صندوق النقد العربي
ARAB MONETARY FUND

موجز سياسات

العدد 31 - مايو 2023

أمن الطاقة والاقتصاد الدائري للكربون كإستراتيجية لتعزيز الاستدامة في الدول العربية

إعداد:
د. سائد خليل، د. أنور عثمان، د. علي بن الضب

ملخص تنفيذي:

يعد أمن الطاقة قضية جوهرية للبلدان في جميع أنحاء العالم، لتأثيره على النمو الاقتصادي والأمن القومي ورفاهية المواطنين. تواجه دول العالم ومنها الدول العربية عدداً من التحدّيات على مستوى أمن الطاقة والتحول إلى مصادر أكثر استدامة، ولمواجهة هذه التحديات، يحتاج العالم إلى اعتماد نهج شامل ومتكامل لأمن الطاقة يأخذ في الاعتبار الحاجة إلى زيادة كفاءة الطاقة، وتطوير الطاقة المتجددة، وحماية البنية التحتية للطاقة الحيوية، والعمل على التقليل من الانبعاثات الكربونية المضرة بالبيئة. ويعتبر الاقتصاد الدائري للكربون القائم على مبدأ إعادة تدوير الانبعاثات الكربونية نهجاً يمكن أن يساهم في مستقبل أكثر ملاءمة واستدامةً للطاقة والمناخ.

محتوى العدد

1. مقدمة _____ 2
2. تطورات أسواق الطاقة في العالم والبلدان العربية _____ 2
3. أمن الطاقة في الدول العربية _____ 6
4. الطاقة المتجددة والنظيفة _____ 8
5. الاقتصاد الدائري للكربون في الدول العربية _____ 11
6. خلاصة وتوصيات _____ 17
قائمة المصادر _____ 18

1. مقدمة

تكتسي مصادر الطاقة الأحفورية أهميةً بالغةً في الاقتصادات النامية والمتقدمة على حدٍ سواء، لما لها من أهمية في توليد الكهرباء وتدفئة المنازل والمباني، والنقل بأنواعه البري والبحري والجوي، كما تستخدم كمواد خام في إنتاج مجموعة واسعة من المنتجات، كالبلاستيك والأسمدة والمستحضرات الصيدلانية. بالإضافة إلى ذلك، تعد صناعة النفط والغاز مساهماً رئيساً في الاقتصاد العالمي، حيث توفر الوظائف والعائدات للحكومات والشركات في جميع أنحاء العالم.

يشير أمن الطاقة إلى التوافر الموثوق والمستقر لمصادر الطاقة بسعر مناسب، ويشمل الإجراءات المتخذة لضمان استمرارية إمدادات الطاقة وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة من الخارج. كما يشمل تطوير مصادر الطاقة المحلية، وتنويع مصادر الطاقة، وتنفيذ تدابير الحفاظ على الطاقة. يعتبر ضمان أمن الطاقة عنصراً هاماً للحفاظ على الاستقرار الاقتصادي والأمن القومي.

مع اتساع استخدامات الطاقة، تتجه الأنظار إلى مصادر الوقود الأحفوري لاسيما الفحم، والنفط، والغاز، باعتبارها المسؤول الأول عن انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المضرة بالبيئة، وعلى رأسها غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، الذي له تداعيات مؤثرة على البيئة والمناخ، في ظل ما تشهده الكرة الأرضية في السنوات الأخيرة من تغيرات مناخية شديدة، وانعكاساتها على القطاعات الاقتصادية والمالية. يؤدي استهداف مصادر الطاقة بدلاً من استهداف الانبعاثات الكربونية إلى تشوهات في أسعار الطاقة، وما لها من انعكاسات على استقرار وأمن العرض والطلب على الطاقة، بما في ذلك الوصول إلى مصادر الطاقة الموثوقة وميسورة التكلفة، والقدرة على الحفاظ على البنية التحتية للطاقة وتحسينها، وهو ما يمثّل جوهر أمن الطاقة.

في هذا الإطار، تعمل دول العالم، من خلال البحث والتطوير، على الحد من مشكلة الاحتباس الحراري من خلال تقليل الانبعاثات الكربونية المضرّة بالبيئة. حيث تتركز الحلول والمقترحات على استخدام الطاقة البديلة أو النظيفة والمتجددة التي قد لا ينتج عند استخدامها انبعاثات كربونية عالية، كما تتميز مصادر هذا النوع من الطاقة بعدم النضوب كالطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، لكن إنتاج الطاقة من هذه المصادر لم يصل إلى المستوى المطلوب لتلبية احتياجات جميع الدوّل. ومن ناحية ثانية، لا يوجد تقييم شامل للآثار البيئية للعناصر المستخدمة فيها ومدى التأثير السلبي المحتمل على البيئة. لا يزال الوقود الأحفوري يشكل 80 في المائة من مصادر الطاقة، كما أظهرت التطورات العالمية الأخيرة صعوبة الحصول على بدائل مناسبة لمصادر الطاقة الأحفورية، حيث أجبرت بعض الدول على الرجوع إلى استخدام الفحم رغم المخاطر البيئية الناجمة عن الانبعاثات الكربونية العالية. لذا، تتجه العديد من الدول إلى تبني إستراتيجية إدارة الانبعاثات الكربونية من خلال ما يسمى بالاقتصاد الدائري للكربون، الذي يهدف إلى الحد من الانبعاثات الكربونية من خلال إعادة استخدامها وتدويرها والتقليل منها، وتعزيز أمن الطاقة. بالرغم من ذلك، يوّفر التوجه نحو الطاقة البديلة والاقتصاد الدائري للكربون حلولاً إستراتيجية بالغة الأهمية، للتقليل من الانبعاثات الكربونية المضرة بالبيئة للوصول إلى صافي صفري من الانبعاثات الكربونية مع المساهمة في تعزيز أمن الطاقة.

يحتوي هذا العدد من موجز السياسات على تطورات أسواق الطاقة حول العالم وفي الدول العربية، بالإضافة إلى أمن الطاقة كحاجة قُطرية لضمان استمراريتها، كما يتناول موضوعي الطاقة البديلة والاقتصاد الدائري للكربون لإدارة الانبعاثات الكربونية، مع عرض لأهم الاستنتاجات والتوصيات لصالح صانعي السياسات.

2. تطورات أسواق الطاقة في العالم والبلدان العربية

تُعنى أسواق الطاقة بتجارة وإمدادات الطاقة حول العالم، وبشكلٍ خاص حجم العرض والطلب (الاستهلاك) العالمي من الطاقة. تتأثر أسواق الطاقة عادةً بعدّة عوامل أبرزها أسعار الطاقة، وبسلوك المنتجين والمستهلكين، بالإضافة إلى الأحداث العالمية الطارئة والمستجدة كالكوارث، والأوبئة، والأزمات السياسية، والتقلبات الاقتصادية. يعتبر الوقود الأحفوري (الفحم، النفط، والغاز الطبيعي) المصدر الأكبر للطاقة حول العالم. وهناك مصادر أخرى للطاقة منها مصادر الطاقة المتجددة كالرياح، والماء، والشمس، بالإضافة إلى الطاقة النووية والوقود الحيوي والنفايات.

شهد العقد الماضي انخفاضاً في أسعار الطاقة كنتيجة طبيعية لانخفاض أسعار مصادرها الرئيسة وعلى وجه الخصوص أسعار الوقود الأحفوري، النفط والغاز. ومما ساعد على ذلك، استمرارية الدول المصدرة للنفط في تلبية احتياجات السوق العالمي من الوقود الأحفوري. ولكن مع تأثر العالم بجائحة (كوفيد-19) والإجراءات الاحترازية التي اتبعتها دول العالم، تأثرت إمدادات الطاقة حول العالم كما تراجع الطلب عليها كمحصلة لتراجع الطلب الكلي، وتأثرت الأنشطة الاقتصادية بحالات الإغلاق التي فرضتها السلطات حول العالم للحد من تفشي الجائحة الصحية. لم يكد العالم ينتهِ من جائحة كورونا

ويبدأ مرحلة التعافي منها، حتى ظهرت أحداث سياسية واقتصادية مستجدة على المستوى العالمي، لاسيما السياسات النقدية المتشددة، التي تمثلت برفع أسعار الفائدة، والأحداث الأخيرة في أوروبا، مما أدى إلى اختلالات في إمدادات الطاقة، وساهم في عدم استقرار أسعار الطاقة بشكل كبير، الأمر الذي أثّر على مستويات الأسعار الكلية، وفاقم من آثار الأزمة الصحية على الاقتصاد العالمي الذي لم يشهد تعافياً كليّاً.

يظهر الشكل (1) مؤشر أسعار الطاقة (الوقود) العالمي، وهو مؤشر تجميعي لأسعار النفط الخام، والغاز الطبيعي، والفحم، والبروبان (*Propane*). ويظهر الشكل أنه بين عامي 2011 و2019 تراجعت أسعار الطاقة بمعدل سنوي فاق 4.4 في المائة بالمتوسط، بينما تراجعت أسعار الطاقة بحوالي 29.0 في المائة خلال العام 2020 نتيجة للأزمة الصحية وتراجع الطلب على الطاقة. وكمحصلة لتأثر سلاسل الإمداد وارتفاع تكاليف النقل وتخفيف القيود الصحية وتعافي الاقتصاد العالمي، تضاعفت أسعار الطاقة خلال العام 2021 مقارنة مع أسعارها في العام 2020. مع التطورات التي حصلت في أوروبا وانخفاض إمدادات الطاقة ارتفعت أسعار الطاقة مرة أخرى بأكثر من 68 في المائة خلال العشر شهور الأولى من العام 2022 مقارنة مع العام 2021.

شكل 1. مؤشر أسعار الوقود (الطاقة) العالمي، 2016 = 100*

المصدر: صندوق النقد الدولي، قاعدة بيانات أسعار السلع الأساسية.

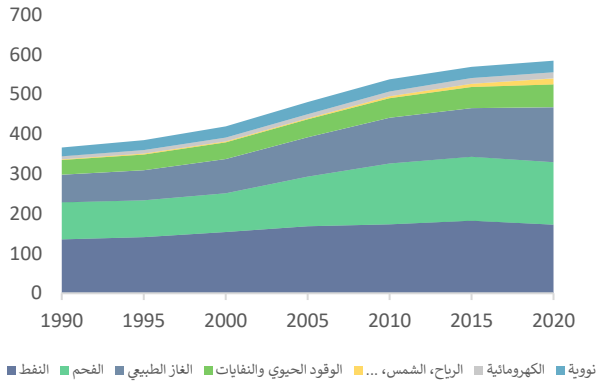
*** حتى شهر يناير 2023.**

عندما كانت مصادر الطاقة متوفرة بسهولة وأسعارها رخيصة خلال العقد الماضي، كان التفكير متجهاً نحو التقليل من انبعاثات الكربون والتخفيف من آثار الاحتباس الحراري على البيئة. لكن مع التطورات الأخيرة جرّاء الجائحة والأحداث الجيوسياسية تحولت الأنظار نحو أمن الطاقة. فمع تأثر الإمدادات من بعض المصادر وتقلب أسعار الطاقة ظهرت العديد من مواطن الضعف في اقتصادات العالم، مما دفع العديد من الدول إلى صياغة سياسات تتعلق بأمن الطاقة تركز فيها على ظروفها وخصائصها المحلية، ومصادرها الطبيعية، وكذلك أنظمتها الاقتصادية والاجتماعية. لهذا نجد اختلافاً في سياسات الطاقة بين البلدان نظراً لتنوع واختلاف ظروفها وأولوياتها الاقتصادية والاجتماعية، وكذلك مواردها ومصادرها الطبيعية.

سيتم في هذا الجزء من الموجز التركيز على أمن الطاقة، تعريفه وأبعاده، بالإضافة إلى وضع أمن الطاقة في الدول العربية، وسياساتها وخططها في هذا المجال.

يوضح الشكل (2) حجم العرض العالمي من الطاقة حسب المصدر للفترة 1990 – 2020. تشير البيانات إلى نمو مستمر في حجم المعروض من الطاقة منذ العام 1990، فقد بلغت نسبة النمو السنوي في عرض الطاقة ما يقارب 0.8 في المائة بين عامي 2010 و2020 متباطئةً عمّا كانت عليه بين عامي 2000 و2010 حين بلغت نسبة النمو السنوي حوالي 2.3 في المائة. من جهة أخرى، يشكّل الوقود الأحفوري المصدر الرئيس للطاقة عالمياً بحصة بلغت حوالي 80 في المائة من مجموع عرض الطاقة في العام 2020، موزعة بين النفط (29.5 في المائة)، والفحم (26.8 في المائة)، والغاز الطبيعي (23.7 في المائة)، بينما بلغت حصة باقي المصادر 20 في المائة من المعروض العاملي خلال العام 2020. تجدر الإشارة إلى أن حصة الوقود الأحفوري تراجعت بشكل هامشي بين عامي 1990 و2020 لصالح مصادر الطاقة الأخرى.

شكل 2. حجم عرض الطاقة العالمي حسب المصدر، مليون تيرا جول

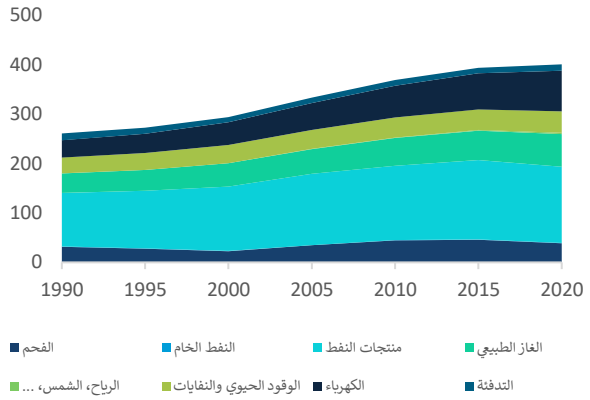


المصدر: قاعدة بيانات وكالة الطاقة الدولية (2022)

يظهر الشكل (3) حجم الاستهلاك العالمي من الطاقة للفترة 1990 – 2020، حيث بلغت نسبة النمو السنوي لاستهلاك الطاقة حوالي 0.7 في المائة بين عامي 2010 و2020، بالمقارنة مع 2.1 في المائة بين عامي 2000 و2010. شكّل كل من الفحم، والنفط ومنتجاته، والغاز الطبيعي حوالي 65 في المائة من حجم استهلاك الطاقة العالمي، آخذين بعين الاعتبار أن مصادر استهلاك أخرى كالكهرباء والتدفئة جزء منها غير بسيط مصدره الوقود الأحفوري (فحم، نفط، وغاز على وجه

التحديد) والتي شكلت حصتها (الكهرباء والتدفئة) حوالي 23 في المائة من حجم استهلاك الطاقة العالمي، بينما بلغت حصة الوقود الحيوي والنفايات، والرياح والشمس حوالي 12 في المائة فقط خلال 2020. وتجدر الإشارة إلى أن حصة الفحم، والنفط ومنتجاته، والغاز الطبيعي تراجعت من 69 في المائة عام 1990 إلى 65 في المائة عام 2020.

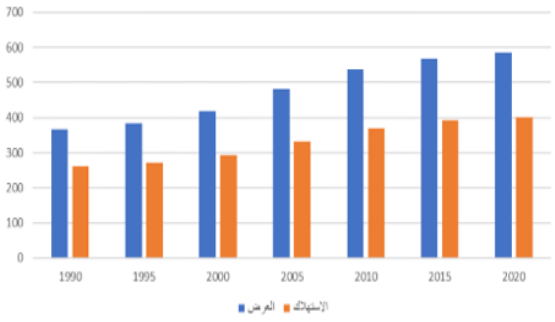
شكل 3. حجم الاستهلاك العالمي من الطاقة حسب المصدر، (مليون تيرا جول)



المصدر: قاعدة بيانات وكالة الطاقة الدولية (2022).

يظهر الشكل (4) الفرق بين العرض والاستهلاك العالمي من الطاقة للفترة 1990 – 2020. ويظهر من الشكل أن الاستهلاك العالمي للطاقة شكل حوالي 69 في المائة من العرض العالمي للطاقة خلال العام 2020، مقارنة مع 71 في المائة عام 1990، مما يشير إلى أن احتياطيات الطاقة شكلت حوالي 31 في المائة من حجم العرض خلال العام 2020 بواقع 184 مليون تيرا جول تقريباً.

شكل 4. الفجوة بين العرض والاستهلاك العالمي من الطاقة، (مليون تيرا جول)



المصدر: قاعدة بيانات وكالة الطاقة الدولية.

يتضح مما سبق الاعتماد الواضح على مصادر الطاقة الأحفورية كمصدر رئيس للطاقة على المستوى العالمي، كما لا توجد إشارات واضحة على توجه عالمي صريح للتخلي عن هذه المصادر في المدى القريب. من جهة أخرى، أظهرت المؤشرات أن العرض العالمي كان على الدوام أعلى من الاستهلاك العالمي للطاقة، مما يشير إلى توفر فائض دائم في الطاقة على الصعيد العالمي. لكن الأمر مختلف عند استعراض مؤشرات الطاقة على صعيد الدول والأقاليم، فهناك دول تعتبر مصدِّراً صافياً للطاقة، وأخرى تعتبر مستورداً صافياً للطاقة. يوضح الجدول رقم (1) صافي الواردات من الطاقة لمناطق ودول حول العالم بالإضافة إلى الدول العربية. كما تشير البيانات فإن قارتي أوروبا وأسيا والباسيفيك تعتبر مستوردةً صافيةً للطاقة، بينما كل من أمريكا الوسطى والجنوبية وأفريقيا تعتبر مصدّرةً صافيةً للطاقة. وفيما يتعلق بأمريكا الشمالية، فحتى العام 2016 كانت مستوردةً صافيةً للطاقة، ولكن بعد ذلك أصبحت مصدّرةً صافيةً للطاقة.

فيما يتعلق بالدول العربية، فتعتبر منطقةً منتجةً ومصدرةً للطاقة، حيث بلغ صافي حجم التصدير حوالي 44.4 ألف تيرا جول في العام 2020، بالمقارنة مع 41.8 ألف تيرا جول في العام 2000. ولكن يوجد عدد من الدول العربية تصنف على أنها مصدرةً صافيةً للطاقة وهي: الإمارات العربية المتحدة، البحرين، الجزائر، المملكة العربية السعودية، العراق، عُمان، قطر، الكويت، ليبيا، واليمن. بينما كل من المملكة الأردنية الهاشمية، تونس، لبنان، والمملكة المغربية تعتبر دول مستوردةً صافيةً للطاقة. وفيما يتعلق بالسودان، ومصر فكانتا حتى العام 2012 دولاً مصدرةً للطاقة وتحولت بعد ذلك لدولٍ مستوردةٍ للطاقة، وبالنسبة لسوريا فأصبحت دولةً مستوردةً للطاقة في العام 2012، بعد أن كانت حتى العام 2011 دولةً مصدرةً للطاقة.

جدول 1. صافي واردات الطاقة 2000 – 2020، تيرا جول

	2000	2005	2010	2015	2020
أمريكا الشمالية	**17,013.5**	**22,066.1**	**14,641.7**	**2,802.6**	**-11,595.6**
الولايات المتحدة	25,387.9	30,819.5	22,345.4	10,734.1	-3,392.3
كندا	-5,345.7	-5,420.9	-6,014.4	-7,866.0	-9,575.8
أمريكا الوسطى والجنوبية	**-5,988.0**	**-7,931.8**	**-6,594.6**	**-5,989.5**	**-4,363.8**
البرازيل	1,862.7	1,062.6	1,064.7	1,095.3	-1,328.1
الأرجنتين	-866.5	-675.8	-75.8	473.5	38.2
أوروبا	**33,439.6**	**41,083.8**	**40,915.9**	**38,900.8**	**35,624.6**
ألمانيا	8,611.0	8,873.5	8,562.0	8,332.2	7,624.6
فرنسا	5,547.1	6,055.4	5,540.8	5,033.8	4,183.0
المملكة المتحدة	-1,689.8	1,324.3	2,622.6	3,045.9	1,813.3
أفريقيا	**-15,748.2**	**-19,953.7**	**-19,302.2**	**-13,331.6**	**-10,295.1**
جنوب أفريقيا	-1,322.9	-1,289.7	-752.3	-954.2	-978.9
نيجيريا	-4,607.9	-5,355.2	-5,284.2	-4,705.7	-3,221.3
أسيا الباسيفيك	**28,061.2**	**32,163.0**	**44,519.5**	**54,946.7**	**66,625.0**
الصين	1,307.1	4,190.1	14,452.0	20,984.7	33,665.2
الهند	3,828.0	5,087.8	8,572.1	12,810.4	13,653.2
اليابان	17,886.8	18,156.9	17,094.7	17,167.6	14,443.2
أستراليا	-5,323.0	-6,227.8	-7,829.3	-10,474.4	-13,080.7

الدول العربية*					
-41,792.5	-46,406.6	-43,653.6	-46,275.4	-44,368.4	
199.7	292.7	306.9	366.3	328.2	الأردن
-4,748.9	-5,063.1	-4,498.5	-5,296.5	-5,087.6	الإمارات
-335.1	-270.2	-283.4	-342.5	-345.0	البحرين
34.1	74.1	86.7	205.6	248.7	تونس
-4,813.6	-5,599.2	-4,676.4	-3,786.8	-3,185.2	الجزائر
-15,311.0	-18,350.0	-13,828.4	-16,992.4	-15,757.5	السعودية
-279.2	-490.2	-802.2	32.4	91.3	السودان
-745.5	-294.3	-183.0	238.2	187.2	سوريا
-4,497.5	-2,921.5	-3,798.2	-6,168.3	-7,078.6	العراق
-2,198.5	-2,068.7	-1,967.9	-2,117.5	-2,208.5	عمان
-2,108.9	-3,023.8	-6,281.1	-7,732.4	-7,323.6	قطر
-3,987.3	-4,974.0	-4,295.8	-5,540.6	-4,708.1	الكويت
204.3	207.7	269.6	348.3	286.4	لبنان
-2,502.2	-3,337.9	-3,445.9	-691.3	-658.2	ليبيا
415.7	535.1	686.2	784.2	800.1	المغرب
-404.1	-594.6	-478.4	430.4	83.3	مصر
-714.6	-528.5	-463.8	-12.6	-41.3	اليمن

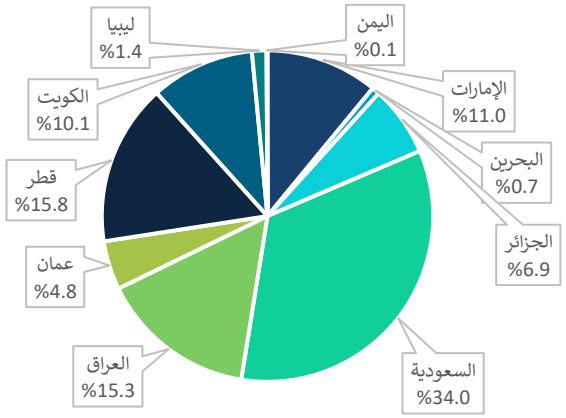
المصدر: قاعدة بيانات وكالة الطاقة الدولية.

القيم السالبة تعني أن الدولة أو المنطقة تعتبر مصدّر صافي للطاقة.

*** مجموع صافي واردات الطاقة للدول العربية الواردة في الجدول، حيث لا توجد بيانات لباقي الدول العربية غير المذكورة في الجدول (جزر القمر، جيبوتي، الصومال، فلسطين، وموريتانيا).**

يوضح الشكل (5) حصص الدول العربية من صافي صادرات الطاقة في العام 2020، حيث استحوذت السعودية على أكبر حصة (34 في المائة)، تليها قطر (15.8 في المائة)، ثم العراق بنسبة بلغت 15.3 في المائة، وجاءت الإمارات العربية المتحدة في المركز الرابع بواقع 11.0 في المائة. وشكلت صادرات هذه الدول حوالي 76 في المائة من صافي صادرات الطاقة العربية في العام 2020.

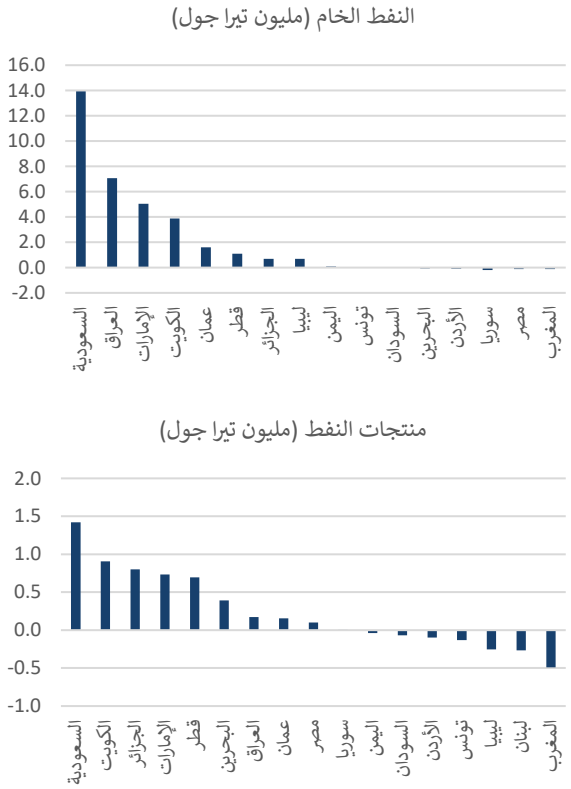
شكل 5. حصص الدول العربية من صافي صادرات الطاقة، 2020

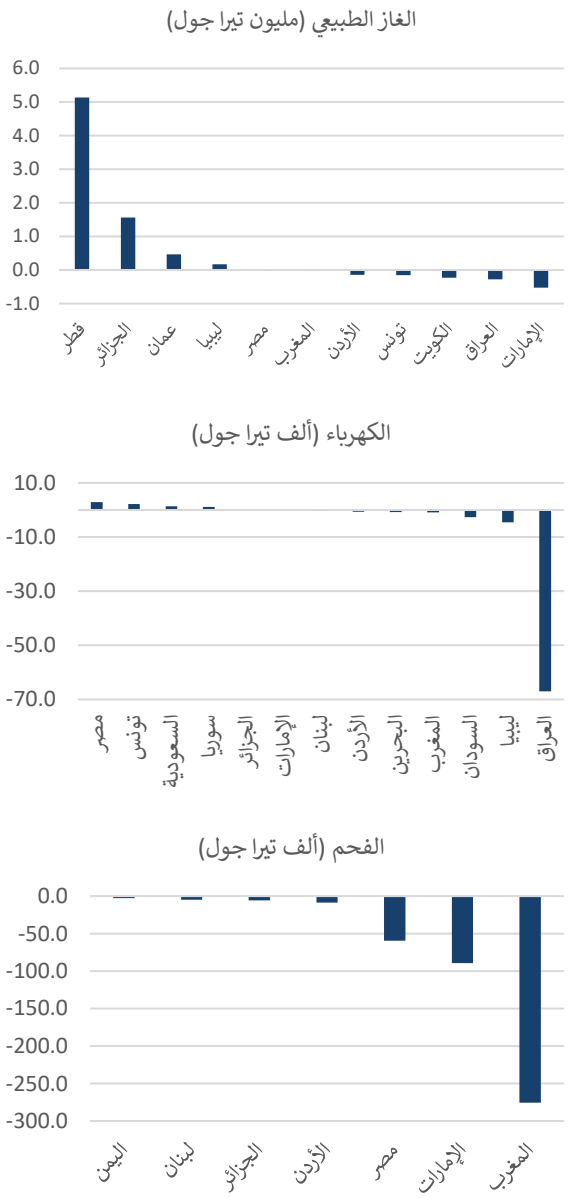


المصدر: قاعدة بيانات وكالة الطاقة الدولية.

يظهر الشكل (6) صافي صادرات الطاقة في الدول العربية للعام 2020 حسب مصدر الطاقة (النفط الخام، المنتجات النفطية، الغاز الطبيعي، الكهرباء، والفحم). القيم الموجبة تعني أن الدولة مصدر صافٍ للطاقة، والقيم السالبة تعني أن الدولة مستورد صافٍ للطاقة. وكما يشير الشكل، فإن المملكة العربية السعودية تعتبر المصدر الأكبر للنفط الخام والمنتجات النفطية، بينما المغرب هي المستورد الأكبر لهذين المصدرين للطاقة. وفيما يتعلق بالغاز الطبيعي، فإن دولة قطر هي المصدر الأكبر لهذا المصدر وفي الجهة المقابلة الإمارات العربية المتحدة هي المستورد الأكبر للطاقة التي مصدرها الغاز الطبيعي. ويعتبر حجم صافي صادرات الطاقة الكهربائية متواضعاً في الدول العربية، باستثناء العراق التي يصل حجم استيرادها من الطاقة الكهربائية حوالي 67.0 ألف تيرا جول خلال العام 2020. وفيما يتعلق بالطاقة الناتجة عن الفحم، فإن الدول العربية تعتبر مستورد صافٍ لها مع استحواذ كل من المغرب، الإمارات العربية المتحدة، ومصر على الحصة الأكبر من واردات مثل هذا النوع من الطاقة.

شكل 6. صافي صادرات الطاقة في الدول العربية حسب مصدر الطاقة 2020





المصدر: قاعدة بيانات وكالة الطاقة الدولية

3. أمن الطاقة في الدول العربية

تعرّف وكالة الطاقة الدولية (*International Energy Agency*) أمن الطاقة على أنه **التوفر المستمر لمصادر الطاقة بأسعار معقولة**. ولأمن الطاقة جوانب عدّة يمكن تلخيصها ضمن بندين رئيسيين: الأول، أمن الطاقة طويل الأمد، ويندرج فيها كل ما يتعلق بالاستثمارات الموجهة نحو توفير الطاقة بما يتماشى مع التطورات الاقتصادية والاحتياجات البيئية. الثاني، مرتبط بأمن الطاقة على المدى القصير، حيث يكون محور التركيز هنا على تعزيز قدرة قطاع الطاقة في البلد على الاستجابة السريعة لأية اختلالات وتغيّرات مفاجئة على جانبي العرض والطلب [1]. بشكلٍ مختصر، يرتبط أمن الطاقة بقدرة البلد على تلبية الطلب الحالي والمستقبلي على الطاقة، وقدرتها على مقاومة الصدمات والتعافي منها بسرعة وبالحد الأدنى من تأثر إمدادات الطاقة.

تعرف منظمة الأمن والتعاون في أوروبا [2] (*Organization for Security and Co-operation in Europe*) أمن الطاقة على أنه الوصول المستقر لمصادر الطاقة في الوقت المناسب، وعلى أساس مستدام، وبأسعار معقولة. ويشدّد التعريف هنا على أهمية القدرة على الوصول لمصادر الطاقة ليس لأنه مهم فقط في توفير الاحتياجات الأساسية كالطعام، والماء، والإنارة وغيرها، ولكن لأنه أيضاً متطلب للنمو الاقتصادي، والاستقرار السياسي، والازدهار.

تطرقت العديد من الأدبيات إلى تعريف أمن الطاقة، حيث احتوت تلك التعريفات على أربعة عوامل رئيسة لأمن الطاقة والتي يطلق عليها (*Four A's of Energy Security*) وهي:

1. التوفر (*Availability*)، وهو ضمان أن إمدادات الطاقة متوفرة بكميات كافية.
2. معقولية التكاليف (*Affordability*)، وهي أن تكون أسعار الطاقة بأسعار منخفضة بشكل كافٍ.
3. إمكانية النفاذ (*Accessibility*)، وهي ضمان أن كل المواطنين لديهم إمكانية الحصول على الطاقة، من حيث توفير البنية التحتية وضمان قدرة كافة المواطنين على تحمل تكاليف الحصول على الطاقة.
4. القبول (*Acceptability*)، وهو ضمان تقليل الآثار السلبية للطاقة، مثل التلوث والأضرار البيئية، إلى الحد الأدنى المقبول من قبل مستخدمي الطاقة.

وفي ذات السياق، قام مجلس الطاقة العالمي (*World Energy Council*) بالشراكة مع مؤسسة (*Oliver Wyman* [3]) باستحداث مؤشر سنوي يتعلق بالطاقة في دول العالم (Energy Trilemma Index)، وهو مؤشر مركب يتناول ثلاثة أبعاد للطاقة تأخذ بعين الاعتبار العوامل الأربعة السابق ذكرها. والأبعاد الثلاث لهذا المؤشر هي:

1. أمن الطاقة (*Energy Security*)، ويركز هذا البعد على سياسات الطاقة الناجعة للاستفادة من مصادر الطاقة المحلية وتنويع هذه المصادر مع التركيز على أنظمة الطاقة ذات الانبعاثات الكربونية القليلة. وهذا المؤشر مكون من ثلاثة مؤشرات فرعية هي:

[1] https://www.iea.org/topics/energy-security.
[2] https://www.osce.org/oceea/446236.
[3] مؤسسة تعنى بالاستشارات الإدارية مقرها في نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية.

- واردات الطاقة، ويقيس هذا البعد مقدار اعتماد الدولة على واردات الطاقة من إجمالي الاستهلاك، ومدى تنوّع الموردين.
- تنوع توليد الكهرباء، ويقيس مدى تنوع مصادر الطاقة المستخدمة في توليد الكهرباء في البلد.
- تخزين الطاقة، ويقيس قدرة الدولة على تلبية الطلب على النفط والغاز مع مراعاة قدرات وإمكانيات البنية التحتية بما في ذلك سعة التخزين والتكرير.

2. المساواة/تحمل تكاليف الطاقة (*Energy Equity/Affordability*)، ويتناول تكاليف الطاقة ومدى ملائمة أسعارها للمستفيدين، ودعم الطاقة الذي توفره الدولة للمواطنين. ويُقاس هذا المؤشر من خلال ثلاثة مؤشرات فرعية هي:

- الوصول للكهرباء، ويقيس نسبة السكان الذين لديهم كهرباء.
- أسعار الكهرباء الوطنية للكيلو واط كمؤشر على معقولية أسعار الطاقة سواءً للاستخدام السكني أو التجاري.
- أسعار الوقود (البنزين والديزل)، سعر لتر الوقود كمؤشر على معقولية أسعار الطاقة لمستخدمي وسائل النقل للمسافرين وللأغراض التجارية.

3. الاستدامة البيئية (*Environmental Sustainability*)، ويركز هذا البعد على الآثار البيئية السلبية لمصادر الطاقة. ويتكون هذا المؤشر من أربعة مؤشرات فرعية هي:

- كثافة الطاقة، وهي نسبة استهلاك الطاقة إلى الناتج المحلي الإجمالي.
- مولدات الطاقة الكهربائية الصديقة للبيئة، وهي نسبة المولدات ذات الانبعاثات الكربونية القليلة إلى مجموع مولدات الطاقة الكهربائية.
- حصة الفرد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن استهلاك الوقود.

بالإضافة إلى الأبعاد الثلاثة المذكورة، يأخذ المؤشر في احتسابه السياق الاقتصادي للبلد. ويدخل في احتساب مؤشر السياق الاقتصادي ثلاثة مؤشرات فرعية هي:

- الاستقرار الاقتصادي، ويركز على مستويات الأسعار واستدامة سياسة المالية العامة.
- فعالية الحكومة، ويتناول جودة الخدمات العامة وجودة صياغة السياسات وتنفيذها.
- القدرة على الابتكار، ويقيس قدرة البلد على الابتكار بما فيها كمية وجودة الأبحاث والتطوير.

يوضح الجدول (2) ترتيب الدول الخمس الأولى في مؤشر الطاقة الصادر عن مجلس الطاقة العالمي للعام 2022. تجدر الإشارة إلى أن أعلى قيمة لمؤشر الطاقة وللمؤشرات الفرعية هي 100.

جدول 2. مؤشر الطاقة (Energy Trilemma Index) للعام 2022

الترتيب العالمي	الدولة	التقييم*	قيمة مؤشر الطاقة	ترتيب الدولة حسب المؤشرات الفرعية		
				أمن الطاقة	المساواة	استدامة البيئة
1	السويد	AAAa	84.3	4	19	1
2	سويسرا	AAAa	83.4	27	7	2
2	الدنمارك	AAAa	83.3	14	11	4
3	فنلندا	AAAa	82.7	3	23	13
4	المملكة المتحدة	AAAa	82.4	10	12	7
4	كندا	AAAa	82.3	1	12	26
5	النمسا	AAAa	82.2	9	13	11

المصدر: مجلس الطاقة العالمي،

https://trilemma.worldenergy.org/#!/energy-index.

* الحروف الثلاث الكبيرة من اليسار إلى اليمين تمثل الأبعاد الثلاثة للمؤشر: أمن الطاقة، المساواة في الطاقة، واستدامة البيئة، بينما يمثل الحرف الصغير على اليمين السياق الاقتصادي للبلد.

إطار (1): السويد والترتيب الأول عالمياً في مؤشر الطاقة

السويد دولة تقع في شمال قارة أوروبا وهي خامس دولة في أوروبا من حيث المساحة، حيث تبلغ مساحتها حوالي 407.3 ألف كيلو متر مربع. يبلغ عدد سكانها حوالي 10.4 مليون نسمة، لذا فهي من أقل الدول من حيث الكثافة السكانية. يبلغ نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، مقوماً بمعاملات القوة الشرائية، 52,274.4 دولار أمريكي في العام 2021، وبلغت نسبة نمو الناتج المحلي الإجمالي لذات العام 2.6 في المائة، كما شكلت الأنشطة الصناعية حوالي 21.1 في المائة من الناتج المحلي الإجمالي. حصلت دولة السويد على الترتيب الأول في مؤشر الطاقة للعام 2022 بواقع 84.3. ويعود الفضل في ذلك إلى درجتها المتقدمة فيما يتعلق باستدامة البيئة حيث حصلت على الترتيب الأول (بلغت قيمة مؤشر استدامة البيئة للسويد 87.5)، كما حصلت السويد على ترتيب متقدم في مؤشر أمن الطاقة (الترتيب الرابع بواقع 73.1). وفيما يتعلق بمؤشر المساواة في الطاقة فقد حصلت السويد على الترتيب التاسع عشر عالمياً، حيث بلغت قيمة هذا المؤشر 94.6.

تتمحور سياسات الطاقة في دولة السويد حول أمن واستدامة الطاقة وبأسعار في المتناول، مع الاهتمام في تحقيق المساواة في توزيع الطاقة. تعتبر السويد دولة ثرية، لذلك فإن أثر ارتفاع الأسعار بشكلٍ عام، وأسعار الطاقة بشكلٍ خاص يجابه بأنظمة فعّالة للحماية الاجتماعية. تأثرت السويد في خريف العام 2021 بارتفاع أسعار الكهرباء نتيجة لارتفاع أسعار الغاز المستورد من روسيا وذلك حتى قبل حدوث الأزمة الروسية-الأكرانية، كما أن تحول الصناعات ووسائل النقل في السويد إلى الطاقة الكهربائية ضاعف من الطلب على الكهرباء وبالتالي عمل على رفع أسعارها.

لمجابهة هذه التطورات، قامت حكومة دولة السويد بتوفير دعم مؤقت للأسر المعيشية على أسعار الكهرباء والتي سميت بتعويضات أسعار الكهرباء. في العام 2022، قامت السويد بتخفيض الضرائب على الوقود (البنزين والديزل)، وتم تنفيذ وقف مؤقت لزيادة حصة الوقود الحيوي في معيار الوقود منخفض الكربون للنقل البري للحد من ارتفاع الأسعار الذي أثر بشكلٍ خاص على الريف السويدي بشدة.

قما قامت الحكومة السويدية في منصف العام 2022 بالعديد من الإجراءات والمبادرات المتعلقة بأمن الطاقة، والمساواة في الطاقة،

بالإضافة إلى فقر الطاقة في أوقات الارتفاعات المضطردة في أسعار الطاقة عالمياً. من هذه المبادرات، مبادرة "**حزمة الطاقة للحصول على كهرباء أرخص لعموم السويد**" التي تهدف إلى تعزيز أمن الطاقة وتعزيز المساواة في الطاقة. هذا بالإضافة إلى العديد من الاستراتيجيات بانتظار التنفيذ والتي تتعلق بقطاع الطاقة، على سبيل المثال هناك استراتيجية الكهربة واستراتيجية البطارية، واستراتيجية الهيدروجين.

هذا وتحظى الاستدامة البيئية بأهمية كبيرة في السويد منذ السبعينات، مع التركيز على الانبعاثات الغازية من الدفيئات (Greenhouse Gas Emissions) خلال العقدين الماضيين. في العام 2018، أقرت السويد تشريع يتناول الإطار المناخي للسويد الذي يستهدف الوصول إلى صافي انبعاثات صفري مع حلول العام 2045 كأول دولة في العالم تحقق ذلك. كما يهدف هذا الإطار إلى أن تكون السويد من أوائل الدول التي تصنف على أنها دولة ثرية خالية من الوقود الأحفوري.

المصدر: مجلس الطاقة العالمي، https://trilemma.worldenergy.org.

وعلى صعيد الدول العربية، يوضح الجدول رقم (3) ترتيب الدول العربية في مؤشر الطاقة والمؤشرات الفرعية، حيث تصدرت دولة الإمارات العربية المتحدة ترتيب الدول العربية في مؤشر الطاقة (المؤشر الكلي). وعلى صعيد المؤشرات الفرعية، حصلت دولة قطر على الترتيب الأول عربياً على صعيدي مؤشر أمن الطاقة ومؤشر المساواة في الطاقة، بينما حصلت المغرب على الترتيب الأول عربياً في مؤشر استدامة البيئة. وفيما يتعلق بالسياق الاقتصادي، حصلت كل من دولة الإمارات العربية المتحدة ودولة قطر على أعلى تقييم ضمن الدول العربية المدرجة في مؤشر الطاقة.

جدول 3. مؤشر الطاقة في الدول العربية للعام 2022

الترتيب العالمي	الدولة	التقييم	قيمة مؤشر الطاقة	المؤشرات الفرعية					
				أمن الطاقة		المساواة		استدامة البيئة	
				الترتيب	قيمة المؤشر	الترتيب	قيمة المؤشر	الترتيب	قيمة المؤشر
26	الإمارات	CADa	70.5	57	55.6	3	99.8	91	55.8
32	البحرين	BADc	68.6	44	60.5	5	99.5	99	51.0
33	السعودية	BADb	68.3	49	58.9	10	97.2	97	51.7
*33	قطر	BADa	68.0	52	58.2	2	99.9	108	46.2
34	الكويت	BADb	67.3	49	58.9	3	99.8	104	47.7
41	عُمان	CADb	65.0	69	52.2	4	99.6	109	46.1
49	الجزائر	CBDd	61.9	57	55.6	41	80.2	89	56.2
50	تونس	CCCc	61.4	62	54.1	51	73.4	74	61.7
51	مصر	BBDd	60.8	46	59.9	44	77.1	95	52.8
54	المغرب	CCCc	59.1	75	49.1	62	68.0	72	61.9
57	الأردن	DCCc	57.6	96	41.8	62	68.0	60	65.3
59	لبنان	DACd	57.0	106	29.6	32	87.3	77	60.9
67	العراق	DBDd	51.6	100	38.2	45	76.1	106	46.8
76	موريتانيا	CDDd	43.4	73	49.9	93	29.9	98	51.5

المصدر: مجلس الطاقة العالمي،
https://trilemma.worldenergy.org/#!/energy-index.

* حسب الموقع فإن ترتيب قطر هو 51، ولكن بعد المراجعة وتدقيق قيم المؤشرات والتقييم تم وضع قطر في الرتبة 33 عالمياً.

4. الطاقة المتجددة والنظيفة

يتجه العالم في الفترة الحالية إلى الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة بشكل أكبر من أي وقت مضى مدفوعاً بالتغيرات المناخية الناتجة عن تلوث الأرض جرّاء زيادة حجم ثاني أكسيد الكربون وبروز ظاهرة ما يسمى بالاحتباس الحراري. من جهة أخرى، ساهمت محدودية موارد الطاقة الأحفورية، وتقلبات أسعارها، ومخاطر نضوبها في المستقبل في عمل الكثير من البلدان على البحث عن مصادر بديلة ومتجددة للطاقة.

فيما يخص التلوث البيئي الناتج عن انبعاثات غازات ثاني أكسيد الكربون نجد أن المنطقة العربية لا تتجاوز فيها الانبعاثات الحرارية عن 5 في المائة عالمياً، مقارنةً بالدول الصناعية المتقدمة. إلا أن التغيّرات المناخية العالمية المتمثلة في ارتفاع درجة حرارة الأرض، وما نتج عنه من ارتفاع التصحر في العديد من البلدان العربية وحدوث الفيضانات في بلدان عربية أخرى، كان له انعكاسات مباشرة على الاقتصادات العربية كون هذه الظواهر تؤثر بشكل مباشر على العديد من القطاعات وفي مقدمتها الأمن الغذائي الذي يعتمد بشكل مباشر على الزراعة والمياه. أما في الناحية الأخرى المتعلقة بمحدودية مصادر

الطاقة الأحفورية وفي مقدمتها الغاز والنفط، تُعتبر المنطقة العربية من أغنى مناطق العالم وفرةً لمصادرة الطاقة الأحفورية بنسبة تصل إلى 58 في المائة من احتياطات العالم للغاز والنفط. ولكن مع توقع تضخم الطلب العالمي والعربي على مثل هذه المصادر خلال السنوات القادمة، ظهرت الحاجة في الدول العربية إلى البحث عن بدائل ومصادر أخرى للطاقة تتوافق مع البيئة وتحقق الاكتفاء الذاتي.

تُعتبر المنطقة العربية من أغنى المناطق الجغرافية حول العالم التي تتوافر فيها مصادر للطاقة البديلة والمتجددة مثل الطاقة الشمسية، والطاقة المائية، وطاقة الرياح، والتي يراهن عليها العالم اليوم كأفضل الحلول لحماية البيئة والحد من تأثيرات التغيرات المناخية. في هذا الصدد، تشهد المنطقة العربية إنشاء العديد من المشاريع الاستراتيجية والرائدة في هذا المجال، ولكن لازالت هذه المشاريع تسير بنسق بطيء نسبياً يجعل من الصعب الاعتماد عليها كبديل متكامل لاحتياجات المنطقة العربية في هذه المرحلة. لذلك تخصص أغلب الحكومات العربية موازنات كبيرة وتحدد استراتيجيات متكاملة لتطوير مشروعات الطاقة المتجددة بحلول 2030. كما أعلنت جامعة الدول العربية في العام 2013 عن مبادرة للطاقة المتجددة تستهدف زيادة قدرة المنطقة العربية من الطاقة النظيفة بمختلف أنواعها إلى 80 غيغاواط بحلول عام 2030.

1.4. موارد الطاقة المتجددة في العالم العربي

يوجد في العالم العربي العديد من محطات الطاقة الكهرومائية، وعلى وجه التحديد، في كلٍّ من مصر، والجزائر، والعراق، والسودان، والمغرب، والإمارات العربية المتحدة. وتعتمد الطاقة الكهرومائية في إنتاجها على تدفق المياه من خلال السدود المائية، أو القنوات المائية، أو من خلال الضخ والتخزين. بالنسبة للطاقة الشمسية، فإن العالم العربي يتمتع بموارد هائلة من هذه الطاقة وذلك لموقعه الجغرافي الذي يمتلك أعلى سطوع شمسي عالمياً، حيث يقع جزء كبير من المنطقة العربية ضمن ما يسمى بحزام الشمس الذي يستفيد من أشعة الشمس الكثيفة على الكرة الأرضية من حيث ارتفاع درجة الحرارة ومستوى سطوع الضوء على حد سواء. وتشير التقارير إلى أن مصادر الطاقة الشمسية في المنطقة العربية تتراوح بين 1,460 إلى 3,000 كيلوواط في الساعة للمتر المربع الواحد في السنة. إلّا أن استغلال الطاقة الشمسية في المنطقة العربية لازال بحاجة لتطوير. ولذلك قامت العديد من الدول العربية بوضع خطط واستراتيجيات للاستفادة من الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء للاستخدام التجاري وعلى رأس هذه الدول الإمارات العربية المتحدة، ومصر، والبحرين، والمملكة العربية السعودية والمملكة الاردنية الهاشمية.

بالنسبة لطاقة الرياح، هناك العديد من الدول العربية مؤهلة بشكل كبير للاستفادة من طاقة الرياح مثل مصر والأردن، حيث يشير الخبراء إلى أن معدل سرعة الرياح يصل إلى 11.8 متر في الثانية بخليج السويس، و7.5 متر في الثانية في الأردن وأيضاً هناك العديد من المواقع الأخرى في بعض الدول العربية مثل سورية، المغرب، وغيرها من الدول مؤهلة لتوليد الطاقة الكهربائية باستخدام الرياح.

2.4 مشاريع الطاقة الأكثر إنتاجاً للطاقة المتجددة والنظيفة في الدول العربية

يوجد توجه كبير في المنطقة العربية للاستفادة من الطاقة المتجددة والنظيفة، حيث بدأت الكثير من الدول العربية إنتاج مثل هذا النوع من الطاقة. وفيما يلي ملخص للدول العربية الأكثر إنتاجًا للطاقة المتجددة والنظيفة الصادرة من الطاقة الشمسية والكهرومائية وطاقة الرياح:

1.2.4. جمهورية مصر العربية

تُعد مصر من أكثر الدول العربية إنتاجاً للطاقة المتجددة، حيث تهدف جمهورية مصر العربية بحلول العام 2035 أن تساهم مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة ما نسبته 42 في المائة من إجمالي القدرة الكهربائية في البلاد، والموزعة كالتالي: 22 في المائة من الخلايا الشمسية، 14 في المائة من طاقة الرياح، 4 في المائة من المراكز الشمسية، هذا بالإضافة إلى 2 في المائة من الطاقة المائية. حيث يتوقع الخبراء أن يصل إنتاج مصر من الطاقة الكهربائية المتجددة لنحو 90 غيغاواط، موزعة ما بين 35 غيغاواط من طاقة الرياح، و55 غيغاواط من الطاقة الشمسية والباقي من الطاقة الكهرومائية. ومن أبرز مشروعات الطاقة الشمسية في مصر، مشروع "مجمع بنان" ويضم المشروع 32 محطة شمسية بقدرة إنتاجية تصل إلى 1,465 ميغاواط، أي ما يعادل 90 في المائة من الطاقة المنتجة من الطاقة الكهرومائية في محطة السد العالي. وكذلك هناك المحطة الشمسية الحرارية بالكريمات، والتي تبلغ قدرتها الإنتاجية من الطاقة النظيفة بحوالي 140 ميغاواط، منها 20 ميغاواط مكون شمسي. وهناك أيضاً مشروع محطة خلايا فوتو فلطية لتوليد الكهرباء، حيث تعمل هذه المحطة بطاقة إنتاجية قدرتها 26 غيغاواط، وهناك محطة أخرى واقعة في مدينة الزعفران في محافظة السويس وبقدره إنتاجية قدرها 50 ميغاواط.

2.2.4. الإمارات العربية المتحدة

يوجد العديد من محطات الطاقة المتجددة والنظيفة التي تم إنشاؤها في الإمارات، أهمها محطة الظفرة لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية، والتي تُعتبر أكبر محطة لإنتاج الطاقة الشمسية، بقدرة إنتاجية تصل إلى 2 غيغاواط من الكهرباء. تتكون المحطة من 4 ملايين لوح شمسي كافية لتزويد ما يقارب 160 ألف منزل، حيث تهدف المحطة إلى خفض الانبعاثات الكربونية لإمارة أبو ظبي بحوالي 2.4 مليون طن سنوياً. وتتضمن مشروعات الطاقة النظيفة في الإمارات أيضاً محطة شمس 1، التي تُعتبر واحدة من أهم وأكبر مشروعات إنتاج الطاقة الكهربائية المتجددة باستخدام الطاقة الشمسية المركّزة، حيث تهدف هذه المحطة إلى تزويد إمارة أبو ظبي بما يعادل 7 في المائة من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية، حيث تُقدر الطاقة الإنتاجية لهذه المحطة بمائة ميغاواط، ضمن حقل شمسي يتكون من 768 مصفوفة من الألواح الشمسية، ومن الجدير بالذكر أن هذه المحطة تقوم بتوليد الطاقة الكهربائية من حرارة الشمس وليس من ضوئها.

وفي إمارة دبي يوجد مجمع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية والذي يُعتبر من أكبر المواقع للطاقة الشمسية حول العالم، حيث من المتوقع أن تبلغ قدرته الإنتاجية نحو 5,000 ميغاواط بحلول العام 2023، وسيساهم هذا المشروع بخفض الانبعاثات الكربونية في الإمارة بنسبة 6.5 مليون طن سنوياً. كما أن استراتيجية الإمارات العربية المتحدة للطاقة لعام 2050 تستهدف الوصول إلى مزيج من مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة والنووية، من أجل رفع الكفاءة الاستهلاكية بنسبة 40 في المائة، مع خفض الانبعاثات الكربونية من إنتاج الكهرباء بنحو 70 في المائة.

3.2.4. المملكة العربية السعودية

في المملكة العربية السعودية هناك توجه كبير نحو الاستفادة من مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة. ومن أبرز المشروعات في هذا المجال محطة سكاكا التي تبلغ قدرتها الإنتاجية نحو 300 ميغاواط، كما تسعى المملكة العربية السعودية إلى تنفيذ مشروعات لإنتاج الطاقة النظيفة والمتجددة في كل من جدة والمدينة المنورة وسدير والشعيبة والقريات ورابغ ورفحاء، بالإضافة إلى محطة دومة الجندل ليبلغ إجمالي الطاقة المنتجة من هذه المحطات حوالي 3,670 ميغاواط في المجمل.

ووفقاً لاستراتيجية المملكة 2030، تسعى السعودية إلى زيادة القدرة الفعلية لتوليد الطاقة الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة لتصل إلى 58.7 غيغاواط، منها 40 غيغاواط من مصادر الطاقة الشمسية.

4.2.4. المملكة المغربية

من أبرز مشروعات الطاقة الشمسية في المملكة المغربية هو مشروع محطة (ذور) في مدينة ورزازات والتي تم افتتاحها في العام 2013، حيث تُعد واحده من أكبر محطات الطاقة الشمسية بقدرة إنتاجية تصل إلى حوالي 580 ميغاواط، تغطي حوالي مليوني وحده سكنية في المغرب. كما تم إنشاء محطه طاقة شمسية أخرى في العام 2019 أطلق عليها محطة (نور ميدلت)، بطاقة إنتاجية تصل إلى حوالي 2,000 ميغاواط. وبحسب تقارير وزارة الطاقة والمعادن والبيئة المغربية، تصل القدرة الإنتاجية الحالية للطاقة النظيفة والمتجددة في المغرب إلى حوالي 4,000 ميغاواط، منها 750 ميغاواط تُمثل طاقة شمسية، و1,430 ميغاواط من طاقة الرياح، و1,770 ميغاواط من الطاقة المائية.

5.2.4. المملكة الأردنية الهاشمية

تمتلك الأردن قدرات طبيعية وموقع جغرافي يقع على الحزام الشمسي المباشر تؤهلها لإنتاج الطاقة المتجددة والنظيفة في توليد الكهرباء، والعمل على تقليل الانبعاثات الكربونية والمساهمة الفعّالة في مواجهة التغيرات المناخية. فبالإضافة إلى الطاقة الشمسية، تتميز الأردن بقدرتها على استخدام الرياح كمصادر للطاقة المتجددة. ويعتبر مشروع "الطيلة" وهو مزرعة رياح بطاقة إنتاجية قدرها 117 ميغاواط أول مشروع للطاقة المتجددة في الأردن ويقع في جنوب شرق البحر الميت، حيث يمكن لهذه المحطة أن تزوّد ما يقارب من 80 ألف وحده سكنية بالكهرباء. كما أن هناك مشاريع أخرى مثل محطة "شمس معان" للطاقة الشمسية بقدرة إنتاجية تصل إلى حوالي 52.5 ميغاوط، ومن المتوقع أن تساهم المحطة في منع الانبعاثات الكربونية بما يعادل 90 ألف طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً. بالإضافة إلى ذلك، تم إنشاء 12 مشروعاً للطاقة الشمسية في مدينة معان باستخدام تكنولوجيا الألواح الفوتو ضوئية، بطاقة إنتاجية قدرها 200 ميغاواط من الكهرباء. كما تم إنشاء 10 مشاريع للطاقة الشمسية بقدرة 170 ميغاواط في منطقة معان. وأيضا تم إنشاء محطة طاقة شمسية بقدرة 10 ميغاواط في منطقة العقبة الاقتصادية، هذا بالإضافة إلى إنشاء محطة في حوشا في المفرق بقدرة إنتاجية وصلت إلى 20 ميغاواط. كذلك تستهدف الأردن في استراتيجيتها للعام 2030 رفع حصة الطاقة المتجددة لتوليد الكهرباء إلى 50 في المائة من الاحتياج اليومي للطاقة.

5. الاقتصاد الدائري للكربون في الدول العربية

تعتبر إدارة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من بين أهم التحديات التي تواجه دول العالم والدول العربية على حد سواء، وخصوصاً النفطية منها، لتحقيق الأهداف المناخية وتحقيق الحياد الكربوني، كما أن تبني الخيارات المعاصرة لإدارة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري يساعد على تحقيق هذه الأهداف. يترتب عن السياسات والقوانين الخاصة بانبعاثات غازات الاحتباس الحراري مخاطر انتقالية قد تنعكس على القطاعات الاقتصادية المختلفة بما فيها القطاع المالي، إضافة إلى المخاطر المادية، مما يدفع بالدول النفطية إلى إيلاء أهمية خاصة لإدارة انبعاثات الكربون الناتجة من مصادر الطاقة الأحفورية. يمثل الاقتصاد الدائري للكربون إطارًا مفيدًا لفهم كيفية ترابط خيارات إدارة الكربون لتحقيق أهداف المناخ، وإدارة مخاطر التغيّر في المناخ، وهو نتاج فكرة الاقتصاد الدائري.

1.5. الاقتصاد الدائري للكربون: الواقع، الممارسات، والتحديات

يمثّل الاقتصاد الدائري للكربون أحد الاتجاهات الحديثة لإدارة الانبعاثات الكربونية، ويتمثل في إطار عمل لإدارة وتقليل الانبعاثات، ونظام يهدف إلى تقليل الانبعاثات الكربونية وإعادة استخدامها، وتدويرها، وبالتالي إزالتها. يمثل الاقتصاد الدائري للكربون امتداداً لفكرة الاقتصاد الدائري، وينصب تركيزه على قطاع الطاقة وانبعاثات الكربون الناجمة عنها، كما أنه يستهدف الانبعاثات بدلاً من استهداف قطاع الطاقة في حد ذاته. يهدف الاقتصاد الدائري للكربون إلى تحقيق توازن كربوني أو انبعاثات صافية صفرية، من خلال استهداف الانبعاثات الكربونية من القطاعات الاقتصادية الرمادية، بما فيها الطاقة، والصناعات التحويلية وغيرها (Lee et al., 2017).

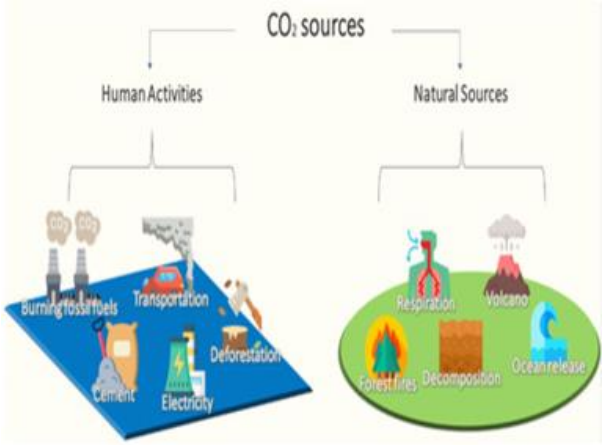
يُعد الاقتصاد الدائري للكربون مفهوماً مهماً تجاه إدارة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تشهد زيادة كبيرة على مستوى العالم. جذبت فكرة الاقتصاد الدائري للكربون اهتمام الأكاديميين وصانعي السياسات في العديد من الدول. اقترح (Meyer, et al., 2017) نموذجًا تفصيليًا للاقتصاد الدائري للكربون والذي من شأنه أن يسمح لألمانيا باستبدال النفط الخام المستورد بالنفايات المنزلية والفحم كمادة وسيطة لصناعة الكيماويات، إلى جانب الهيدروجين الأخضر، المتولد من مصادر متجددة، وهذا من شأنه أن يسمح بالكامل إغلاق دورة الكربون على المدى الطويل. بناء على هذا العمل، تم إنشاء اتحاد الاقتصاد الدائري للكربون، وبعد ذلك، تم تأسيس الشبكة الوطنية للاقتصاد الدائري للكربون لإشراك الشركات من قطاعات الطاقة والكيمياء وإدارة النفايات لتنفيذ هذه المقاربات. في الولايات المتحدة، في عام 2017، نشرت مجموعة من المستثمرين والمبتكرين ورقة بيضاء حول "ابتكار الكربون الدائري" لتعبئة رأس المال للتقنيات التي تسعى إلى توليد قيمة اقتصادية من التخفيض أو الاستخدام ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (*Circular Carbon Network*[4]).

ينبغي قبل التطرق للاقتصاد الدائري للكربون، وصف الاقتصاد الخطي للكربون. يتم وفق هذا الأخير استخراج موارد الطاقة الأحفورية لتوفيرها بشكل مفيد للنشاط البشري والاقتصادي، وفي هذه العملية ينبعث الكربون في الغلاف الجوي دون أي قيود، أما وفق الاقتصاد الدائري للكربون فيتم التقاط الكربون واحتجازه وتخزينه أو إعادة تدويره أو إعادة استعماله.

2.5. المصادر الأساسية للانبعاثات الكربونية

تتمثل المصادر الأساسية لانبعاثات الكربون في المصادر الطبيعية، من خلال طرح غاز ثاني أكسيد الكربون سواء من خلال عملية التنفس عند الإنسان أو التمثيل الضوئي للنباتات، أو امتصاص المحيطات، وتحسين التربة، وتحلل المواد العضوية. يتمثل المصدر الثاني في الأنشطة البشرية ممثلة في الأنشطة الصناعية، مثل استخدام الوقود الأحفوري، وتوليد الكهرباء، وإنتاج الأسمنت، والنقل، والاستخدام غير العقلاني للغابات. مستويات ثاني أكسيد الكربون المنبعثة من الأنشطة البشرية تتماشى مع المستويات الحالية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون من المصادر الطبيعية، كما هو موضح في الشكل التالي:

شكل 7. مصادر الانبعاثات الكربونية للأنشطة الطبيعية والبشرية



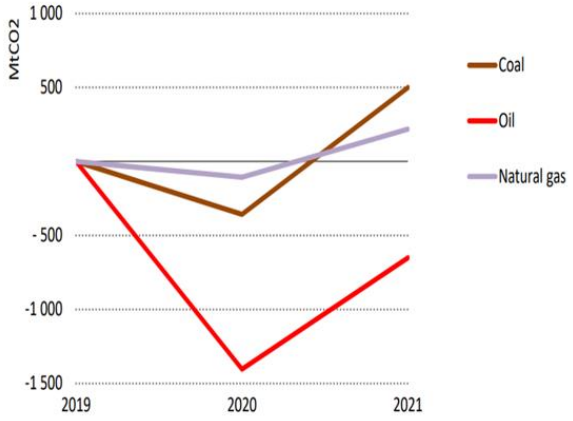
Source: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/21/11625/htm (2022/09/20)

[4] https://circularcarbon.org/ (11/01/2023)

3.5. الانبعاثات الكربونية وفقاً لمصادر الطاقة

بلغت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن ارتفاع الفحم إلى أعلى مستوياتها على الإطلاق، شكل الفحم أكثر من 40 في المائة من النمو الإجمالي في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية في عام 2021، وبلغت انبعاثات الفحم في ذلك العام أعلى مستوياتها على الإطلاق عند 15.3 جيجا طن، متجاوزة ذروتها السابقة في عام 2014، بما يقرب من 200 مليون طن. انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الغاز الطبيعي ارتفعت أيضًا أعلى بكثير من مستويات 2019 إلى 7.5 جيجا طن، مع زيادة الطلب في جميع القطاعات، عند 10.7 جيجا طن، ظلت الانبعاثات من النفط أقل بكثير من مستويات ما قبل الجائحة، وذلك بسبب الانتعاش المحدود في نشاط النقل العالمي في عام 2021، والشكل التالي يبرز ذلك:

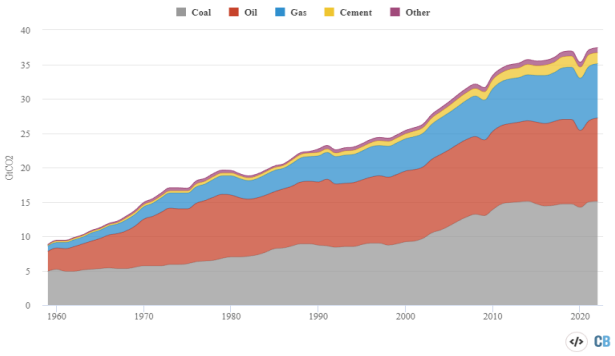
شكل 8. التغير في الانبعاثات الكربون لمصادر الطاقة الأساسية، خلال الفترة 2019-2021 على المستوى العالمي



Source: IEA, Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021.

يعتبر الفحم مسؤولاً عن معظم الانبعاثات بنسبة 40 في المائة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الأحفوري العالمية في عام 2022 يليه النفط بنسبة 32 في المائة، والغاز بنسبة 21 في المائة، وإنتاج الأسمنت بنسبة 4 في المائة. يبدو من الشكل (9) أن الفحم ينتج أكبر نسبة من ثاني أكسيد الكربون لكل وحدة طاقة منتجة، يليه النفط والغاز. في حين زادت انبعاثات الفحم بسرعة في منتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، إلا أنها استقرت إلى حد كبير منذ عام 2013، ولكنها زادت بشكل كبير في عامي 2021 و 2022. زادت انبعاثات الغاز والنفط بشكل كبير قبل انتشار الوباء ، حيث سجل الغاز أرقامًا قياسية جديدة على الإطلاق للانبعاثات، بينما لا تزال انبعاثات النفط أقل من أعلى مستوياتها قبل الجائحة لعام 2019، والشكل (9) يبرز ذلك.

شكل 9.انبعاثات الكربون السنوية لمصادر الطاقة الأحفورية، خلال الفترة 1960-2022



Source:https://www.weforum.org/agenda/2022/11/global-co2-emissions-fossil-fuels-hit-record-2022

4.5. مبادئ الاقتصاد الدائري للكربون

تتلخص مبادئ الاقتصاد الدائري في أربعة عناصر، يرمز لها بالرمز (4R)، وهي: التخفيض (Reduce)، وإعادة الاستخدام (Reuse)، وإعادة التدوير (Recycle)، والإزالة (Remove). تم تطوير مفهوم الاقتصاد الدائري للكربون في البداية كامتداد لمفهوم الاقتصاد الدائري، من قبل " William McDonough" (Shehri, et al., 2022)، مع تطبيقه على قطاع الطاقة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. تعمل كل من هذه المبادئ على تقليل الانبعاثات الكربونية (Alsarhan, et al., 2021).

تشكل العناصر الأربعة المبادئ الأساسية لإدارة الكربون في الاقتصاد الدائري للكربون. على عكس بعض نماذج الاقتصاد الدائري، لا يفرض الاقتصاد الدائري للكربون تسلسلاً هرميًا بترتيب المبادئ الأربعة. توجِّه هذه المبادئ الاقتصاد الدائري للكربون وتوضّح كيفية ارتباط عناصر نظام إدارة الطاقة والكربون ببعضها البعض؛ بحيث يعني زيادة واحد من المبادئ أن هناك حاجة أقل من المبادئ الأخرى. مما يساهم في نهاية المطاف في تحقيق أهداف اتفاقية باريس بشأن استقرار المناخ، حيث تؤدي جميع المبادئ الأربعة دورًا في تحقيق هدف الحياد الكربوني. تعتمد المساهمات الفاعلة للاقتصاد الدائري للكربون على العديد من العوامل، مثل التكاليف، والتقنيات، وتوافر الموارد، والتي تعتمد على الجغرافيا والجيولوجيا، والظروف الوطنية، والسياسات التمكينية. فيما يلي عرض لأهم مبادئ الاقتصاد الدائري للكربون:

1.4.5. التقليل (Reduce)

يشمل هذا المبدأ استخدام المسارات التي تقلل انبعاثات الكربون، على سبيل المثال، كفاءة الطاقة من حيث العرض والطلب، تقليل استهلاك الطاقة وما يرتبط بها من كربون. وبالمثل، خيارات إمدادات الطاقة المحايدة للكربون، مثل مصادر الطاقة المتجددة غير الحيوية والطاقة النووية، والتقليل من تدفق الكربون لكن، يمكن أن تؤدي بشكل غير مباشر إلى انبعاثات الكربون أثناء التصنيع والبناء.

2.4.5. إعادة الاستخدام (Reuse)

يعني احتجاز الكربون وإعادة استخدامه، أن يتم استخدام ثاني أكسيد الكربون، أو دمجه كيميائيًا مع مواد أخرى. في هذا السياق، تعتبر تجربة الشركة السعودية للصناعات الأساسية (سابك) رائدةً في مجال التخزين وإعادة تدوير ثاني أكسيد الكربون في الصناعة، لإنتاج الأسمدة والميثانول، مع إعادة تدوير 500 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون كل عام (Alsarhan, et al., 2021).

3.4.5. إعادة التدوير (Recycle)

تمثّل إعادة تدوير الكربون عملية التقاط وإعادة استخدام انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من مصادر مختلفة، كالمنشآت الصناعية ومحطات الطاقة والنقل. تهدف إعادة تدوير الكربون إلى تقليل كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعثة في الغلاف الجوي وتخفيف الآثار السلبية لتغير المناخ. تتمثل إحدى طرق إعادة تدوير الكربون في احتجازه وتخزينه تحت الأرض في تكوينات جيولوجية، وهي عملية تُعرف باسم احتجاز الكربون وتخزينه (CCS). يوجد نهج آخر هو تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى منتجات مفيدة، مثل الوقود والمواد الكيميائية ومواد البناء، من خلال عملية تسمى التقاط الكربون واستخدامه (CCU).

4.4.5. إزالة (Remove)

تعتبر إزالة الكربون وتخزينه إما مباشرةً، أو من مصادر طبيعية، أو من العمليات الصناعية المبدأ الأكثر فعالية. يمكن تحويل الكربون الملتقط إلى مواد خام في "إعادة الاستخدام" أو إزالته عن طريق تخزينه بالطرق الكيميائية أو الجيولوجية. يمكن التقاط ثاني أكسيد الكربون مباشرة من العمليات الصناعية ونقاط الاحتراق، ويمكن أيضًا التقاطه مباشرةً من الهواء باستخدام تقنيات تجميع الهواء المباشر وما يعرف بالتنقيب في الهواء (Air Mining). أيضًا، يمكن استخدام الأرض لتصبح أداة لتخزين الكربون بدلاً من إطلاقه في الغلاف الجوي. في بعض الحالات قد تكون الإزالة صعبة أو مكلفة للغاية، بسبب صعوبة التقاط هذه الانبعاثات مباشرة، مثل احتراق وقود الطائرات. في هذه الحالات تقتصر أهمية الاقتصاد الدائري للكربون في الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وإنتاج منتجات ذات قيمة اقتصادية تعمل على المساهمة في إزالة الانبعاثات (Alsarhan, et al., 2021).

5.5. تقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه

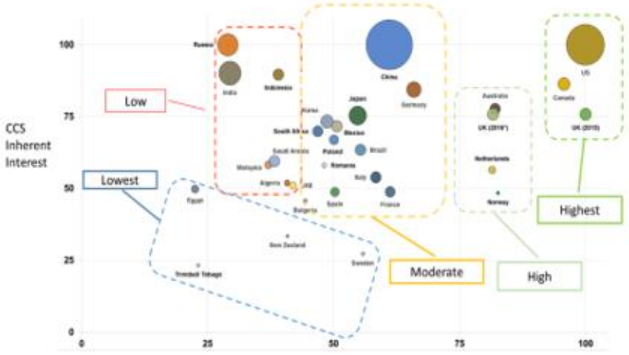
تهدف التقنيات الحديثة في مجال الاقتصاد الدائري للكربون في الحد من إطلاق كميات غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري في توليد الطاقة، وغيرها من الصناعات من خلال احتجاز الانبعاثات ونقلها، وتخزينها في نهاية المطاف، من خلال ضخ الكربون المحتجز في مخازن جيولوجية تحت الأرض ليتم تخزينها في أماكن بعيدة عن الغلاف الجوي (Wich, et al., 2020). تعتبر هذه التقنيات وسيلة محتملة للتخفيف من مساهمة الانبعاثات من الوقود الأحفوري لظاهرة الاحتباس الحراري. تستند هذه العملية على التقاط ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من مصادر مختلفة، مثل حرق الوقود الأحفوري، وتخزينه، حيث إنها لا تطلق في الغلاف الجوي. كان أول مثال لشركة ويبورن في كندا والولايات المتحدة الأمريكية عام 2000 (Metz et al., 2005, p 134). وكنطاق تجريبي متكامل في احتجاز الكربون وتخزينه كانت البداية في سبتمبر (أيلول) عام 2008 في شرق ألمانيا في محطة الطاقة "Schwartz Pumpe" وقد لوحظ في هذا المصنع أنه تم الحد من انبعاثات (CO_2) في الغلاف الجوي ما يقرب من 80-90 في المائة مقارنة مع مصنع بدون استراتيجية الاقتصاد الدائري للكربون.

6.5. التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه

تتمثل هذه الآلية في مجموعة التقنيات التي يمكن أن تلعب دورًا مهمًا ومتنوعًا في تحقيق أهداف الطاقة والمناخ العالمي. كما تتضمن تقنية التقاط ثاني أكسيد الكربون من مصادر الانبعاثات الكبيرة، بما في ذلك توليد الطاقة أو المنشآت الصناعية التي تستخدم إما الوقود الأحفوري أو الكتلة الحيوية للوقود. يمكن أيضًا التقاط ثاني أكسيد الكربون مباشرة من الغلاف الجوي. إذا لم يتم استخدامه في الموقع، يتم ضغط ثاني أكسيد الكربون الملتقط ونقله عن طريق خطوط الأنابيب، أو السفن، أو السكك الحديدية، أو الشاحنات لاستخدامه في مجموعة من التطبيقات، أو يتم حقنه في التكوينات الجيولوجية العميقة (بما في ذلك خزانات النفط

والغاز المستنفدة) التي تمثل حجز ثاني أكسيد الكربون للتخزين الدائم (GCCSI, 2021). وفيما يلي انتشار مرافق احتجاز وتخزين الكربون على المستوى العالمي:

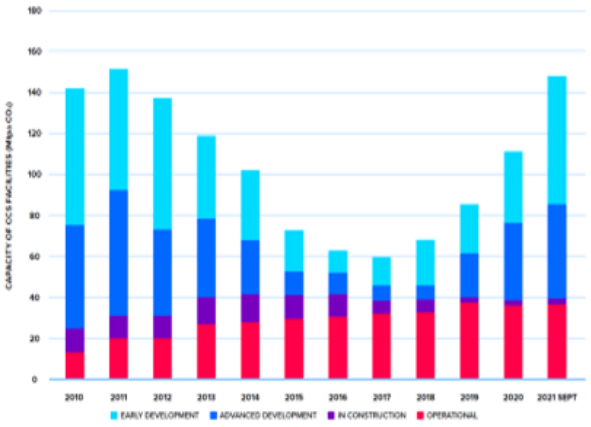
شكل 10. واقع حجز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه على المستوى العالمي



Source: Global CCS institute (2021), Global Status of CCS report, P13

يبدو من الشكل (11)، أن المرافق قيد التشغيل بلغت 27 مرفقاً على المستوى العالمي، منها ثلاثة مرافق على مستوى الدول العربية، بينما بلغت المرافق قيد الإنشاء أربع مرافق، مقابل 58 مرفقاً في مرحلة تطوّر متقدمة، ومرفقين متوقفة عن النشاط. يبلغ إجمالي عدد المرافق 135 مرفقاً على المستوى العالمي وبقدرة التقاط 149.3 مليون طن سنويا.

شكل 11. تطور عدد مرافق احتجاز الكربون وتخزينه خلال الفترة 2010 - 2021 بحسب قدرة الالتقاط



Source: Global CCS institute (2021), Global Status of CCS report, P14.

7.5. جاهزية الدول لاحتجاز وتخزين الكربون

طوّر المعهد العالمي لاحتجاز وتخزين الكربون "مؤشر الجاهزية" (CCS Readiness)، بناءً على معايير تقييم وفق أربعة مؤشرات: الاهتمام المتأصل، والسياسات، والتشريع والتنظيم، والتخزين. تعكس هذه المعايير العوائق أو العوامل التمكينية الرئيسة لنشر احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه (GCCSI, 2021). كل من هذه المؤشرات الفردية مبنية على تقييمات قُطرية مفصلة تتضمن إجراءات مختلفة ذات صلة باحتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، حيث يتم دمج البيانات وتوليفها في تصنيفات كمية عالية المستوى. يقارن مؤشر CCS النتائج الموحدة لأكثر من 30 دولة، بناءً على التقييمات التي أجريت في عام 2015، والشكل التالي يلخص تلك النتائج.

شكل 12. نتائج مؤشر الجاهزية لاحتجاز وتخزين الكربون

Source: Carbon capture and storage readiness index.pdf (globalccsinstitute.com)

يشير مؤشر الجاهزية أيضًا إلى أن الدول التي تحصل على درجات عالية عبر المؤشرات القانونية، والسياساتية، والتخزينية لديها أكبر عدد من مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه على نطاق واسع. تدعم هذه الملاحظة الفكرة القائلة بأن توفير بيئة مواتية لاحتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون وإزالة الحواجز يمكن أن يؤدي إلى نشر تكنولوجيا احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه.

تتمتع بعض الدول مثل البرازيل، والإمارات العربية المتحدة، والصين، والمملكة العربية السعودية بنشاط واسع النطاق بغض النظر عن التصنيفات المنخفضة في بعض المعايير. هذا يعكس وجود عوامل خاصة في المقام الأول الدور القوي للدولة، وبالتالي فإن نتائج المؤشر لهذه البلدان قد تكون أقل من قيمتها إلى حد ما (GCCSI, 2021).

يؤدي مزيد من الفحص في نتائج المؤشر إلى أهمية الموضوعات الرئيسية التالية:

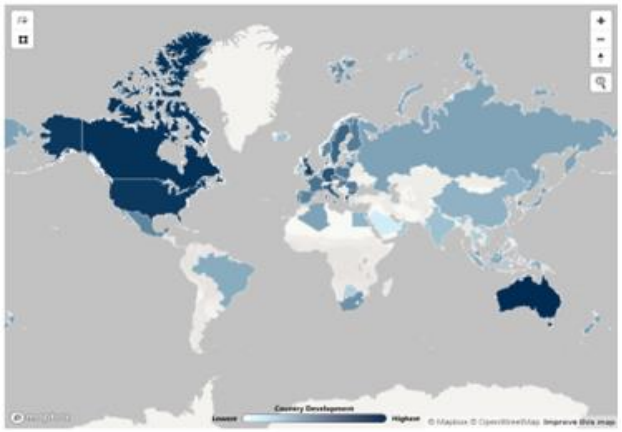
- توفر المؤشرات القانونية، والسياساتية، والتخزينية تقييمًا في الوقت المناسب لنقاط القوة والضعف في بلد ما في السعي وراء الاستثمار لنشر احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون.
- تخلق سياسات طويلة الأجل ومتماسكة وواضحة، بالتنسيق مع تطوير مواقع التخزين والأطر التنظيمية عبر

سلسلة تكنولوجيا احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه بأكملها، بيئة تمكينية للاستثمار في احتجاز وتخزين الكربون.

- لقد طورت الدول ذات الدرجات العالية صناعة احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون على مدى عقدين على الأقل. وقد اشتمل ذلك على تطوير الالتزامات السياسية، والتطوير التشريعي، وتوصيف التخزين، بالإضافة إلى مشاركة الصناعة والبحوث التطبيقية.
- إذا كان من المقرر تحقيق أهداف خفض الانبعاثات وأهداف تغير المناخ لغالبية الدول الثلاثين التي تم استعراضها، فينبغي الإسراع في إنشاء بيئة مواتية لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه.

يهدف التحليل الكمي الذي أصبح ممكنًا من خلال مؤشر الجاهزية إلى تأطير المناقشة بين مختلف أصحاب المصلحة في فهم العوائق أو العوامل التمكينية لاستراتيجية التعاون القُطري في وقت ومكان محددين، وبالتالي السماح لمزيد من الجهود المستهدفة من قبل المدافعين عن نشر أكبر لاحتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون.

شكل 13. مؤشر قاعدة البيانات التشريعية والتنظيمية لدول العالم



Source: https://co2re.co/StorageData (21/09/2022)

8.5. واقع احتجاز وتخزين الكربون في الدول العربية

توجد ثلاثة مرافق قيد التشغيل لاحتجاز وتخزين الكربون في كل من قطر، والإمارات العربية المتحدة، والمملكة العربية السعودية، وهي تحتجز حوالي 10 في المائة من ثاني أكسيد الكربون العالمي الذي يتم التقاطه سنوياً، تبلغ حصة المنطقة العربية 3.7 مليون طن سنويًا، من أصل 40 مليون طن سنويًا من الكربون الذي تم احتجازه عالمياً في عام 2020. بينما تحتجز أوروبا 4 في المائة فقط، بحصة قدرها 1.7 مليون طن سنويًا وفقاً لإحصائيات المعهد العالمي لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون لعام 2020 (GCCSI, 2021). من المتوقع أن تشهد المنطقة العربية انطلاقة كبيرة في أنشطة احتجاز وتخزين الكربون خلال العقد المقبل، وذلك لأسباب عدة:

- تكثيف الالتزامات العالمية لإزالة الكربون ضمن وثائق المساهمات المحددة وطنياً لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ)[5].
- زيادة العمل الإقليمي بشأن تغير المناخ بما يشمل زيادات جوهرية في مساهمة مصادر الطاقة المتجددة واحتجاز الكربون وتخزينه، وخاصة لتوليد الوقود الأحفوري، وقطاعات الطاقة المحلية.
- من المتوقع أن ينمو الطلب على ثاني أكسيد الكربون لاستخدامه في عمليات الاستخراج المحسَّن للنفط المحلي خمسة أضعاف على الأقل حتى عام 2030.
- رغبة كل من أرامكو السعودية وأدنوك الإماراتية في مواصلة الحد من انبعاثات الكربون لإنتاج النفط والغاز، وهي حالياً الأدنى في العالم.
- دعم زيادة إنتاج وتصدير الهيدروجين منخفض الكربون عبر الشراكة في عمليات إعادة تشكيل الغاز الطبيعي مع احتجاز الكربون وتخزينه.
- بناء قاعدة عريضة من الصناعات الثقيلة "النظيفة والتنافسية" لدعم خطط التنويع الصناعي.
- تأييد قمة مجموعة العشرين الأخيرة لمبادرة الاقتصاد الدائري للكربون الذي تبنته المملكة العربية السعودية وطورّه مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية، والذي يعطي دوراً مركزياً لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه.

يعُد تركيز مصادر انبعاث الكربون في المنطقة العربية، دافعاً إضافياً لاستخدام تقنية احتجاز وتخزين الكربون، والجدول التالي يبرز أهم مصادر الانبعاثات:

[5] https://www.cce.org.sa/Pages/Home.aspx (11/01/2023)

جدول 4. الانبعاثات الكربونية المتوقعة لعام 2025 في بعض الدول العربية

	البحرين	الكويت	سلطنة عُمان	دولة قطر	المملكة العربية السعودية	الإمارات العربية المتحدة
توليد الطاقة بالغاز	13.3	31.1	12.3	20.7	169.8	38.0
توليد الطاقة بالنفط		12.1	0.3		44.9	
توليد الطاقة من الفحم			7.7			15.4
باقي الصناعات الأخرى	1.2	9.9	17.4	13.4	68.9	12.0

Source: Global CCS institute (2021), Global Status of CCS

من المتوقع أن تأتي أغلب انبعاثات الكربون لعام 2025 في بعض دول المنطقة العربية (في أربعة من خمسة دول) من توليد الكهرباء، وليس من عمليات النفط والغاز. يمكن للتركيز الجغرافي للانبعاثات الرئيسة على طول ساحل الخليج العربي أن يدعم بناء شبكات البنية التحتية للكربون، ويقلل التكاليف الإجمالية، ويوفر حوافز لمشاريع جديدة لاحتجاز وتخزين الكربون (GCCSI, 2021).

9.5. جهود الدول العربية في مجال الاقتصاد الدائري للكربون وإدارة الكربون

قطعت الدول العربية أشواطاً هامّة في مجال الاقتصاد الدائري للكربون، خاصة في منطقة دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية في سياق عملية نشر تقنية احتجاز وتخزين الكربون، في الوقت الراهن وعلى المدى القصير.

1.9.5. البرنامج الوطني للاقتصاد الدائري للكربون (المملكة العربية السعودية)

أطلقت المملكة العربية السعودية خلال رئاستها لمجموعة العشرين (G20) مفهوم الاقتصاد الدائري للكربون، والذي تمت الموافقة عليه من مجموعة العشرين كإطار متكامل وشامل لمعالجة التحديات المترتبة على انبعاثات الغازات الدفيئة وإدارتها بشتى التقنيات المتاحة، ويمثل هذا النهج طريقة مستدامة اقتصادياً لإدارة الانبعاثات باستخدام أربع استراتيجيات تعرف بالرّاءات الأربعة (R4) وهي: التخفيض (Reduce)، وإعادة الاستخدام (Reuse)، والتدوير (Recycle)، والإزالة (Remove). يهدف هذا البرنامج إلى رسم خارطة طريق شاملة تتضمن الأسس، والمبادئ الرئيسة لإحلال وتوطين التقنيات المتقدمة في مجال إدارة الكربون عبر تطبيق مفهوم الاقتصاد الدائري للكربون، كما يعد هذا البرنامج ثمرة جهود مشتركة مع الجهات ذات العلاقة في صياغة آليات تنفيذ مشتركة تشمل جميع النواحي الفنية، والإدارية، والهندسية، والمعيارية من أجل تحقيق الأهداف الاستراتيجية المتمثلة في تحقيق النمو الاجتماعي، والاقتصادي بطرق مستدامة، وتعزيز الحلول المتكاملة لمواجهة ظاهرة تغير المناخ، وضمان القيادة عالمياً في مجال الاقتصاد الدائري للكربون. يتماشى هذا البرنامج مع رؤية المملكة 2030، عبر برامجها الهادفة إلى تحقيق تحوّل اجتماعي ونمو أكثر استدامة اقتصادياً، بالمواءمة والعمل مع كافة القطاعات التنموية بالمملكة مثل الطاقة، والصناعة، والمياه، والزراعة، والسياحة، وغيرها من القطاعات.

يعمل البرنامج الوطني للاقتصاد الدائري للكربون على رسم خارطة طريق شاملة تتضمن الأسس والمبادئ الرئيسة لإحلال وتوطين التقنيات المتقدمة في مجال إدارة الكربون، عبر تطبيق مفهوم الاقتصاد الدائري للكربون[6].

الأهداف الاستراتيجية للبرنامج

يحتوي البرنامج على العديد من المبادرات والأنشطة التي تهدف إلى تحقيق ثلاثة أهداف استراتيجية، على الصعيدين العالمي والمحلي:

(1) حماية المناخ:
- الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بطريقة فعالة من حيث التكلفة، نتيجة لاستخدام تقنيات الاقتصاد الدائري للكربون.
- ضمان استخدام جميع المحاور الممكنة المتاحة لخفض الانبعاثات

(2) الأثر الاجتماعي والاقتصادي:
- تحويل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي الى قيمة اقتصاديّة مضافة.
- تعزيز الصناعات الجديدة القائمة على تقنيات الاقتصاد الدائري للكربون التي ستسهم في رفع الناتج المحلي الإجمالي واستحداث فرص العمل.

(3) الريادة العالمية:
- تسريع التبني العالمي لبرنامج الاقتصاد الدائري للكربون من خلال الدعم والتواصل الدوليين.

[6] https://www.cce.org.sa/Pages/Home.aspx (11/01/2023)

- إبراز ريادة المملكة في معالجة تغيّر المناخ على الصعيد العالمي (البرنامج الوطني للاقتصاد الدائري للكربون).

الأنشطة الرئيسة للبرنامج

يتمحور عمل البرنامج حول دعم المملكة العربية السعودية على الصعيدين المحلي والدولي في التشجيع لإطار عمل الاقتصاد الدائري للكربون الذي يدير الانبعاثات الكربونية مع ضمان التنمية الاجتماعية والاقتصادية، وذلك من خلال ثلاث محاور هي:

(1) تطوير تقنيات الاقتصاد الدائري للكربون:

- وضع التطلعات وخرائط الطريق لتقنيات الاقتصاد الدائري للكربون الرئيسية.
- تحديد الممكّنات وآليات التمويل اللازمة وتفعيلها.
- تحديد المعايير والسياسات الرئيسة التي تتطلب تحديثًا.

(2) التنفيذ على الصعيد المحلي:

- الإشراف على تطبيق التقنيات على الصعيد المحلي ونشرها على مستوى أوسع.
- دعم الصناعات المحلية في تقليل الانبعاثات.
- وضع سيناريوهات الانبعاثات في المملكة.

(3) المشاركة الدولية:

- التنسيق مع أصحاب المصلحة الدوليين الآخرين بشأن تقنيات الاقتصاد الدائري للكربون (مثل: المعاهد والصناعات، وما إلى ذلك).
- تعزيز إطار عمل الاقتصاد الدائري للكربون دولياً.
- إظهار مكانة المملكة في المحافل الدولية الرئيسة (البرنامج الوطني للاقتصاد الدائري للكربون).

2.9.5. مبادرة تداول عقود الكربون في سوق أبو ظبي المالي العالمي (الإمارات العربية المتحدة)

تبذل دولة الإمارات العربية المتحدة جهوداً معتبرة في مجال الاقتصاد الدائري للكربون، حيث قطعت أشواطاً هامّة في سياق عملية نشر تقنية احتجاز وتخزين الكربون، في الوقت الراهن وعلى المدى القصير. فقد تم افتتاح مقرٍ للمعهد العالمي لاحتجاز وتخزين واستخدام الكربون في دولة الإمارات العربية المتحدة خلال عام 2022، كما بادر سوق أبو ظبي المالي العالمي بإطلاق مبادرة لتداول عقود الكربون في 2022، وإطلاق بورصة إلكترونية لتداول أرصدة الكربون وغرفة المقاصة الخاصة بها.

3.9.5. مبادرة تداول شهادات الكربون في البورصة المصرية (جمهورية مصر العربية)

أعلنت جمهورية مصر العربية خلال استضافتها لمؤتمر الأمم المتحدة المعني بتغير المناخ (كوب27)، عن تأسيس أول شركة مصرية لتطوير وإدارة وإصدار شهادات الكربون والشهادات والمنتجات البيئية على اختلاف أنواعها، وقعت الشركة القابضة لتنمية الأسواق المالية، التابعة للبورصة المصرية، اتفاقا مع البنك الزراعي المصري، وشركة "ليبرا كابيتال" على إطلاق مبادرة السوق الأفريقية للكربون، ووضع المعايير والقواعد والنظم الرقابية وتطويع القواعد الدولية في أسواق الكربون للاحتياجات الأفريقية.

6. خلاصة وتوصيات

يعد أمن الطاقة قضية حاسمة للبلدان في جميع أنحاء العالم، لأنه يؤثر على النمو الاقتصادي والأمن القومي ورفاهية المواطنين. يتطلب أمن الطاقة نهجًا شاملاً يوازن بين توافر مصادر الطاقة وموثوقيتها والحاجة إلى حماية البيئة وإدارة الانبعاثات الناجمة عن الوقود الأحفوري. وهذا يتطلب الاستثمار في البنية التحتية للطاقة، والاستخدام الفعال للطاقة، والتعاون الدولي لتأمين الوصول إلى موارد الطاقة. من خلال اتخاذ خطوات لتحسين أمن الطاقة، يمكن للبلدان بناء قدرتها للصمود أمام صدمات الطاقة، وتقليل تعرضها لارتفاع الأسعار واضطراب الإمداد، وإرساء الأساس لمستقبل الطاقة المستدامة.

يعتبر أمن الطاقة تحديًا للدول العربية التي تعد من أكبر الدول المنتجة للنفط في العالم. لمواجهة هذه التحديات، تحتاج الدول العربية إلى اعتماد نهج شامل ومتكامل لأمن الطاقة يأخذ في الاعتبار الحاجة إلى زيادة كفاءة الطاقة، وتطوير الطاقة المتجددة، وحماية البنية التحتية للطاقة الحيوية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يساعد التعاون البيني للدول العربية، والإقليمي والشراكات الدولية في تأمين الوصول إلى موارد الطاقة، وتحسين أمن الطاقة للمنطقة ككل، من خلال العمل معًا، يمكن للدول العربية أن تضمن مستقبلًا آمنًا ومستدامًا للطاقة لمواطنيها وللعالم.

يتطلب تحقيق الاقتصاد الدائري للكربون إدارة عالمية تتمتع بشفافية عالية داعمة للتقنيات المتقدمة، وتساهم في الاستخدام الفعال لمصادر الطاقة، ومراقبة الانبعاثات في البلدان من خلال نظام شبكة مراقبة عالمية، على أساس القياسات الميدانية الفعلية، مرتبطة إلى قاعدة بيانات عالمية،

تسمح لجميع أصحاب المصلحة بتتبع التغيير في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، كما ينبغي الاعتراف بواقع الاستخدام المستمر للوقود الأحفوري في القرن الحالي والمستقبلي من خلال استهداف الانبعاثات من الوقود الأحفوري بدلاً من استهداف الوقود الأحفوري في حد ذاته، حيث يعمل الاقتصاد الدائري للكربون على توفير نهجٍ يمكن أن يوافق بين مصالح منتجي الوقود الأحفوري مع مستقبل أكثر ملاءمة للمنا خ وأمناً للطاقة.

وبناءً على ما سبق، يوصي الموجز الدول العربية بالتركيز على موضوع أمن الطاقة من خلال الاعتماد على مصادر متنوعة لها وخصوصاً مصادر الطاقة البديلة والمتجددة. وفيما يتعلق بالاستدامة البيئية، فمن المهم التركيز على هذا البُعد من خلال تعزيز ما يسمى بالاقتصاد الدائري للكربون للدول العربية التي بدأت بالعمل على إعادة استخدام وتدوير الانبعاثات الكربونية، وقيام الدول العربية التي لم تبدأ بهذه الاستراتيجية بتبنيها وبناء هيكل اقتصادي يراعي الاقتصاد الدائري للكربون. من جهة أخرى، يوصي الموجز الدول العربية بالاستثمار بمصادر الطاقة النظيفة والمتجددة وزيادة الاعتماد عليها بشكل تدريجي للوصول إلى مراتب متقدمة عالمياً سواء في مؤشر أمن الطاقة، ومؤشر المساواة، ومؤشر الاستدامة البيئية. كما يوصي الموجز الدول العربية المستوردة للنفط والغاز أن تعمل على تعزيز المساواة في توزيع الطاقة بين كافة فئات المجتمع وتقدم حوافز للمنشآت الاقتصادية التي تعمل على تخفض الانبعاثات الكربونية، مع العمل على إنشاء أسواق الكربون التي تعمل على تسعير وتداول شهادات الكربون، مما يساهم في تحقيق هدف الحياد الكربوني، ومن ثمة التقليل من تداعيات ومخاطر التغيرات المناخية.

قائمة المصادر

1. Alsarhan, L. M., Alayyar, A. S., Alqahtani, N. B., & Khdary, N. H. (2021). Circular Carbon Economy (CCE): A Way to Invest CO2 and Protect the Environment, a Review. Sustainability, 13(21), 11625.
2. Carbon Sequestration Leadership Forum (CSLF), https://www.cslforum.org
3. CCS Facilities Database - Global CCS Institute, https://www.globalccsinstitute.com
4. Circular Carbon Network, https://circularcarbon.org(2023/01/11) /
5. Cherp A, Jewell J. The concept of energy security: Beyond the four As. Energy Policy. 2014;75:415–21.
6. Chester L. Conceptualising energy security and making explicit its polysemic nature. Energy Policy. 2010;38:887–95.
7. Kruyt B, van Vuuren DP, de Vries HJM, Groenenberg H. Indicators for Energy Security. Energy Policy. 2009;37:2166–81.
8. Lee, R. P., Keller, F., & Meyer, B. (2017). A concept to support the transformation from a linear to circular carbon economy: net zero emissions, resource efficiency and conservation through a coupling of the energy, chemical and waste management sectors. Clean Energy, 1(1), 102-113.
9. Metz, B., Davidson, O., De Coninck, H., Loos, M., & Meyer, L. (2005). Carbon dioxide capture and storage: Intergovernmental Panel on Climate Change special report.
10. Mitchell C, Watson J, Britton J. New Challenges in Energy Security: The UK in a Multipolar World: Palgrave Macmillan; 2013.
11. Shehri, T. A., Braun, J. F., Howarth, N., Lanza, A., & Luomi, M. (2022). Saudi Arabia's Climate Change Policy and the Circular Carbon Economy Approach. Climate Policy, 1-17.
12. Wich, T., Lueke, W., Deerberg, G., & Oles, M. (2020). Carbon2Chem®-CCU as a step toward a circular economy. Frontiers in Energy Research, 7, 162.
13. Yergin D. Ensuring Energy Security. Foreign Affairs. 2006; 85:69–82.
14. https://arsco.org/article-detail-574-8-0:

أكثر الدول العربية إنتاجًا للكهرباء النظيفة.. مصر والإمارات والمغرب في المقدمة – الطاقة (attaqa.net) مشروعات الطاقة المتجددة الحالية تحقق 92 في المائة من أهداف الدول العربية في 2030 (alarabiya.net)