير والطويل، والتخطيط الاستراتيجي لتوجيه الصناعات الوطنية نحو البدء في إجراء التحديثات اللازمة. يُمكن للحكومات المحلية أن تُساعد القطاعات على تسهيل هذه العملية عن طريق تعميم سياسات وقواعد تنظيمية وحوافز واضحة تتطلب وتُشجِّع على دمج التكنولوجيات المُبتكرة في خطط تطوير البنية التحتية.

الابتكارات في مجال التغيُّر المناخي

علاوة على ذلك، يُمكن للسياسات واللوائح الوطنية أن تُستهدف بسهولة المُؤسَّسات الجديدة بإلزامها بإنشاء بنيتها التحتية بالتنمashi مع أحدث المبادئ التوجيهية للاستدامة لكي يُمكنها استيعاب التكنولوجيات الحديثة. كما يُمكن للصناعات تحديد أفضل الممارسات لتطوير البنية التحتية من خلال التعاون الدولي وتبادل المعرفة، مما يساعد الدول على الاستفادة من التجارب الناجحة. أما بالنسبة للقطاعات التي تحتاج بنيتها التحتية تحولًا كبيرًا، كقطاع الطاقة، يُعتبر الدعم السياسي والمالي الحكومي أمرًا أساسيًا لنجاح عملية التطوير وقد يلزم الأمر تقديم إعانات مالية كبيرة لتحقيق وحماية المصالح الوطنية داخل هذه القطاعات. من خلال جهد منسق يشمل الكيانات والمبادرات الوطنية السابق ذكرها، تستطيع الدول مُعالجة تحديات البنية التحتية وهيئة بيئة مواتية للتكامل الناجح للتكنولوجيات المُبتكرة مما سيؤدي إلى المزيد من النجاح في التزامها بالاستدامة.

4. التعاون العالمي والشراكات

إن التعاون العالمي أمر بالغ الأهمية لتسهيل تَقُل التكنولوجيا إلى الدول النامية التي تفتقر إلى قدرات البحث والتطوير، مما يساعد على التخفيف من حدة تباين قدرة الدول على تطوير وتنفيذ حلول مناخية مُبتكرة. يُمكن أن يشمل ذلك التعاون إنشاء آليات تعمل على تبسيط عملية تبادل المعرفة والخبرات والابتكارات بين الدول ذات المصالح القطاعية المتبادلة والشراكات الثنائية. في قطر، يُمكن للصندوق القطري لرعاية البحث العلمي، ومعهد قطر لبحوث البيئة والطاقة، ومركز إرثنا أن يلعبوا أدوارًا محورية من خلال تعزيز التعاون الإقليمي والدولي، وتبادل المعرفة والتكنولوجيا، والبحوث المُبتكرة. يُمكن للدول أيضًا دراسة إمكانية وضع إطار عمل يوازن بين حماية الملكية

الابتكارات القطاعية في مجال تغيُّر المناخ

الفكرية والتدفق الحر للتكنولوجيات المُبتكرة لتحقيق الهدف الأسمى المتمثل في التخفيف من آثار تغيُّر المناخ. بالإضافة إلى مثل هذه الأوجه من التعاون على مستوى القطاعات والحكومة، يلعب التعاون بين الأوساط الأكاديمية والصناعة دورًا محوريًا في تطوير وتعزيز ونقل حلول وتقنيات الاستدامة. كما يُعقَل هذا التعاون بمثابة جسر مهم بين المعرفة النظرية والتطبيقات العملية وبسهل تحويل الأبحاث الأكاديمية إلى حلول واقعية.

على المستوى المحلي، يُمكن لواحة قطر للعلوم والتكنولوجيا أن تعمل كمركز تعاوني يجمع بين الأوساط الأكاديمية والأبحاث الصناعية لتوفير منصة لتبادل المعرفة وتسهيل العمل على المشاريع البحثية المشتركة. يُمكن أيضًا تشكيل شراكات أكاديمية بين المؤسسات في مُختلف الدول حتى يتسنى تبادل وجهات النظر والخبرات والموارد المتنوعة لمواجهة تحديات الاستدامة المعقدة. وعلى هذا النحو، يُمكن للدول أن تُفكِّر في إنشاء مراكز للثورة الصناعية الرابعة أو التعاون معها ضمن الشبكة التي أسسها المنتدى الاقتصادي العالمي. تعمل هذه المراكز كمنصات عالمية لمساعدة الدول على تحسين إدارتها التكنولوجية وتحويل صناعاتها واقتصاداتها ومجتمعاتها رقميًا. إن إنشاء مثل هذه المراكز يُمكن أن يُساعد بشكل كبير على تحقيق الأهداف الوطنية من خلال التواصل مع مجموعة كبيرة من الخبراء والشبكات التي يُمكن أن تركز على الموضوعات التي تؤثر بشكل مباشر على المصالح الوطنية وتطوير الاستراتيجيات الوطنية الحالية لتنماشى مع التغيرات التكنولوجية والاجتماعية والاقتصادية المستمرة. يُمكننا القول في نهاية المطاف أن اعتماد نهج شامل لجميع لقطاعات ضرورة أساسية للتغلب على عقبات التي تنشأ من التفاوت في القدرة على استخدام التكنولوجيا ولضمان تنفيذ الابتكارات المستدامة على نطاق واسع.

في الختام، تنبثق هذه الورقة البيضاء من المناقشات الثاقبة التي دارت أثناء الحلقة النقاشية «الابتكارات في مجال التغير المناخي» التي أجريت في النسخة الثالثة من حوار قطر الوطني السنوي حول تغيّر المناخ. تعكس الاستكشاف واسع النطاق الذي أجري في هذا التحليل دراسة دقيقة للابتكارات المستدامة ويُقدّم توصيات توجيهية تتماشى مع أهداف الاستدامة والمصالح الوطنية في قطر. تُركّز الورقة على قطاعات رئيسية - وهي الطاقة والصناعة والزراعة - مُسلّطة الضوء على التطبيقات التكنولوجية للطاقة المتجددة، والتصنيع الذي يستخدم الموارد بكفاءة، والمنهجيات الزراعية المتقدمة للتأكد على ضرورة التحوّل النموذجي في اعتماد الحلول المُبتكرة. إن التوصيات المُحدّدة المتنوعة كدعم تمويل الابتكار على المستوى الدولي والمحلي، والتخطيط الاستراتيجي للبنية التحتية، والتعاون العالمي والقطاعي، وبناء القدرات التعاونية تُمهّد الطريق أمام قطر لتبرز ليست كلاعب عالمي واعى بأهمية المناخ فحسب ولكن كدولة رائدة في مجال التنمية المستدامة أيضًا، مما يتواءم بسلاسة مع رؤية قطر الوطنية 2030 الطموحة.

التكنولوجية. بإزالة القيود عن القدرات الوطنية والقطاعية من خلال الاستثمارات الاستراتيجية والبرامج التعاونية ومبادرات التعلم، تستطيع القوى العاملة المُدرّبة تنفيذ وإدارة الحلول المُبتكرة بشكل فعال للتخفيف من آثار تغيّر المناخ.

في قطر، يُمكن لجهات مثل وزارة العمل، ووزارة التجارة والصناعة، وغرفة تجارة وصناعة قطر بالتعاون مع المؤسسات الأكاديمية مثل جامعة قطر، وجامعة حمد بن خليفة، وجامعة جورجتاون في قطر أن تأخذ زمام مُبادَرة تطوير برامج تعليمية وتدريبية لتعزيز الخبرات الفنية للقوى العاملة الوطنية خاصة في المجالات المهمة للمصالح الوطنية والاقتصاد. كما يُمكن لمعهد البحوث الاجتماعية والاقتصادية المسحية، وهو مُبادَرة بحثية مسحية علمية اجتماعية تابعة لجامعة قطر، أن يُساعد في إدارة الدراسات الاستقصائية الوطنية وتحليل البيانات المتعلقة بفجوات العمل لدعم تكوين رؤى قائمة على البيانات وإفادة التوصيات السياسات.

5. بناء القدرات التعاونية الوطنية والقطاعية

للتغلب على التحديات المرتبطة ببناء القدرات لتنفيذ حلول مُبتكرة للتخفيف من آثار تغيّر المناخ، ينبغي على الحكومات وأصحاب المصلحة في مختلف الصناعات إعطاء الأولوية للاستثمار في برامج تعليمية وتدريبية لتعزيز الخبرات الفنية للقوى العاملة الوطنية وخاصة في المجالات المهمة للمصالح الوطنية والاقتصاد. كما ينبغي تطوير تلك البرامج بالتعاون مع المؤسسات الأكاديمية والاتحادات الصناعية والهيئات الحكومية للإحاطة بالفجوات في مهارات محددة لدى القوى العاملة، والبحث عن المنهجيات المثلى لتنمية القدرات، واعتماد المواد التدريبية ووضع البرامج التوجيهية. يُمكن للشركات تحفيز موظفيها لتوسيع معارفهم ومهاراتهم من خلال برامج لَمَنَح الموظفين ترقيات خاصة تزيد من أجورهم ومزاياهم لاكتسابهم مهارات جديدة. بالإضافة إلى ذلك، يُمكن للأنظمة الداخلية تسليط الضوء على الموظفين المثاليين أن تُحفّزهم على التعلم وتطوير قدراتهم بشكل مستمر.

تستطيع الحكومات أيضًا أن تُحفّز الشركات على الاستثمار في تدريب الموظفين وتنمية القدرات الوطنية من خلال برامج تحفيزية مماثلة لما سبق: كتقديم فوائد ملموسة مثل مَنَح التخفيضات الضريبية والأولوية في عطاءات المشاريع أو فوائد غير ملموسة مثل برامج وشهادات التقدير الوطني. علاوة على ذلك، يُمكن للشركات بين القطاعين العام والخاص أن تزيد من تحسن مهارات الموظفين في مجال الاستدامة وخلفياتهم المعرفية عن طريق تنظيم مؤتمرات وورش عمل خاصة بكل قطاع لتعليم وتدريب الموظفين على أحدث الممارسات والعمليات

يود مركز إرثنا أن يشكر أعضاء فريق استراتيجي هب على مساهماتهم في إعداد هذا التقرير، وهم: لين الرباط وآمنة آل ثاني وهاجرة خان. كما يود المركز أن يشكر المتدربة سارة نافع على مساعدتها في إعداد التقرير.

كما أننا مدينون أيضًا بالكثير من الامتنان لمتحدثي جلسات حوار قطر الوطني حول تغير المناخ الذين أثروا الخطاب وقدموا مندى ملياً بالأفكار الجديدة والتعاون والابتكار. هؤلاء المتحدثون هم: سعادة السيد صالح بن ماجد الخليفي (وكيل الوزارة المساعد لشؤون الصناعة وتنمية الأعمال، وزارة التجارة والصناعة)، السيد لوران فوردي (مدير إقليم دولة قطر، شركة إنجي قطر)، الأستاذة الدكتورة مريم المعاضيد (نائب الرئيس للبحث والدراسات العليا، جامعة قطر)، والسيد توماس بيش (مدير الشرق الأوسط وجنوب آسيا، شركة إيجيس)، ومنيرة الدوسري (الرئيس التنفيذي لشركة ستارلينك الشرق الأوسط).

تود وزارة البيئة والتغير المناخي ومركز إرثنا أن يشكر السفارة الفرنسية في الدوحة ومجلس الأعمال الفرنسي في قطر على شراكتهم للمساعدة في أن يصبح حوار قطر الوطني حول تغير المناخ 2023 مثمرًا. نتوجه بشكر خاص لبنك قطر الوطني على شراكته الاستراتيجية المتميزة ودعمه. وأخيرًا، يود مركز إرثنا أن يشكر منظمي الفعالية، والمتطوعين، والمتدربين، والوسطاء الذين ساهموا في نجاح مؤتمر هذا العام.

United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat. "The Paris Agreement." <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>

National Grid. "Onshore Vs. Offshore Wind Energy: What's the Difference?" (Last Updated March 2022). <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/onshore-vs-offshore-wind-energy>

Wigmore, Ivy. "What is precision agriculture?" Tech Target. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/precision-agriculture-precision-farming#:~:text=Precision%20agriculture%20uses%20information%20technology,and%20protection%20of%20the%20environment.>

OECD. "Agriculture and Climate Change." Meeting of Agriculture Ministers. (2022). <https://www.oecd.org/agriculture/ministerial/documents/Agriculture%20and%20Climate%20Change.pdf>

Yoo, Erin. "Aquaponics: An Emerging Method for Food Sustainability." Hadron. (February 2022). <https://sites.imsa.edu/hadron/2022/02/01/aquaponics-an-emerging-method-for-food-sustainability/>

United Nations. "COP26: Together for Our Planet." <https://www.un.org/en/climatechange/cop26#:~:text=The%20Glasgow%20Pact%20calls%20for,climate%20change%20and%20building%20resilience.>

Firoozi, Ali Akbar, and Firoozi, Ali Asghar. "A systematic review of the role of 4D printing in sustainable civil engineering solutions." Heliyon. Volume 9, Issue 10. (2023). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023081902>

GPC. "About Us." Qatar University: Research and Graduate Studies. https://gpc.qu.edu.qa/sites/en_US/research/gpc/about

Hannon, Mathew, and Ronan Bolton. "Energy Innovation and the Sustainability Transition." Handbook of Energy Economics and Policy: Fundamentals and Applications for Engineers and Energy Planners (1st Edition). Academic Press. (2021). https://pure.strath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/112897884/Hannon_Bolton_AP_2021_Energy_innovation_and_the_sustainability.pdf

Iberdola. "What is Offshore Wind Energy?" <https://www.iberdola.com/sustainability/how-does-offshore-wind-energy-work>

IEA. "Energy Technology RD&D Budgets Data Explorer." (Last Updated October 2023). <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-technology-rdd-budgets-data-explorer>

Palacín, José. "Addressing Climate Change Through Innovation – The Challenges Ahead." The United Nations Economic Commission for Europe. (2009). https://unece.org/fileadmin/DAM/oes/nutshell/2009/3_ClimateChangeInnovation.pdf

MOCI, "Ministry of Commerce and Industry & Qatar Development Bank launch Qatar's Advanced Manufacturing Hub," (May 2022). https://www.moci.gov.qa/en/mec_news/ministry-of-commerce-and-industry-qatar-development-bank-launch-qatars-advanced-manufacturing-hub/

Moreira, Fernando, Maria Manuela Cruz-Cunha, and João Varajão. "Handbook of Research on Enterprise 2.0: Technological, Social, and Organizational Dimensions- Background on Climate Change: Overview of Climate Change Trends and Impacts." Volume in the Advances in Business Information Systems and Analytics (ABISA). (2013).

NASA. "Global Climate Change: Vital Signs of the Planet." <https://climate.nasa.gov/>

The United Nations. "What Is Climate Change?" <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>

AMFG. "How Sustainable is Industrial 3D Printing?" (March 2020). <https://amfg.ai/2020/03/10/how-sustainable-is-industrial-3d-printing/>

Ben Hassen, Tarek, Hamid El Bilali, and Mohammed Al-Maadeed, "Agri-Food Markets in Qatar: Drivers, Trends, and Policy Responses," Sustainability 12, no. 9: 3643, (2020). <https://doi.org/10.3390/su12093643>

Bernstein, Lenny, Joyashree Roy, K. Casey Delhotal, Jochen Harnisch, Ryuji Matsuhashi, Lynn Price, Kanako Tanaka, Ernst Worrell, Francis Yamba, Zhou Fengqi. "Industry." In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (2007). <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg3-chapter7-1.pdf>

Brunel. "Concentrated Solar Power (CSP), Explained." (March 2021). <https://www.brunel.net/en/blog/renewable-energy/concentrated-solar-power>

EERE. "Geothermal Basics." United States Energy Departments. <https://www.energy.gov/eere/geothermal/geothermal-basics#:~:text=Geothermal%20energy%20is%20heat%20energy,depths%20below%20the%20Earth's%20surface>

EERE. "Hydropower Basics." United States Energy Departments. <https://www.energy.gov/eere/water/hydropower-basics>

EIA. "Biomass Explained." Independent Statistics and Analysis. (Last Updated June 2023). <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/>

EIA. "Solar Explained." Independent Statistics and Analysis. (Last updated May 2023). [https://www.eia.gov/energyexplained/solar/photovoltaics-and-electricity.php#:~:text=A%20photovoltaic%20\(PV\)%20cell%2C,converts%20sunlight%20directly%20into%20electricity.](https://www.eia.gov/energyexplained/solar/photovoltaics-and-electricity.php#:~:text=A%20photovoltaic%20(PV)%20cell%2C,converts%20sunlight%20directly%20into%20electricity.)

EPA. "Global Greenhouse Gas Emissions Data." United States Environmental Protection Agency: Global Emissions by Economic Sector. <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data#Reference%201>

Ferrario, Federico. "Infrastructure solutions: Power for clean energy innovation." European Investment Bank. (September 2022). <https://www.eib.org/en/essays/green-energy-innovation>



