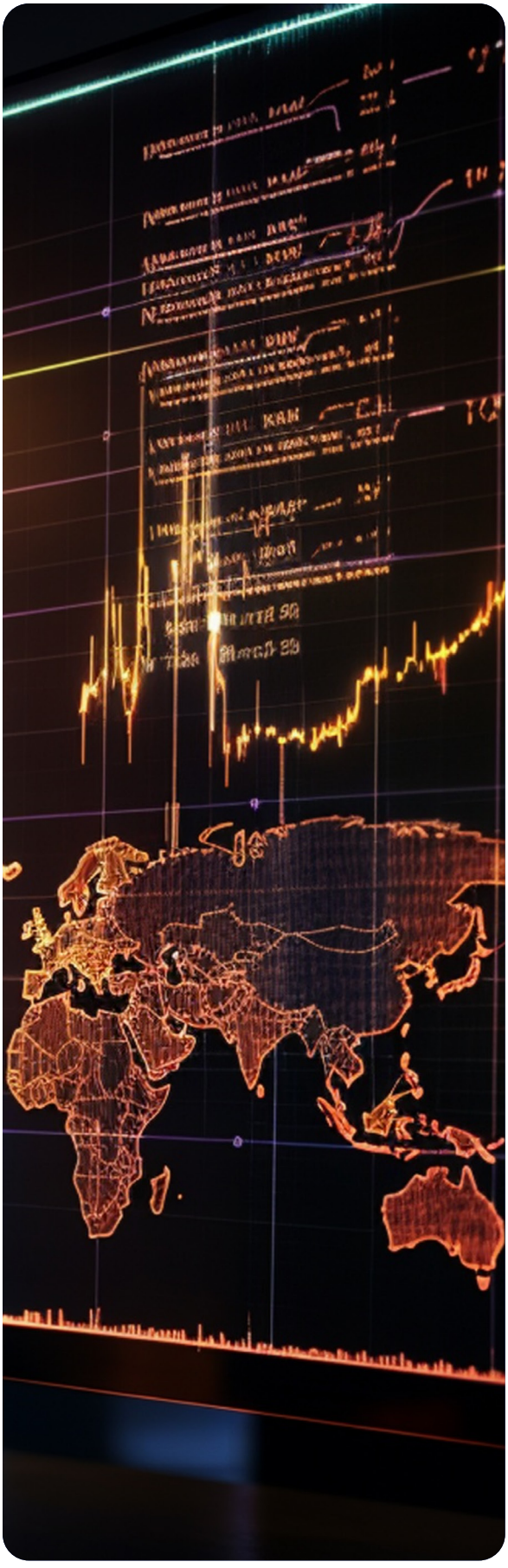
ECSS
المركز المصري
للفكر والدراسات الاستراتيجية
EGYPTIAN CENTER FOR STRATEGIC STUDIES

حالة الاقتصاد

صناعة المستقبل: استكشاف فرص الاستثمار والتطوير في صناعة الطاقة المتجددة بمصر والمنطقة

أبريل
2024

ECSS
المركز المصري
للفكر والدراسات الاستراتيجية
EGYPTIAN CENTER FOR STRATEGIC STUDIES



المدير العام
د. خالد عكاشة

نائب المدير العام
اللواء محمد ابراهيم

المستشار الأكاديمي
د. عبد المنعم سعيد

تحرير
أ. مجدي صبحي

مستشار التحرير
محمد عبد العاطي

الباحثون المشاركون
احمد بيومي
اسماء رفعت
اسماء فهمي
ايه حمدي
بسنت جمال
سالي عاشور
محمد صبري
د. عمر الحسيني
امل اسماعيل
مصطفي عبد اللاه

إخراج فني
عبد المنعم أبوطالب

100 شارع الميرغني – مصر الجديدة – القاهرة
+20226905863 | +20226905862 |+20226905861

/ecsstudies
www.ecss.com.eg

المحتويات

5 تقديم

6 علاقة تشابكية: الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة

11 الأثر الاقتصادي للتحول نحو الطاقة المتجددة

17 السياسات الحكومية والتشريعات المتعلقة بالطاقة المتجددة والهيدروجين الأخضر في مصر

24 الهيدروجين الأخضر: فرص استثمارية لتنمية اقتصاد مصر

28 تطورات صناعة الطاقة المتجددة في مصر: فرص وتحديات

33 مشاريع الهيدروجين الأخضر في الشرق الأوسط: نماذج ناجحة وتحديات مستقبلية

39 الابتكار في الطاقة المتجددة أهم حلول تحول الطاقة

تقديم

في عصر الابتكار والتطور التكنولوجي، تبرز الطاقة المتجددة كأحد أهم المحاور التي تشكل مستقبل البشرية على كوكب الأرض. إنها ليست مجرد مصدر للطاقة، بل هي رمز للتحول نحو عالم أكثر استدامة ووعي بالبيئة. لذا، يسعدنا أن نقدم لكم في هذا العدد من المجلة موضوعًا مهمًا يستحق التأمل والاهتمام، وهو دور الطاقة المتجددة في تشكيل مستقبلنا.

تعتبر الطاقة المتجددة حلاً مبتكرًا ومستدامًا للتحديات البيئية والاقتصادية التي تواجهنا، حيث تساهم في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة وتقليل الاعتماد على الموارد الطبيعية غير المتجددة مثل الفحم والنفط. كما تعتبر مصادر الطاقة المتجددة محركًا للتنمية المستدامة، حيث تخلق فرص عمل جديدة وتعزز الاستقرار الاقتصادي.

تناولنا في هذا العدد أحدث الاتجاهات في مجال الطاقة المتجددة، حيث يشهد العالم تطورات ملحوظة في تقنيات توليد الطاقة الشمسية والرياح والطاقة البحرية، مما يعزز فرص استخدام هذه الطاقات بشكل أكبر وأكثر فاعلية. بالإضافة إلى ذلك، نسلط الضوء على أهمية التكنولوجيا والابتكار في تطوير مصادر الطاقة المتجددة وجعلها أكثر كفاءة وتوفيرًا.

ومن ناحية أخرى، نلقي الضوء في هذا العدد على الوضع الراهن للطاقة المتجددة في مصر والعالم العربي والمنطقة الإقليمية، حيث تشهد تلك الدول تحركات ملموسة نحو تعزيز الاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة وتطبيق السياسات البيئية المستدامة. تحليلاتنا ستسلط الضوء على التحديات والفرص التي تواجه تطبيق الطاقة المتجددة في تلك البلدان، وسيتم تقديم نظرة شاملة للمستقبل المتوقع لهذا القطاع الحيوي.

نأمل أن يثريكم هذا العدد بالمعرفة والإلهام، ونتطلع إلى مشاركاتكم وآرائكم حول هذا الموضوع المهم.

علاقة تشابكية: الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة

بسنت جمال

باحث بوحدة الاقتصاد ودراسات الطاقة بالمركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

تُعد الطاقة المتجددة والمستدامة البديل الأمثل والنظيف للطاقة التقليدية، وتُعد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح من أهم مصادر الطاقة المتجددة، بالإضافة إلى الطاقة المتولدة من حركة المد والجزر في البحار والمحيطات، والطاقة الناتجة عن إعادة تدوير المخلفات بأنواعها.

وتنبع أهمية الطاقة المتجددة كونها أحد أهم المصادر التي يمكن استخدامها في خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، بما يسهم في تعزيز إجراءات التصدي للتغيرات المناخية الناتجة عن أنشطة قطاع الطاقة، والحد من الانبعاثات الملوثة للهواء، بما يسهم في تحسن جودة الهواء، كما تبدو أهميتها أيضًا في جذب الفرص الاستثمارية وتشجيعها على التوجه نحو الاقتصاد الأخضر بشكل عام، وإتاحة الطاقة في المناطق النائية التي تبعد عن الشبكة القومية، وفي المجالات المتعلقة بقضايا البيئة ومصادر توليد الطاقة بشكل خاص.

مشروعات الطاقة المتجددة

تتضمن المستهدفات الرئيسية للدولة المصرية السعي لتحقيق متطلبات التنمية المستدامة بحماية الموارد الطبيعية والاستغلال الرشيد لها، والتوسع في استخدام التكنولوجيا النظيفة، والتوسع

فـي مشـروعات إنتـاج الطاقـة الجديـدة والمتجـددة والاسـتفادة مـن الإمكانيـات الطبيعيـة التـي تتمتـع بهـا مصـر مـن مصـادر لإنتـاج هـذه الطاقـة.

وتسـعى الدولـة المصريـة بخطـى حثيثـة لمواجهـة التحديـات التـي تواجـه قطـاع الكهربـاء مـن خلال زيـادة الاسـتثمارات فـي قطـاع الكهربـاء والطاقـة المتجـددة، وتحسـين البنيـة التحتيـة لتوليـد ونقـل الكهربـاء، وتنويـع مصـادر الطاقـة للانتقـال إلـى مزيـدٍ مـن الطاقـة المتجـددة، ولذلـك نفـذت مصـر عـدة مشـروعات، مـن أهمهـا:

1. محطـة محـولات بنبـان (1) بأسـوان، بقـدرة 1465 ميجـاوات فـي يوليـو 2018، وتعتبـر أكبـر محطـة مـن نوعهـا فـي العالـم، بتكلفـة إجماليـة بلغـت حوالـي 2 مليـار دولار. كمـا تـم إنشـاء محطـة للريـاح بجبـل الزيـت (جنـوب رأس غـارب)، بقـدرة إجماليـة بلغـت نحـو 580 ميجـاوات، بالإضافـة إلـى مزرعـة ريـاح الزعفرانـة، بقـدرة 545 ميجـاوات التـي تضـم 700 توربينـة، وتـم تنفيـذ المحطـة علـى عـدة مراحـل؛ وهـي مـن أبـرز مشـروعات طاقـة الريـاح، وجـارٍ تطويـر خمسـة مشـروعات لطاقـة الريـاح بخليـج السـويس بالتعـاون مـع القطـاع الخـاص بقـدرات 2800 ميجـاوات.

2. وبالنسـبة للطاقـة النوويـة يجـري إنشـاء محطـة الضبعـة النوويـة بمحافظـة مطـروح التـي تتضمـن 4 مفاعـلات نوويـة مـن الجيـل الثالـث المطـور، والـذي يتميـز بارتفـاع معـدلات الأمـان، وتبلـغ القيمـة التقديريـة للمشـروع 28 مليـار دولار وفقًـا للتعاقـد وجـداول المدفوعـات، ومـن المتوقـع انتهـاء المشـروع عـام 2032. وفـاز مشـروع الضبعـة بجائـزة روسـاتوم لأفضـل 3 مشـروعات نوويـة عـام 2019 مـن حيـث البـدء أو الانطلاقـة علـى مسـتوى العالـم، وتعتبـر هـذه الجائـزة الأولـى مـن نوعهـا التـي يحصـل عليهـا مشـروع بمنطقـة الشـرق الأوسـط.

3. محطـة توليـد طاقـة كهرومائيـة نظيفـة صديقـة للبيئـة بقناطـر أسـيوط بتكلفـة إجماليـة بلغـت 44.3 مليـون جنيـه و68 مليـون يـورو، وقـد تـم ربـط إنتـاج محطـة أسـيوط الكهرومائيـة مـع محطـة محـولات المعصـرة بمركـز الفتـح وربطهـا علـى الشـبكة القوميـة لإنـارة محافظـة أسـيوط بالكامـل فـي حالـة وجـود أعطـال كهربـاء.

وفي هذا الشأن، تستهدف الدولة المصرية وصول نسبة مساهمة الطاقة المتجددة بقدرة توليد الكهرباء لنحو 42% بحلول 2035، وخلال العام المالي 2023/2022، تقدمت مصر 10 مراكز في مؤشر جاذبية الدول في قطاع الطاقة المتجددة وهو مؤشر يهدف إلى قياس الدول الأكثر جاذبية في قطاع الطاقة المتجددة بالإضافة إلى تقديم نظرة متعمقة داخل سوق الطاقة المتجددة والتحديات التي تواجه مستقبل هذا القطاع حيث جاءت في المركز رقم 29 مقابل المركز رقم 39 في مارس 2015 وذلك ضمن 40 دولة يتضمنهم المؤشر، وفقًا لآخر تقرير صدر عن الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء.

وعلى مستوى أداء المحطات التابعة لهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، بلغ إجمالي الطاقة المنتجة خلال العام المالي 2023/2022 قرابة 4000 جيجا وات ساعة، مما أسهم في توفير أكثر من 645 ألف طن بترول مكافئ، وخفض إجمالي الانبعاثات الكربونية بحوالي 1.9 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون.

العلاقة الترابطية بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة

ترتبط الطاقة المتجددة بالتنمية المستدامة من خلال أبعادها الثلاثة الأساسية، البعد البيئي الذي يعتمد على تخفيض حجم الانبعاثات الحرارية ومواجهة التغيرات المناخية، والبعد الاقتصادي انطلاقًا من مساهمتها في تغيير أنماط الاستهلاك وتقليص استهلاك الوقود الأحفوري، أما عن البعد الاجتماعي فالطاقة المتجددة بإمكانها تحقيق عدد من الأهداف الاجتماعية كتوفير فرص العمل وتخفيف أعباء استهلاك الطاقة.

وفي هذا الشأن، أعلنت الدولة المصرية في عام 2016 النسخة الأولى من رؤية مصر 2030، والتي تعد الأجندة الوطنية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة الأممية بأبعادها الثلاثة: الاقتصادية، والاجتماعية، والبيئية. وتم تحديث النسخة الأولى وتم إصدار نسخة محدثة من رؤية التنمية الوطنية.

وتتضمن رؤية مصر 2030 المحدثة ستة أهداف استراتيجية ينبثق منها 32 هدفًا عامًّا، ويتمثل الهدف الثالث في تحقيق «نظام بيئي متكامل ومستدام» من خلال اتباع النمط التنموي العالمي الرامي إلى الحفاظ على الموارد الطبيعية بتنوعها البيئي والبيولوجي، وإدارتها بتكاملية واستدامة، في إطار السعي إلى زيادة معدلات النمو الاقتصادي، وبما يحول دون استخدامها بشكل جائر، وما يترتب على ذلك من تلوث الهواء والمياه وأضرار تلحق بكل الموجودات، كما يعمل هذا الهدف على تحفيز تبني الأنماط الاقتصادية المبتكرة مثل الاقتصاد الدائري والاقتصاد الأخضر، لفصل عملية تحقيق النمو الاقتصادي عن الاعتماد المفرط على الموارد الطبيعية والحد من هدر الموارد واستهلاكها المستثمر، وتوفير فرص عمل جديدة في ما يعرف بالوظائف الخضراء.

ويرتبط هذا الهدف بعدد من الأهداف الأممية للتنمية المستدامة كالقضاء على الجوع، والمياه النظيفة والنظافة الصحية، والطاقة النظيفة بأسعار معقولة، ومدن ومجتمعات محلية مستدامة، والاستهلاك والإنتاج المسئولين، والعمل المناخي، والحياة تحت الماء، والحياة في البر.

كما يسعى الهدف إلى الاستغلال شبه الكامل لإمكانات الطاقة الكهرومائية ودراسة إمكانية الاعتماد على عدد من مصادر الطاقة الجديدة مثل الهيدروجين الأخضر والأزرق، وتهيئة مناخ مناسب للقطاع الخاص للاستثمار في المشروعات الداعمة لأمن الموارد الطبيعية، كالزراعة العضوية والزراعة المستدامة وموارد الطاقة المتجددة، والتوسع في بناء محطات الطاقة المتجددة.

وتستهدف رؤية مصر 2030 أن يكون قطاع الطاقة قادرًا على تلبية جميع الاحتياجات التنموية من موارد الطاقة وتعظيم الاستفادة الكفء من مصادرها المتنوعة (تقليدية ومتجدّدة) بما يؤدي إلى المساهمة الفعالة في دفع عجلة الاقتصاد والحفاظ على البيئة. وتسعى الرؤية إلى الحد من الآثار السلبية لنفاد مصادر الطاقة التقليدية الناضبة بطبيعتها، وزيادة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة مع تحقيق الريادة فيها.

كما تستهدف زيادة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة، مستهدفة أن تكون نسبة مساهمتها في إنتاج الكهرباء في مصر 42% بحلول عام 2035 تماشيًا مع الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة. إلى جانب تحويل مصر لمركز إقليمي لتجارة الطاقة، المتجددة منها والناضبة، وتداولها، وهو ما يتيح إمكانية تدشين شراكات أوسع لتعزيز الاكتشافات الجديدة في المنطقة.

ويتبين من رؤية مصر 2030 الترابط بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة؛ حيث إنها صديقته للبيئة فضلًا عن كونها تعد تلعب دور أساسيًا في التخفيف من التغيرات المناخية، كما إنها تقلل الاعتماد على واردات الطاقة بشكل مستدام، وكذلك فإنها تساعد الدولة المصرية على مواجهة أزمات نقص الطاقة.

واستخلاصًا لما سبق، فإن العلاقة التبادلية بين الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة في استراتيجية مصر للتنمية المستدامة في تلبية الطلب المتزايد على الطاقة، وتنويع مصادر الطاقة، والمحافظة على البيئة، وزيادة الوعي بالطاقة المتجددة ومنافع استخدامها، وتطوير الميزة التنافسية للطاقة المتجددة، وتوفير فرص عمل، وتحقيق التوازن بين الأجيال الحالية والقادمة.

الأثر الاقتصادي للتحول نحو الطاقة المتجددة

أحمد بيومي

باحث بوحدة الاقتصاد ودراسات الطاقة بالمركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

شهدت تقنيات الطاقة المتجددة تراجعًا ملموسًا في التكاليف مقارنة بالمصادر التقليدية للوقود الأحفوري؛ سيمكن ذلك التراجع من منافسة الطاقة المتجددة من الوقود الأحفوري، ويمكن الربط بين ذلك التراجع في التكاليف وبين عدد من العوامل الرئيسية المتمثلة في التقدم التكنولوجي، واقتصاديات الحجم، والحوافز السياسية، والاهتمام المتزايد من قبل المستثمرين. فعلى سبيل المثال شهدت صناعة الطاقة الشمسية نموًا هائلًا وتطورات تكنولوجية كبيرة بسبب تطور عملية التصنيع لخلايا (pv) والذي أثمر عن انخفاض تكاليف الوحدات الفوتوفولتائية الشمسية، وقد ساهم ذلك في انخفاض تكلفة إنتاج الطاقة الشمسية بنسبة 89% خلال الفترة بين 2010 و2022 (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة 2023)، وتحسنت اقتصاديات طاقة الرياح هي الأخرى نتيجة لتطور تكنولوجيات التوربينات الرياحية وزيادة كفاءتها وتوسع حجم الأجهزة والمشروعات الرياحية، مما ساهم في تقليل تكاليف الوحدة المتولدة بنسبة 69% خلال الفترة من 2010 إلى 2022 (IRENA, 2023)، وبالتأكيد كان لتطور تكنولوجيا التخزين المتمثلة في البطاريات تعزيز قدرة النظم المتجددة على توفير الطاقة بشكل متواصل حيث انخفضت تكاليف البطاريات الليثيوم أيون وتطورت تقنيات التخزين المتقدمة، لكن هناك الكثير من الأبحاث التي لا تزال تشير إلى أن التكاليف الأولية الخاصة بتهيئة البنية التحتية للطاقة المتجددة كبيرة.

على الرغم من الانخفاض في التكاليف والتطور التكنولوجي إلا أن ذلك الرأي صحيح حيث أشار تقرير صادر عن وكالة الطاقة الدولية (IEA، 2020) إلى أن التحولات في مجال الطاقة النظيفة تتطلب استثمارات أولية عالية، لكن تلك الاستثمارات يتم موازنتها بنفقات تشغيلية أقل، حيث تتطلب البنية التحتية للطاقة المتجددة عادة استثمارًا أوليًّا لشراء المعدات اللازمة وتركيبها. يمكن أن يشمل ذلك تكلفة الألواح الشمسية وتوربينات الرياح والعاكسات والبطاريات والأسلاك والمكونات الأخرى، وبالتأكيد تختلف تلك التكاليف الأولية اعتمادًا على عدة عوامل مثل حجم ونطاق نظام الطاقة المتجددة، والاعتبارات الخاصة بالموقع، والحوافز أو الإعانات المتاحة، لكن بمجرد تهيئة تلك البنى التحتية يمكن لأنظمة الطاقة المتجددة توليد الكهرباء بتكاليف وقود مستمرة قليلة أو معدومة. على سبيل المثال، تعتمد أنظمة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على مصادر الطاقة المجانية والوفيرة (ضوء الشمس وطاقة الرياح) لتوليد الكهرباء، حيث تتمتع أنظمة الطاقة المتجددة بتكاليف تشغيل وصيانة أقل مقارنة بمحطات الطاقة التقليدية التي تعتمد على الوقود الأحفوري. فهي تحتوي على عدد أقل من الأجزاء المتحركة، وتتطلب صيانة أقل تواترًا، ولها عمر أطول، أما الميزة الأخرى فهي تتمثل في استدامة الطاقة المتولدة من الطاقة المتجددة، حيث يمكن لأنظمة الطاقة المتجددة أن توفر التحوط ضد أسعار الطاقة المتقلبة المرتبطة بالوقود الأحفوري. ومن خلال توليد الكهرباء في الموقع، يمكن للأفراد والمنظمات تقليل تعرضهم للتقلبات في أسعار المرافق.

لكن للتغلب على هذه التكاليف فقد قامت العديد من الحكومات المختلفة بتبني طرق متنوعة قدمت من خلالها إعفاءات أو تخفيضات على ضريبة الأملاك التي تستخدم الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء الخاصة بتشغيلها (World Bank)، وطبقت بعض البلدان الأخرى برامج تحفيزية تشمل الإعفاء من رسوم التصريح والتي تتمثل في تنازل الحكومات المحلية عن رسوم التصريح أو تبسيطها لتبسيط عملية تركيب أنظمة الطاقة الشمسية، هذا فضلًا عن تقديم حوافز نقدية لهم في شكل رد جزء من التكاليف أو منحهم حوافز نقدية عند الانتهاء من المشروع AEI Consultants (2023)، وتعد الولايات المتحدة الأمريكية واحدة من أوائل الدول

عالميًا التي تبنت برامج تحفيزية للطاقة المتجددة؛ حيث تقدم الحكومات الوطنية هناك إعفاءات ضريبية تقلل من التكلفة الأولية للاستثمار في مشروعات الطاقة المتجددة مثل الائتمان الضريبي للاستثمار (Investment Tax Credit) وتوفير الائتمان لتركيب محطات الطاقة المتجددة بالمباني السكنية (Clifford Chance، 2018)، وتعريفات التغذية (Feed- in Tariffs) حيث يتضمن هذا البرنامج سعرًا ثابتًا لكل وحدة من الكهرباء المنتجة من مصادر متجددة، مما يوفر ضمانًا للإيرادات على المدى الطويل لمطوري المشاريع، قدمت الحكومات أيضًا برامج قروض مدعومة من الحكومة بأسعار فائدة جذابة وشروط سداد لمشاريع الطاقة المتجددة (EIA، 2023)، شهادات الطاقة المتجددة (Renewable Energy Certificates (RECs هي أيضًا أحد التطبيقات التي اتبعتها الحكومة لدعم الطاقة المتجددة، حيث إن تلك الشهادات هي شهادات قابلة للتداول بحيث يمكن لأصحاب المشاريع بيع تلك الشهادات إلى المشروعات التي تستهدف تطبيق أهداف الطاقة المتجددة واجتازت حدود الكربون الخاصة بها استخدام تلك الشهادات لزيادة حصتهم ومن ثَمّ إمكانية الاستمرار في الإنتاج لكن بتكاليف أعلى مما يشجع تلك الشركات على الالتزام بأهداف الطاقة المتجددة.

الأثر الاقتصادي لقطاع الطاقة المتجددة

تخلق قطاعات الطاقة المتجددة عددًا كبيرًا من فرص العمل وتدفع النمو الاقتصادي مقارنة بقطاعات الطاقة التقليدية، فعلى الرغم من أن قطاعات الطاقة التقليدية مثل إنتاج الفحم والنفط تعد قطاعات رئيسية في خلق فرص العمل تاريخيًا، فإن سوق العمل يتطور باستمرار، إذ إن قطاع الطاقة المتجددة المتمثل في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح يتطلب عمالة كثيفة في مصانع التصنيع والتركيب والصيانة مقارنة بمحطات الوقود الأحفوري التقليدية (منظمة العمل الدولية، 2020)، إذ يقدم هذا القطاع مجموعة واسعة من الوظائف، بدءًا من المهندسين والفنيين ووصولًا إلى عمال البناء ومحللي البيانات، مما يلبي مجموعة مهارات القوى العاملة الأوسع (Business com، 2023)، إذ يساهم النمو في مصادر الطاقة المتجددة في خلق فرص عمل في جميع أنحاء سلسلة التوريد بما في ذلك تصنيع الألواح الشمسية

ومكونات وتوربينات الألواح وأنظمة تخزين الطاقة (LinkedIn، 2020)، ووفقًا للوكالة الدولية للطاقة المتجددة من المتوقع أن ترتفع وظائف الطاقة المتجددة العالمية من 12 مليون في عام 2020 إلى 38 مليون بحلول عام 2030، وقد اتفقت في ذلك الرأي وزارة الطاقة الامريكية، إذ أشارت إلى أن قطاع الطاقة المتجددة ينمو بشكل أسرع من عمليات التوظيف في الولايات المتحدة الأمريكية في السنوات الأخيرة (وزارة الطاقة المتجددة، 2023)، لكن التحول العادل نحو استخدام الطاقة المتجددة هو أمر بالغ الأهمية وذلك لضمان تزويد العاملين في القطاعات المتدهورة بالمهارات اللازمة للمشاركة في اقتصاد الطاقة الجديد.

أما على مستوى تنمية الاستثمار فيتطلب قطاع التحول إلى الطاقة المتجددة استثمارات كبيرة في البنية التحتية والمشاريع، وتحفيز النشاط الاقتصادي في مختلف القطاعات (Business com، 2023)، وتعمل مصادر الطاقة المتجددة على تعزيز الابتكار في مجالات علوم المواد والهندسة وتخزين الطاقة؛ الأمر الذي يساهم في استخدام تلك التكنولوجيا في تطبيقات اقتصادية أوسع (منظمة العمل الدولية، 2020)، ويساهم الاستخدام المتزايد للطاقة المتجددة في تقليل الواردات، إذ إنه يساهم في تقليل الوقود المستورد مما يساهم في تحسين وضع الميزان التجاري للدولة.

أسعار الكهرباء هي الأخرى ستتأثر إيجابيًا بالانخفاض نتيجة للتوسع في استخدام الطاقة المتجددة، إذ إنه من المحتمل أن يؤدي التكامل المتزايد لمصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في شبكة الكهرباء إلى تغيير مشهد سوق الطاقة التقليدية. ومن الممكن أن يؤثر هذا التحول بشكل كبير على أسعار الكهرباء وديناميكيات السوق، ويمكن تفسير ذلك الأثر من خلال ما يسمى بتأثير الجدارة، حيث تتسم مصادر الطاقة المتجددة، وخاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، بتكاليف هامشية منخفضة (تكلفة توليد وحدة إضافية واحدة من الكهرباء) وعندما يتم تشغيلها، فإنها تطرد مصادر الطاقة التقليدية (التي تعتمد غالبًا على الوقود الأحفوري) بتكاليف هامشية أعلى في نظام يعتمد على توزيع أمر الجدارة (إرسال المصدر الأرخص أولًا). وقد يؤدي ذلك إلى انخفاض متوسط

أسعار الكهرباء [Cevik et al., 2023، Ballester et al., 2013]، أما العامل الثاني فهو «المصادر المتقطعة». لكن على الجانب الآخر هناك تأثير سلبي لزيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة وهو ما يسمى «تأثير المصادر المتقطعة» حيث إنه على عكس المصادر التقليدية، فإن توليد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح متغير ويعتمد على الظروف الجوية. ويمكن أن يؤدي هذا التقطع إلى زيادة التقلبات في أسعار الكهرباء، خاصة خلال فترات انخفاض أو ارتفاع إنتاج الطاقة المتجددة (International Monetary Fund، 2022).

ومن ثَمّ ومن أجل الاستفادة من التوسع في استخدام الطاقة المتجددة فهناك حاجة إلى إنشاء شبكة كهرباء تتسم بالمرونة ويمكنها استيعاب طبيعتها المتغيرة، ويمكن أن يشمل ذلك استثمارات في حلول تخزين الطاقة، وبرامج إدارة جانب الطلب، وتحسين الاتصال البيني للشبكات لتحقيق التوازن بين العرض والطلب (European Commission، 2023)، وتحتاج الحكومات أيضًا إلى تنفيذ السياسات واللوائح التي تحفز تكامل الطاقة المتجددة مع ضمان استقرار الشبكة والمنافسة العادلة في السوق، وقد يشمل ذلك آليات مثل تعريفات التغذية، أو أسواق القدرات، أو خطط تسعير الكربون، ومن ثَمّ فإن التأثير الصافي العام لتكامل الطاقة المتجددة على أسعار الكهرباء هو أمر معقد ويعتمد على عدة عوامل مختلفة بما في ذلك مزيج الطاقة المتجددة المحدد، والبنية التحتية للشبكة، ولوائح السوق الحالية. وتشير الدراسات إلى أن الزيادة الكبيرة في مصادر الطاقة المتجددة يمكن أن تؤدي على المدى الطويل إلى انخفاض متوسط أسعار الكهرباء (IMF، 2022) ومع ذلك، فإن إدارة انقطاع مصادر الطاقة المتجددة وضمان استقرار الشبكة سيكون أمرًا بالغ الأهمية لتحقيق هذه النتيجة.

References:

- International Energy Agency (IEA). (2020). The Cost of Capital in Clean Energy Transitions https://www.iea.org/articles/the-cost-of-capital-in-clean-energy-transitions
- https://www.worldbank.org/en/topic/energy
- Clifford Chance (2018). RENEWABLE INCENTIVES GUIDE: TOWARDS A SUBSIDY-FREE WORLD? 6TH EDITION [6].
- U.S. Energy Information Administration (EIA) (2023). Renewable energy explained - incentives [1].
- AEI Consultants (2023). Renewable Energy Financial Incentives [3].
- International Labour Organization. (2020, January). Green jobs and renewable energy: low carbon, high employment. https://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/publications/WCMS_250690/lang--en/index.htm
- Business.com. (2023, January 11). Renewable Resources: The Impact of Green Energy on the Economy. https://www.business.com/articles/the-impact-of-green-energy-on-the-economy/
- US Department of Energy. (2023, February 22). Clean Energy Job Creation and Growth. https://www.energy.gov/careers/jobs
- LinkedIn. (2020, September 22). How Renewable Energy Creates Massive Employment Opportunities. https://business.linkedin.com/content/dam/business/talent-solutions/global/en_US/site/pdf/datasheets/linkedin-talent-pool-report-renewable-energy-en-us.pdf
- Ballester, C., Andreu-Martínez, I., & Villaplana-Muñoz, M. (2013). The influence of renewable energy sources on electricity prices in the Spanish wholesale market. Energy Economics, 37, 1723-.
- Cevik, E., Niaz, M. A., Ünal, H. B., & Narayan, P. K. (2023). The nexus between wholesale electricity prices and the share of electricity production from renewables: An analysis with and without the impact of time of distress. Energies, 16(4), 1854.
- European Commission (2023). The development of renewable energy in the electricity market https://economy-finance.ec.europa.eu/publications/development-renewable-energy-electricity-market_en. Retrieved from https://economy-finance.ec.europa.eu/publications/development-renewable-energy-electricity-market_en
- International Monetary Fund (2022). Chasing the sun and catching the wind: Energy transition and electricity prices in Europe
- https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/202204/11//Chasing-the-Sun-and-Catching-the-Wind-Energy-Transition-and-Electricity-Prices-in-Europe-525079. Retrieved from https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/202204/11//Chasing-the-Sun-and-Catching-the-Wind-Energy-Transition-and-Electricity-Prices-in-Europe-525079

السياسات الحكومية والتشريعات المتعلقة بالطاقة المتجددة والهيدروجين الأخضر في مصر

سالي عاشور

باحث بوحدة الاقتصاد ودراسات الطاقة بالمركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

"تُبحر مصر بقوة نحو ريادة مجال الهيدروجين الأخضر، مستفيدة من إمكاناتها الهائلة لجذب الاستثمارات المحلية والعالمية. وتزداد أهمية هذا التوجه مع تخطيطها لتنفيذ مشاريع ضخمة في هذا المجال، مما يُعزز فرص اندماجها بقوة في السوق العالمية لإنتاج الهيدروجين الأخضر.

ولضمان استثمار هذه الفرصة بالشكل الأمثل، تُدرك مصر أهمية وجود إطار تشريعي متكامل ينظم مشاريع إنتاج واستخدامات الهيدروجين، مما يُساهم في تعزيز بيئة استثمارية جاذبة ويُسهل تحقيق أهدافها في هذا المجال الواعد."

يسلط هذا المقال في فقراته التالية الضوء على السياسات الحكومية لتوطين صناعة الهيدروجين الأخضر في مختلف دول العالم والتي تتم عبر إصدار مجموعة من الاستراتيجيات القومية والسياسات والقوانين المنظمة للعمل، إلى جانب ذلك يتم إفراد جزء خاص بجهود الدولة المصرية لتوطين تلك الصناعة عبر إطلاق الاستراتيجيات وتوقيع الاتفاقيات الثنائية.

أولًا: الهيدروجين الأخضر: اهتمام عالمي متزايد

تشهد الساحة العالمية اهتمامًا متزايدًا بتطوير الهيدروجين الأخضر، حيث تدرك الدول أهمية وجود إطار تشريعي واستراتيجي متكامل لتعزيز مشروعات الهيدروجين الأخضر. ولهذا، قامت أكثر من 30 دولة بتبني خطط واستراتيجيات لتعزيز الاستثمارات في هذا المجال. ويعكس ذلك حرص الدول على تطوير سلاسل القيمة للهيدروجين الأخضر، إيمانًا منها بإمكاناته الهائلة في تحقيق التنمية المستدامة. ويشير الشكل التالي إلى التوزيع الجغرافي للاستراتيجيات المتعلقة بالهيدروجين الأخضر على مستوى دول العالم.

المصدر: بوصلة السياسات، «الأطر التشريعية لتشجيع مشروعات الهيدروجين الأخضر»، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، يونيو 2023.

حيث تتبنى الدول حول العالم مجموعة من القوانين والتشريعات لتنظيم وتشجيع صناعة الهيدروجين الأخضر، وذلك بهدف تعزيز استخدام مصادر الطاقة المتجددة والحد من الانبعاثات الكربونية. وفيما يلي بعض الأمثلة على هذه القوانين:

- **الاتحاد الأوروبي**، يعمل على تطوير إطار تنظيمي للهيدروجين الأخضر، يشمل معايير للإنتاج المستدام والاستخدام الفعال.

- **الهند**، تسعى لتصبح مركزًا إقليميًا لإنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر، وقد أعلنت عن سياسة جديدة لتحفيز الإنتاج من الطاقة المتجددة. تشمل هذه السياسة منح تراخيص المشروعات من خلال آلية النافذة الواحدة المحددة زمنيًا، والسماح بتخزين فائض الطاقة المتجددة غير المستهلكة لمدة 30 يومًا. كما تهدف السياسة إلى تسهيل عمليات إنشاء الموانئ لتصدير الهيدروجين أو الأمونيا واستخدامها من قبل شركات الشحن.

- **السعودية**، تستثمر في مشروعات ضخمة للهيدروجين الأخضر، وتعمل على تطوير البنية التحتية اللازمة لدعم هذه الصناعة، فتعمل على إنشاء أكبر مشروع للهيدروجين الأخضر في العالم في مدينة نيوم، مع توقعات بأن تصبح رائدة عالميًا في إنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر، مستفيدة من مواردها الطبيعية الوفيرة من الشمس والرياح.

- **ألمانيا**، أطلقت استراتيجية وطنية للهيدروجين تتضمن دعم البحث والتطوير وتسهيل الاستثمار في تقنيات الهيدروجين، وتركز الاستراتيجية على استخدام الهيدروجين كوقود نظيف وكمادة خام في الصناعات التحويلية. تخطط ألمانيا لبناء محطات تحليل كهربائي بقدرة تصل إلى 5000 ميغاواط بحلول عام 2030 لإنتاج الهيدروجين الأخضر.

- **اليابان**، من جانبها، تسعى لتصبح «مجتمع هيدروجيني»، حيث تستخدم الهيدروجين في التدفئة والكهرباء والنقل. وتعمل على تقليل تكلفة الهيدروجين وزيادة الإنتاج العالمي لتسهيل الاستيراد والاستخدام الواسع النطاق.

- **كوريا الجنوبية**، تعمل على تطوير مشاريع لإنتاج الهيدروجين الأخضر وتسعى للاستثمار المشترك في مشاريع إمدادات الأمونيا والهيدروجين. تتضمن الخطط

استخدام الأمونيا والهيدروجين كأداة للحد من انبعاثات الكربون في الصناعات الثقيلة مثل صناعة الصلب والإسمنت. كما وقع صندوق الاستثمارات العامة السعودي مذكرة تفاهم مع شركتي POSCO وSAMSUNG C&T لتطوير مشروع جديد لإنتاج الهيدروجين الأخضر.

ويعكس هذا توجه العديد من دول العالم نحو الاعتماد على الطاقة النظيفة، إيمانًا بأهميتها في تحقيق التنمية المستدامة وحماية البيئة. ويتجلى في التوسع في استخدام تقنيات تخزين ونقل واستخدام الطاقة الخضراء، ومن بينها الهيدروجين الأخضر. باعتباره خيارًا واعدًا لتخزين الكهرباء، كونه وقودًا نظيفًا ومتجددًا. وتُعوّل العديد من الدول على استخدامه كوقود للمستقبل، لما له من فوائد بيئية واقتصادية.

جدير بالإشارة أن تلك الاستراتيجيات والقوانين التي أصدرتها عدد من الدول تشترك فيما بينها في عدد من النقاط والتي يمكن الاستفادة منها في الحالة المصرية وفي مقدمتها: وضع تعريف دقيق للهيدروجين وطرق إنتاجه، إلى جانب تحديد متطلبات منح التراخيص للمنشآت العاملة في هذا المجال، مع وضع أسس وقواعد نظم تسعير للغاز الطبيعي المستخدم في إنتاج الهيدروجين.

وقد تناولت بعض تلك الاستراتيجيات تحديدًا لعملية إدخال نظام اعتماد مشروعات الهيدروجين النظيف وفقًا لحجم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ووضع خطة لتخزين الطاقات المتجددة باستخدام الهيدروجين. إلى جانب تحديد نسبة معينة من الطاقة المتجددة التي يجب على المستهلكين ومنتجي المواد الكيميائية استخدامها. وتحديد المنهجية المستخدمة لحساب انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

مع تحديد الشكل المؤسسي لإحكام الرقابة على صناعة الهيدروجين بالبلاد، عبر تشكيل لجنة مختصة بالهيدروجين لوضع خطة رئيسية لتبني اقتصاد الهيدروجين، مع تحديد الأطر التنظيمية والاشتراطات البيئية لعمليات نقل وتخزين الهيدروجين. وإعداد لوائح لضمان السلامة.

كل هذا إلى جانب تحديد أدوات تمويلية لتشجيع الاستثمار في صناعات الهيدروجين، وتحديد حزم الدعم والمزايا والإعفاءات للمشاريع العاملة في مجال الهيدروجين، وتحديد شروط الحصول على الحوافز وحزم الدعم.

ثانيًا: السياسات الحكومية المصرية لدعم صناعة الهيدروجين الأخضر

تُعد صناعة الهيدروجين الأخضر في مصر خطوة استراتيجية نحو تحقيق الاستدامة والاستقلال الطاقي، وتتبنى الحكومة المصرية سياسات وقوانين تحفيزية لتوطين هذه الصناعة. تشمل هذه السياسات حزم تحفيزية لجذب الاستثمارات وتطوير التقنيات اللازمة لإنتاج الهيدروجين بطرق صديقة للبيئة.

وتهدف مصر إلى أن تصبح مركزًا إقليميًا للطاقة النظيفة، وذلك من خلال استغلال مواردها الطبيعية الغنية بالطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وقد أقرت الحكومة الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين الأخضر، التي تتضمن خططًا لإنتاج الهيدروجين والأمونيا الخضراء وتخزينهما وتجارتهما، مع توقعات بأن تستحوذ مصر على نسبة مهمة من السوق العالمية للهيدروجين.

كما تتماشى تلك الجهود مع التزامات مصر الدولية، مثل اتفاقية باريس، وتهدف إلى تقليل الانبعاثات وتعزيز الاستخدام الرشيد للموارد الطبيعية، مما يساهم في حماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة، لذا تولي الحكومة المصرية اهتمامًا كبيرًا بدعم صناعة الهيدروجين الأخضر، وذلك إيمانًا منها بأهمية هذه الصناعة في تحقيق التنمية المستدامة وخلق فرص العمل وتعزيز الأمن الطاقي. وفيما يلي بعض أهم السياسات الحكومية لدعم هذه الصناعة:

1. الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين الأخضر:

أعلنت الحكومة المصرية في عام 2022 عن الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين الأخضر، والتي تهدف إلى جعل مصر مركزًا إقليميًا لإنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر. وجارٍ العمل على إعداد تلك الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين بالمشاركة مع البنك

الأوروبي لإعادة الإعمار، وتتضمن الاستراتيجية العديد من الأهداف، منها:

- زيادة قدرة مصر على إنتاج الهيدروجين الأخضر إلى 8 جيجاوات بحلول عام 2030.
- خلق 100 ألف فرصة عمل جديدة في قطاع الهيدروجين الأخضر.
- جذب استثمارات بقيمة 40 مليار دولار أمريكي في قطاع الهيدروجين الأخضر.
- الوصول إلى 8% من إنتاج العالم من الهيدروجين.

2. توقيع العديد من الاتفاقيات بخصوص الهيدروجين:

قامت الحكومة المصرية بتوقيع عدد من الاتفاقيات لتشجيع إنتاج الهيدروجين في مصر ومنها: عقد اتفاقيات في المنطقة الاقتصادية لقناة السويس لإنشاء مشروعات إنتاج الهيدروجين والأمونيا الخضراء بتكلفة استثمارية إجمالية 83 مليار دولار.

3. الحوافز المالية:

تقدم الحكومة المصرية العديد من الحوافز المالية للشركات التي تستثمر في صناعة الهيدروجين الأخضر، تشمل: عددًا من الإعفاءات الضريبية، ومِنح وقروض ميسرة.

- دعم فني وتقني.

3. البنية التحتية:

تعمل الحكومة المصرية على تطوير البنية التحتية اللازمة لتصنيع ونقل وتصدير الهيدروجين الأخضر، تشمل:

- إنشاء محطات طاقة متجددة لإنتاج الكهرباء اللازمة لإنتاج الهيدروجين الأخضر.
- إنشاء خطوط أنابيب لنقل الهيدروجين الأخضر.
- إنشاء موانئ لتصدير الهيدروجين الأخضر.

ختامًا يمكن القول إن الدولة المصرية قد أخذت على عاتقها دعم صناعة الهيدروجين الأخضر، وذلك إيمانًا منها بأهمية هذه الصناعة في تحقيق التنمية المستدامة وخلق فرص العمل وتعزيز الأمن الطاقي. وتعمل الحكومة على تنفيذ العديد من السياسات لدعم هذه الصناعة، تشمل الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين الأخضر، والحوافز المالية، وتطوير البنية التحتية، والتعاون الدولي، والتوعية والتثقيف.

كما تمتلك مصر العديد من المميزات والتي كانت محل دعم وإشادة من قبل العديد من المؤسسات الدولية وفي مقدمتها مؤسسة فيتش والتي أشادت بقدرات مصر على إنتاج الهيدروجين الأخضر، كون أنها تمتلك إمكانيات هائلة لتصبح مركزًا إقليميًا لإنتاج الهيدروجين الأخضر، كما نشرت وكالة بلومبيرج تقريرًا آخر أشادت فيه بقدرات مصر على إنتاج الطاقة المتجددة، مشيرة إلى أن مصر تمتلك إمكانيات هائلة لتصبح مركزًا إقليميًا لإنتاج الطاقة المتجددة، حيث تتمتع بمستويات عالية من الإشعاع الشمسي، مما يجعلها مناسبة للغاية لإنتاج الطاقة الشمسية.

لذا فقد حان الوقت للتعجيل بالإعلان عن خطة عمل تفصيلية لتنفيذ استراتيجية الهيدروجين، مع إنشاء هيئة تشرف على تنفيذ البرنامج المصري الخاص بـ «الهيدروجين الأخضر»، فالعالم يشهد تسارعًا كبيرًا في «ثورة الهيدروجين الأخضر»، ومصر تمتلك العديد من المميزات التنافسية في إنتاج الهيدروجين ومشتقاته، مثل الأمونيا، والميثانول، وغيرها، ومثل موقعها الجغرافي المتميز، وبنيتها التحتية المتطورة، وتوافر مصادر الطاقة المتجددة، واحتياطيات كبيرة من الغاز الطبيعي.

الهيدروجين الأخضر: فرص استثمارية لتنمية اقتصاد مصر

آية حمدي

باحث بوحدة الاقتصاد ودراسات الطاقة بالمركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

ينص الهدف الخامس من رؤية مصر 2030 على أننا نسعى إلى الحفاظ على التنمية والبيئة معًا، وذلك من خلال الاستخدام الرشيد للموارد بما يحفظ حقوق الأجيال القادمة في مستقبل أكثر أمنًا وكفاية. يتحقق ذلك بمواجهة الآثار المترتبة على التغيرات المناخية وتعزيز قدرة الأنظمة البيئية على التكيف، والقدرة على مواجهة المخاطر والكوارث الطبيعية وزيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة، وتبني أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة. ومن هذا المنطلق، تحتل الطاقة المتجددة مكانة رئيسة في خطط التنمية المستدامة وذلك من منظور تعظيم الاستفادة من الموارد الطبيعية، كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح، بالإضافة إلى ترشيد استخدام جميع الموارد، سواء المتاح منها بوفرة أو النادر، وكذلك سعي الدولة إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة.

وتجدر الإشارة إلى امتلاك مصر أكبر مصادر للطاقة المتجددة من الرياح والشمس في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، مما يجعلها قادرة على أن تكون واحدة من أكبر منتجي الطاقة النظيفة في المنطقة، وهذا سيساهم في إنقاذ البيئة في الإقليم، كما نجحت مصر في تحقيق هدفها المتمثل في تحقيق نسبة 20% من الطاقة المتجددة من إجمالي استهلاك الطاقة في البلاد بحلول نهاية عام

2021 بـدلًا مـن نهايـة عـام 2022 كمـا كان مخططًـا. كمـا أطلقـت مصـر اسـتراتيجية تغيـر المنـاخ 2050، التـي سـتمكنها مـن التخطيـط والإدارة الفعالـة لتغيـر المنـاخ علـى مختلـف المسـتويات، ودعـم تحقيـق أهـداف التنميـة المسـتدامة ورؤيـة مصـر 2030 مـن خلال اتّبـاع نهـج لتخفيـض الانبعاثـات الكربونية.

خطوات مصرية لإنتاج الهيدروجين الأخضر

تعتـزم مصـر إضافـة الهيدروجيـن الأخضـر إلـى منظومـة الطاقـة المتكاملـة لعـام 2035، بتكلفـة تقـدر بنحـو 40 مليـار دولار وفـي يوليـو 2021، أصـدر الرئيـس عبـد الفتـاح السيسـي توجيهـات بإعـداد اسـتراتيجية وطنيـة لإنتـاج الهيدروجيـن الأخضر؛ نظـرًا لكونه وقـودًا صديقًا للبيئـة وتتجـه العديـد مـن دول العالم نحو زيـادة الاعتماد علـى الطاقة النظيفة واستكشـاف تقنيـات حديثـة لتخزيـن ونقل واسـتخدام الطاقـة الخضراء، بما فـي ذلـك الهيدروجين الأخضر كوسـيلة مهمـة لتخزيـن الكهرباء.

فمصـر، علـى غـرار العديـد مـن الـدول، تسـعى حاليًـا لوضـع اسـتراتيجيات وطنيـة لتعزيـز إنتاج واسـتخدام الهيدروجيـن الأخضـر، بالإضافـة إلـى جهودهـا فـي جـذب الاسـتثمارات لصناعـة الهيدروجيـن، كمـا تسـعى مصـر لاستكشـاف الفـرص المتاحـة لتوسـيع الأسـواق العالميـة للهيدروجيـن مـن خلال توقيـع اتفاقيـات وشـراكات مـع دول أخـرى ويقتـرب العـدد الإجمالي لمشـروعات الهيدروجيـن علـى مسـتوى العالـم مـن 700 مشـروع بإجمالـي اسـتثمارات تزيـد عـن 500 مليـار دولار، وهنـاك حوالـي 44 دولـة تعمـل علـى إعـداد اسـتراتيجيات وطنية لإنتـاج الهيدروجيـن الأخضـر. مـن بيـن هـذه الـدول مصر والتـي أعـدت اسـتراتيجيتها الوطنية، وتُخضعها للمراجعـة حاليًـا تمهيـدًا لإعلانهـا بشـكل رسـمي خلال الفتـرة القادمـة.

وبالإضافـة إلـى ذلـك، تبـرز مصـر كقائـدة في جهـود توطيـن صناعـة الهيدروجيـن الأخضر في الوطـن العربـي، حيـث تضـم حوالي 23 مشـروعًا من أصل 73 مشـروعًا في هـذا القطاع. على الرغـم مـن التحديـات الكبيـرة التـي تواجـه الصناعة، مثـل التكلفـة العاليـة للإنتـاج، إلا أن هذه الجهـود تعكـس التزامًـا قويًـا بتعزيز الاسـتدامة وتبني تقنيـات جديدة.

بـدأت مصـر الخطـوات الفعليـة للدخـول فـي مجـال إنتـاج الهيدروجيـن الأخضـر واسـتخدامه كمصـدر نظيـف للوقـود. تمثلـت أهـم تلـك الخطـوات فـي تشـكيل لجنـة وزاريـة للبحـث فـي البدائـل الممكنـة لتوليـد الهيدروجيـن الأخضـر والاسـتعانة بالتجـارب الدولية في هـذا المجال للاسـتفادة منهـا فـي المسـتقبل القريـب. كمـا تـم توقيـع اتفـاق نوايـا (Letter of Intent) فـي ينايـر 2021 بيـن وزارة الكهربـاء والطاقـة المتجـددة وشـركة سـيمنز الألمانيـة لبـدء المناقشـات والدراسـات لتنفيـذ مشـروع تجريبي لإنتـاج الهيدروجين الأخضر فـي مصر وإعداد دراسـة جـدوى بتكلفـة تصـل إلـى 4 مليـارات دولار لمشـروعات الطاقـة المسـتخلصة مـن الهيدروجيـن الأخضـر إضافـة إلى ذلـك توقيع اتفاقيـات ومذكرات تفاهم مع شـركات عالمية لتطويـر مشـاريع إنتـاج وتصديـر الهيدروجيـن الأخضـر، وعليـه تم تحديـث اسـتراتيجية الطاقة 2035 لتشـمل الهيدروجيـن الأخضـر كمصـدر للطاقـة بالإضافة إلـى توقيع اتفاقية الشـروط الرئيسـية لعقـد شـراء الهيدروجيـن بين صندوق مصر السـيادي وشـركات سـكاتك النرويجية للطاقـة المتجـددة وأوراسـكوم للإنشـاء وفيرتيجلـوب. ومـن أبـرز هـذه المشـروعات أيضًـا، إعلان شـركة المرافـق الفرنسـية المملوكـة للدولة إي دي إف، وشـركة زيرو ويسـت، توقيع مذكـرة تفاهـم مـع المنطقـة الاقتصاديـة لقنـاة السـويس، لإنتـاج حوالي 350 ألـف طن من الأمونيـا الخضـراء والهيدروجيـن الأخضر سـنويًا فـي منطقة العين السـخنة، ومـن المقرر بدء التشـغيل فـي الربـع الأول مـن عـام 2026.

تتميـز مصـر بقدرتهـا الهائلـة علـى تنفيـذ مشـروعات الهيدروجيـن الأخضـر، حيـث تبلـغ سـعتها حوالـي 11.62 جيجـاواط، ممـا يعـادل أكثـر مـن 1.57 مليون طـن. وبهذا، تحتـل مصر مركـزًا رائدًا عالميًـا فـي هذا المجال، بعد أسـتراليا وموريتانيـا. ومن المتوقع أن تبدأ مشـروعات الهيدروجين الأخضـر فـي العمـل قبـل عـام 2035. ومـن المهم أن نشـير إلـى أن المنطقـة الاقتصاديـة لقناة السـويس تسـتضيف أكثـر مـن 80% مـن مشـروعات الهيدروجيـن الأخضـر في مصـر، من خلال شـراكات عالميـة ومشـروعات معلنـة تبلـغ حوالـي 6 مشـاريع فـي الأشـهر الأخيـرة، بسـعة إجماليـة تقـدر بحوالـي 10.76 جيجـاواط. وهـذا يعنـي أنـه سـيتم إنتـاج أكثـر مـن 1.5 مليون طن مـن الهيدروجيـن الأخضر.

يتـم حاليًـا الانتهـاء مـن الإجـراءات النهائيـة للموافقـات اللازمـة. لإنشـاء أول محطـة لإنتـاج الهيدروجيـن الأخضـر مـن النفايـات فـي مصـر كما تعتـزم شـركة إتش إندسـتريز الألمانيـة البدء

في أعمال البناء، ومن المتوقع أن تبدأ بتسليم أول دفعة من الإنتاج في نهاية عام 2025. ستنتج المحطة حوالي 300 ألف طن سنويًا من الهيدروجين الأخضر، وتتمتع بقدرة معالجة تصل إلى حوالي 4 ملايين طن سنويًا من النفايات العضوية والمواد البلاستيكية. ستكون تكلفة إنشاء أول محطة لإنتاج الهيدروجين الأخضر من النفايات في شرق بورسعيد حوالي 3 مليارات دولار. ستوفر المحطة وقودًا اصطناعيًا للناقلات العابرة لقناة السويس. يجب أن نذكر أن تكلفة إنتاج الهيدروجين الأخضر من النفايات هي الأدنى على الإطلاق مقارنة بالتحليل الكهربائي وإنتاج الهيدروجين الأزرق والرمادي.

العائد الاقتصادي من استثمارات الهيدروجين الأخضر

وبشكل عام، تعتمد التنمية الاقتصادية في مصر على قطاع الطاقة والذي يُشكل حوالي 13% من الناتج المحلى الإجمالي. أدركت الدولة المصرية الدور الحيوي الذي يمكن أن يلعبه الهيدروجين في قطاع الطاقة المصري، وكذلك دوره الفعال في تحقيق الريادة العالمية للدولة من خلال كونها مركزًا إقليميًا للطاقة بكل أشكالها. وفي ضوء استراتيجية مصر للمضي قُدمًا في تفعيل آليات وأدوات التنمية المستدامة والحفاظ على الرفاهية التي تحققت بفعل سنوات التنمية الاقتصادية السابقة. كانت مصر نموذجًا أفريقيًا في مجال التحول نحو الاقتصاد الأخضر من خلال تنفيذ العديد من المشاريع والتي من أهمها إنتاج الهيدروجين الأخضر، ويحظى الهيدروجين الأخضر في مصر باهتمام كبير ومتزايد، خاصة مع توافر إمكانات الطاقة المتجددة، وفي الوقت الراهن أصبح الاهتمام بالمشروعات الخضراء. وبالأخص إنتاج الهيدروجين الأخضر له أهمية استراتيجية للدولة المصرية.

في الختام، يشهد الهيدروجين الأخضر اهتمامًا متزايدًا على الصعيدين العالمي والإقليمي في الوقت الحالي بسبب نظافته كوقود، ومن الواضح أن صناعة الهيدروجين الأخضر في مصر لها مستقبل واعد؛ نظرًا لامتلاكها مقومات طبيعية وإمكانيات بشرية تجعلها قادرة على تحقيق تقدم كبير في هذا المجال، كما توفر البنية التحتية المصرية الحالية فرصًا كبيرة لتطوير وتوسيع سوق الهيدروجين، وجاءت مذكرات التفاهم كجزء من جهود مصر للتوسع في مشاريع إنتاج الهيدروجين الأخضر كمصدر واعد للطاقة في المستقبل، بالإضافة إلى ذلك، تدعم هذه المشاريع الجهود التي تبذلها مصر لتصبح ممرًا لعبور الطاقة النظيفة.

تطورات صناعة الطاقة المتجددة في مصر: فرص وتحديات

محمد صبري

باحث بوحدة الاقتصاد ودراسات الطاقة بالمركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

تُشرق شمس مصر حاملةً معها شُعاعًا جديدًا من الأمل، شُعاعًا أخضر يُنير طريق المستقبل نحو طاقة أنظف وأكثر استدامة. ففي خضم التحديات العالمية المتزايدة، تبرز صناعة الطاقة المتجددة كحلٍّ واعدٍ لضمان أمن الطاقة الوطني وتحقيق التنمية المستدامة. منذ فجر التاريخ، حظيت مصر بموقع فريد على خريطة الطاقة العالمية، حيثُ غمرتها أشعة الشمس الدافئة ونسيم الرياح العليل. لكن مع مرور الزمن، اتجهت مصر نحو الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية، مثل النفط والغاز الطبيعي، لتلبية احتياجاتها المتزايدة من الطاقة. مع ذلك، واجهت مصر تحديات متزايدة في تأمين مصادر الطاقة التقليدية، ناهيك عن مخاطرها البيئية والاقتصادية. فارتفاع أسعار الوقود العالمي، والتغيرات المناخية، والتلوث البيئي، كلها عوامل دفعت مصر إلى إعادة النظر في استراتيجية الطاقة الوطنية.

فرص واعدة

تُعدّ مصر نموذجًا رائدًا في المنطقة العربية في التحول نحو الطاقة النظيفة. ولقد حققت مصر إنجازات كبيرة في هذا المجال، حيث زادت مساهمة الطاقة المتجددة في إجمالي الطاقة

المنتجة في مصر من 2.5% عام 2014 إلى 20% عام 2023. وتسعى مصر إلى زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في إجمالي الطاقة المنتجة إلى 42% بحلول عام 2035. ولقد وضعت الحكومة المصرية خطة طموحة لتحقيق هذا الهدف، تشمل إنشاء العديد من مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وتقديم المزيد من الحوافز لجذب الاستثمارات في هذا المجال.

وتُعدّ مصر من الدول ذات أعلى معدلات سطوع الشمس على مستوى العالم، حيث تصل ساعات سطوع الشمس إلى 3000 ساعة سنويًا في بعض المناطق. كما تتمتع مصر بسرعات رياح عالية على طول ساحل البحر الأحمر وخليج السويس، تصل إلى 12 مترًا في الثانية في بعض الأحيان. وتُكمل هذه المزايا البنية التحتية المتطورة التي تمتلكها مصر، والتي تُسهل عملية ربط مشاريع الطاقة المتجددة بشبكة الكهرباء الوطنية. وتمتلك مصر شبكة كهرباء واسعة تمتد على مساحة 2.3 مليون كيلومتر مربع، وتُعدّ من أفضل شبكات الكهرباء في أفريقيا.

كما تُدرك الحكومة المصرية أهمية الطاقة المتجددة لتحقيق التنمية الاقتصادية والبيئية، لذا فهي تُشجع على الاستثمار في هذا المجال من خلال تقديم حوافز ضريبية وتسهيلات إدارية، مما أدى إلى جذب العديد من الاستثمارات الأجنبية في مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. ويأتي إدراك الحكومة من معرفتها بالفوائد الجمة للطاقة النظيفة. حيث تُعدّ الطاقة المتجددة مصدرًا نظيفًا للطاقة لا يُسبب انبعاثات كربونية، مما يُساعد على الحد من ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ. كما تُساعد مشاريع الطاقة المتجددة على تنويع مصادر الطاقة في مصر، مما يُقلّل من الاعتماد على الوقود الأحفوري ويُعزّز من أمن الطاقة. وتُساعد الطاقة المتجددة على تحسين جودة الهواء في مصر، حيث تُقلّل من انبعاثات الملوثات من محطات الطاقة التي تعمل بالوقود الأحفوري. كما تُساهم مشاريع الطاقة المتجددة في جذب السياحة الخضراء إلى مصر، حيث تُعدّ مصر وجهة مثالية للسياح الذين يبحثون عن تجارب سياحية صديقة للبيئة.

ومن الناحية الاقتصادية، تُساهم مشاريع الطاقة المتجددة في خلق فرص عمل جديدة، خاصةً للشباب، مما يُساعد على الحد من البطالة وتحسين مستوى المعيشة. وتُساعد الطاقة المتجددة على تلبية الطلب المتزايد على الطاقة في مصر، الذي يُتوقع أن ينمو بنسبة 4% سنويًا خلال السنوات العشر القادمة. وتُقلّل مشاريع الطاقة المتجددة من فاتورة استيراد الوقود الأحفوري، مما يُساعد على تحسين ميزان المدفوعات ويزيد من احتياطيات النقد الأجنبي.

تُعدّ الطاقة المتجددة خيارًا استراتيجيًا لمصر لتحقيق التنمية الاقتصادية والبيئية. ومع اتخاذ الحكومة المصرية خطوات جادة لدعم هذا القطاع، من المتوقع أن تلعب الطاقة المتجددة دورًا مهمًا في مستقبل مصر. ويُمثل التحول نحو اقتصاد الطاقة النظيفة ثورة حقيقية في عالمنا المعاصر. فمن ناحية اقتصادية، تُعدّ هذه الخطوة بمثابة قفزة نوعية نحو تحقيق التنمية المستدامة وخلق فرص عمل جديدة وتحفيز النمو الاقتصادي. مع ازدياد الوعي بأهمية الطاقة المتجددة، تتجه العديد من الدول نحو الاستثمار في هذه التكنولوجيا. ففي عام 2021، وصلت الاستثمارات العالمية في الطاقة المتجددة إلى 651 مليار دولار أمريكي. ومن المتوقع أن تستمر هذه الاستثمارات في النمو خلال السنوات القادمة، مما يُبشّر بمستقبل أكثر استدامة وبيئة أكثر نظافة واقتصاد أكثر ازدهارًا.

تحديات يجب التغلب عليها

تسير مصر بخطوات حثيثة نحو تبني نهج مستدام للطاقة، مُدركةً أهمية الطاقة المتجددة في تحقيق مستقبل أخضر ومزدهر. لكن رحلة الطاقة المتجددة في مصر ليست مفروشة بالورود، بل تواجه العديد من التحديات التي تتطلب حلولًا مبتكرة وجهودًا مُضاعفة. وأحد أهم هذه التحديات هو ارتفاع تكلفة مشاريع الطاقة المتجددة مقارنة بمشاريع الطاقة التقليدية، مما يُعيق استثمارات القطاع الخاص في هذا المجال. وعلى الرغم من مشاريع الحكومة المصرية من البنية التحتية، إلا أن مصر لا تزال تحتاج إلى تطوير بنيتها التحتية أكثر من أجل استيعاب مشاريع الطاقة المتجددة، خاصةً شبكات الكهرباء، لضمان استقرار وفعالية هذه المشاريع.

وتُعدّ البنية التحتية القائمة غير مُهيأة لاستيعاب كميات كبيرة من الطاقة المتجددة، مما قد يُؤدّي إلى انقطاع التيار الكهربائي وتلف المعدات. يُضاف إلى ذلك، الوعي المحدود بأهمية الطاقة المتجددة بين بعض أفراد المجتمع، مما يُعيق انتشار استخدامها ويُؤثّر في مشاركة المواطنين في دعم هذه الصناعة. وتواجه صناعة الطاقة المتجددة أيضًا تحديًا آخر يتمثل في تقلبات إنتاج الطاقة، حيث تعتمد بعض مصادر الطاقة المتجددة، مثل طاقة الرياح والشمس، على الظروف المناخية، مما قد يُؤدّي إلى تقلبات في كمية الطاقة المُنتجة. ويُمكن أن تُؤدّي هذه التقلبات إلى نقص في الطاقة خلال فترات الذروة، مما يُؤثّر في الأنشطة الاقتصادية والحياة اليومية للمواطنين.

ولكن، تُشكل التكنولوجيا حلًا مهمًا للتغلب على هذه التحديات وضمان مستقبل مستدام للطاقة. فيمكن أن تساعد التكنولوجيا في خفض تكلفة مشاريع الطاقة المتجددة، وتطوير البنية التحتية، وزيادة الوعي بأهمية الطاقة المتجددة، وتحسين إدارة الشبكة، وتطوير سياسات ولوائح الطاقة، وتعزيز الأمن السيبراني. ويُتوقع زيادة مخاطر الأمن السيبراني مع ازدياد اعتمادنا على الطاقة المتجددة، مما يتطلب إعطاء الأولوية للأجهزة الآمنة. وكما ذكرنا مسبقًا أنه يُتوقع نمو الطلب على العاملين في مجال الطاقة المتجددة بشكل كبير، مما يتطلب الاستثمار في التدريب وإعادة التدريب.

كما تحتاج مصر إلى المزيد من القوانين التي تُنظّم قطاع الطاقة المتجددة وتُحدّد أسعار الكهرباء المُنتجة من مصادر الطاقة المتجددة. لا تزال التحديات المالية تُعيق تنمية قطاع الطاقة المتجددة في مصر، حيث تحتاج الحكومة إلى توفير التمويل اللازم لدعم مشاريع الطاقة المتجددة. ويُمكن لمصر الاستفادة من خبرات الدول الأخرى في مجال الطاقة المتجددة من خلال التعاون الدولي. ويُمكن لمصر الاستفادة من تقنيات الطاقة المتجددة المُطوّرة في الدول الأخرى من خلال نقل التكنولوجيا. كما يُمكن لمصر الحصول على تمويل من المؤسسات الدولية لدعم مشاريع الطاقة المتجددة.

ختامًا، تُعد صناعة الطاقة المتجددة في مصر قصة نجاح مُتَوَلِّدة، مدعومةً بتوافر الموارد الطبيعية الغنية، والسياسات الحكومية الداعمة، والوعي المتزايد بأهمية الاستدامة البيئية. وتُشكل مصر مركزًا إقليميًا متميزًا في مجال الطاقة المتجددة، حيث تمتلك إمكانيات هائلة لتوليد الطاقة من مختلف مصادرها، مثل الشمس وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية. وتُتيح هذه الإمكانيات فرصًا استثمارية واعدة لجذب المزيد من الاستثمارات المحلية والعالمية في هذا القطاع الحيوي، مما يُساهم في خلق فرص عمل جديدة، وتعزيز النمو الاقتصادي، وتحسين جودة الحياة للمواطنين.

وتُواجه صناعة الطاقة المتجددة في مصر بعض التحديات، مثل ارتفاع تكلفة الاستثمار، وضعف البنية التحتية، ونقص الكوادر المؤهلة، وتأثير التغيرات المناخية على كمية الطاقة المنتجة. ولكن من خلال التغلب على هذه التحديات، يمكن لمصر أن تصبح رائدة في مجال الطاقة المتجددة في المنطقة العربية، وتحقيق فوائد اقتصادية وبيئية واجتماعية كبيرة. وتتطلب المرحلة القادمة اتخاذ خطوات حاسمة لتعزيز هذه الصناعة، من خلال العمل الجاد والتعاون بين جميع الأطراف المعنية، ويمكن لمصر أن تُحوّل صناعة الطاقة المتجددة إلى قصة نجاح مُلهمة للعالم بأسره.

وتُمثل هذه الصناعة فرصةً ذهبيةً لخلق مستقبلٍ أكثر استدامةً وازدهارًا لمصر، مستقبلٍ يُعزز الأمن القومي ويُقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري، مستقبلٍ يُحافظ على البيئة للأجيال القادمة، مستقبلٍ يُبنى على الابتكار والبحث العلمي، مستقبلٍ يُشرق بأملٍ وازدهارٍ على مصر وشعبها. فمن خلال الاستثمار في الطاقة المتجددة، تستثمر مصر في مستقبلها، مستقبلٍ يُبنى على أسسٍ قويةٍ من الاستدامة والنمو والازدهار.

مشاريع الهيدروجين الأخضر في الشرق الأوسط: نماذج ناجحة وتحديات مستقبلية

أسماء فهمي

باحث بوحدة الاقتصاد ودراسات الطاقة بالمركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

”دفعت التحولات العالمية المتسارعة فيما يتعلق بقطاع الطاقة في بروز الهيدروجين الأخضر كحلٍ واعد لمعالجة تغير المناخ وتنويع مصادر الطاقة، وساهم الموقع الاستراتيجي الذي تتمتع به منطقة الشرق الأوسط في جعل التوقعات المستقبلية تضعها في مقدمة الدول الرائدة في صناعة الهيدروجين الأخضر، إذ تتسابق العديد من دول المنطقة في تحقيق خطوات متقدمة في هذا الشأن، واستخدام الهيدروجين الأخضر كبديل طاقة نظيف عن الوقود الأحفوري الذي يُعد المصدر الرئيسي المستخدم للطاقة في وسائل النقل والكهرباء والتدفئة، والتي تساهم مجتمعة فيما يقرب من ثلاثة أرباع انبعاثات الغازات الدفيئة العالمية، وبالرغم من الجهود التي تبذلها دول المنطقة إلا أنه بشكل عام لا تزال هناك تحديات رئيسية تواجه المنطقة وعلى رأسها نقص البنية التحتية والاستراتيجيات واللوائح التنظيمية.“

أولًا: إمكانات الهيدروجين في الشرق الأوسط

تتمتع دول الشرق الأوسط بموارد وفيرة من الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية و/أو طاقة الرياح) والغاز الطبيعي لإنتاج هيدروجين منخفض الكربون وتحقيق أهدافها المتعلقة بإزالة الكربون وبأقل

التكاليف التقنية على مستوى العالم، وبدأت معظم دول الشرق الأوسط بالفعل في التسارع لإنتاج الهيدروجين الأخضر، وتضاعفت قدرة الهيدروجين المخطط لها في الشرق الأوسط في السنوات الأخيرة، خاصة مع توسع دول المنطقة في استثمارات القطاع والذي يسمح لها بالتصدير بحلول عام 2030.

وفيما يتعلق بإنتاج الشرق الأوسط من الهيدروجين فمن المتوقع أن يتم إنتاج 18.15 مليون طن متري من الهيدروجين بحلول عام 2030، وتصدير مليون طن متري من الهيدروجين المنخفض الكربون، وتشير التوقعات أيضًا إلى تصدر منطقة الشرق الأوسط جميع المناطق الأخرى بحلول عام 2040، فمن المتوقع أن يصل إنتاجها من الهيدروجين إلى 28 مليون طن متري، وارتفاع صادرات الهيدروجين المنخفض الكربون ليصل إلى 6.28 ملايين طن متري، وفقًا لمؤسسة ستاندرد آند بور.

ويقدر حجم رأس مال مشاريع الهيدروجين في الشرق الأوسط بنحو 50.02 مليار دولار أمريكي مقابل 77.23 مليار دولار أمريكي في أستراليا، وارتفع عدد المشاريع منخفضة الكربون أو مشاريع الهيدروجين والأمونيا بإنتاج مشترك لدول المنطقة من 37 مشروعًا بقدرة إجمالية تبلغ 4.2 ملايين طن متري سنويًا في أكتوبر عام 2022، لتصل إلى نحو 83 مشروعًا بقدرة إجمالية تبلغ تسعة ملايين طن متري من الهيدروجين سنويًا، كما أنه تم التخطيط لما يقرب من 50 مشروعًا للهيدروجين الأخضر في نوفمبر 2023، ومعظمهم في مصر وعمان والإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية، وتركز أكثر من 80% من جميع المشاريع المعلنة على إنتاج الهيدروجين الأخضر.

ثانيًا: أهم الدول المنتجة للهيدروجين الأخضر في المنطقة

وضعت منطقة الشرق الأوسط خططًا طموحة لإنتاج الهيدروجين الأخضر وذلك بهدف تنويع اقتصاداتها، وخلق فرص العمل وتنافسها لتحقيق مراكز رائدة في القطاع الجديد وتحول الطاقة بشكل عام، وبالرغم من أن معظم مشاريع الهيدروجين الأخضر لا تزال في مراحلها الأولى إلا أن هناك توقعات إيجابية بشأن إحداثها لتحولات ملحوظة في مجال الطاقة.

1. مشاريع الهيدروجين الأخضر في مصر

وضعت مصر أيضًا خطتها لأن تصبح لاعبًا عالميًا رئيسيًا في صناعة الهيدروجين الأخضر بفضل موقعها الاستراتيجي وسوقها المحلية الكبيرة ووفرة الطاقة المتجددة، وتشمل الدوافع الرئيسية لإنشاء صناعة الهيدروجين ضمان أمن الطاقة والحماية من تقلبات الأسعار، وتبنت الحكومة المصرية استراتيجية طموحة متعددة الأوجه للوفاء بتعهدات البلاد المناخية وتعزيز النمو الاقتصادي، وانطلاقًا من ذلك سيقرض البنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية مصر 80 مليون دولار لتمويل صناعة الهيدروجين الأخضر وهو أول قرض من نوعه يقدمه البنك.

وتمتلك مصر بنية تحتية واسعة النطاق للطاقة، وإمكانات كبيرة للطاقة المتجددة، ومرافق تخزين واسعة، كما أن قدرتها على الاستفادة من مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح واسعة النطاق يمكن أن تلعب دورًا حيويًا في تحقيق إنتاج الهيدروجين المستدام والخالي من الكربون، ومن المتوقع أن يؤدي دمج الهيدروجين الأخضر في مزيج الطاقة في مصر إلى تحقيق فوائد جانبية كبيرة، بما في ذلك الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، والابتعاد عن الوقود الأحفوري كثيف الكربون، وجذب الاستثمارات التي تدفع عجلة الاقتصاد.

وأعلنت مصر عن استراتيجية الهيدروجين الأخضر بشكل واضح في مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي عام 2022، وقسمت الاستراتيجية هدف الدولة في القطاع إلى ثلاث مراحل؛ المرحلة التجريبية: (تبدأ عام 2022 أو 2023)، والتوسعات في الهيدروجين الأخضر بحلول عام 2030، والتنفيذ الكامل وما بعده بحلول عام 2040، وتهدف مصر إلى توليد 42% من احتياجاتها من الكهرباء من مصادر متجددة بحلول عام 2035، وبالتالي سيلعب تصنيع الهيدروجين الأخضر دورًا أساسيًا في تحقيق هذا الهدف، وتأمل مصر في الاستحواذ على 5% من سوق الهيدروجين الدولي بحلول عام 2030 و8% بحلول عام 2040 من خلال إنشاء مركز دولي لتصدير الهيدروجين ومشتقاته لتحقيق أمن الطاقة وتحقيق أهداف التنمية المستدامة بين عامي 2030 و2040.

2. مشاريع الهيدروجين الأخضر في عُمان

أعلنت سلطنة عُمان في عام 2022 عن هدفها للوصول إلى صافي صفر انبعاثات بحلول عام 2050، ووضعت هدف زيادة الإنتاج المحلي للهيدروجين في ظل تمتعها بموارد متجددة عالية الجودة وامتلاكها لمساحات شاسعة من الأراضي لتطوير المشاريع واسعة النطاق، بجانب إمكانية إعادة توظيف البنية التحتية الحالية للوقود الأحفوري لإنتاج الوقود منخفض الانبعاثات.

وتهدف عُمان إلى إنتاج ما لا يقل عن مليون طن من الهيدروجين المتجدد سنويًا بحلول عام 2030، وما يصل إلى 3.75 ملايين طن بحلول عام 2040 - وما يصل إلى 8.5 ملايين طن بحلول عام 2050، وهو ما سيكون أكبر من إجمالي الطلب على الهيدروجين في أوروبا اليوم، ويمثل هدف الهيدروجين لعام 2040 ما نسبته 80% من صادرات عمان الحالية من الغاز الطبيعي المسال، وستتضاعف تلك الصادرات أيضًا بتحقيق هدف 2050.

وأنشأت الحكومة كيانًا مستقلًا، هيدروجين عمان (هيدروم)، لقيادة وإدارة استراتيجية الهيدروجين. وحتى الآن، تم تخصيص 1500 كيلومتر مربع من الأراضي للتنمية بحلول عام 2030 - وتم تحديد ما يصل إلى 40 ضعفًا من الأراضي للإنتاج المحتمل على المدى الطويل، وقد تم بالفعل تخصيص ستة مشاريع للهيدروجين في أول عملية مزاد من هذا النوع في البلاد، وفقًا للوكالة الدولية للطاقة.

3. مشروع الهيدروجين الأخضر في المملكة العربية السعودية

بدأت المملكة العربية السعودية مشروع نيوم الأخضر للهيدروجين الضخم بحجم استثمارات بلغ 8.4 مليارات دولار، ويستهدف المشروع إنتاج 240 ألف طن متري سنويًا من الهيدروجين بحلول نهاية عام 2026، وبنهاية العام الماضي 2023 أعلنت الشركة أول عملية تسليم رئيسية لتوربينات الرياح إلى موقع شركة نيوم للهيدروجين الأخضر، وتمتلك الشركة أكثر من 250 توربينًا لتشغيل محطة الهيدروجين الأخضر مباشرة عبر شبكة مخصصة لنقل الكهرباء.

وتهدف الشركة إلى دمج ما يصل إلى 4 جيجاوات من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لإنتاج ما يصل إلى 600 طن من الهيدروجين الخالي من الكربون يوميًا. وبمجرد تشغيل المصنع في نيوم بكامل طاقته في عام 2026، سيكون 100% من الهيدروجين الأخضر المنتج متاحًا للتصدير العالمي على شكل أمونيا خضراء، من خلال اتفاقية حصرية طويلة الأجل مع شركة إير برودكتس.

ثالثًا: التحديات المستقبلية التي تواجه مشاريع الهيدروجين الأخضر

بالرغم من الإمكانيات الهائلة التي تتمتع بها دول الشرق الأوسط والعدد الكبير لمشاريع الهيدروجين والفرص المتاحة في السوق العالمية، إلا أن هناك تحديات تواجه المنطقة، إذ إنه إلى الآن لم تحدد أي دولة في الشرق الأوسط استراتيجية لدعم الأهداف التي يتم تحقيقها، وهناك خمس تحديات رئيسية ينبغي على دول الشرق الأوسط التغلب عليها ومنها:

- عدم وجود استراتيجية وطنية وتصميم مؤسسي، ويتضمن آليات حوكمة فعالة، ومحدد فيها أدوار ومسئوليات الدوائر الحكومية المختلفة، فحتى الآن لم تقم أي دولة في الشرق الأوسط بتحديد استراتيجية وطنية للهيدروجين مدعومة بخطط واضحة قابلة للتطبيق لدعم أهدافها المتعلقة بالهيدروجين المنخفض الكربون.

- عدم كفاية البنية التحتية (بما في ذلك محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية، ومحللات الهيدروجين الكهربائية، وخطوط الأنابيب، ووحدات التخزين، وما إلى ذلك)، وغياب الإطار التنظيمي لتوجيه عملية تطوير البنية التحتية، ويعد توفير البنية التحتية الكافية، خاصة خلال المراحل الأولى من التطوير، أساسًا رئيسيًا في إنشاء اقتصاد الهيدروجين.

- انخفاض الطلب المحلي على الهيدروجين النظيف في ظل الافتقار إلى المبادرات الإقليمية/الوطنية والمبادرات الخاصة بالمشاريع التي تقودها الحكومة لتحفيز إنتاج واستهلاك الهيدروجين منخفض الكربون، بجانب ارتفاع سعر الهيدروجين منخفض

الكربون مقارنة بمصادر الطاقة/الوقود الأكثر تلوثًا، ويمكن أن تشمل المبادرات على مستوى القطاع/المشروع التمويلي المباشر، وضمانات القروض، والإعفاءات من رسوم التصدير، والإعفاءات الضريبية على الإنتاج والاستثمار، وما إلى ذلك.

- ضعف المعايير الفنية لإنتاج وتوزيع وتخزين واستخدام الهيدروجين منخفض الكربون في الشرق الأوسط، ويعد توفر تلك المعايير الفنية المعترف بها دوليًا ضروريًا في تسويق الهيدروجين في جميع القطاعات.

- عدم كفاية التكنولوجيا المحلية والافتقار إلى القوى العاملة المحلية المؤهلة، وبالتالي لا بدّ من إنشاء برامج تعليمية ودورات تدريبية خاصة بالقطاعات لدعم تنمية المهارات والكفاءات في سوق الهيدروجين، وبذلت بعض الدول خطوات أولى في هذا الخصوص.

ومن هنا يتطلب من دول منطقة الشرق الأوسط تذليل تلك التحديات لكي تتمكن من الاستغلال الأمثل للإمكانيات التي تتمتع بها من الطبيعة المثالية، والموقع الجغرافي، ورغبة الإرادة السياسية، والتي تسمح لها بأن تكون في طليعة صناعة الهيدروجين الأخضر العالمي.

الابتكار في الطاقة المتجددة أهم حلول تحول الطاقة

أمل إسماعيل

باحث بوحدة الاقتصاد ودراسات الطاقة بالمركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

مع الزخم العالمي نحو تحول الطاقة، واللجوء إلى الطاقة الجديدة والمتجددة كأحد الحلول الأساسية لتحقيق الاستدامة البيئية وخفض الانبعاثات الكربونية وتحقيق هدف العالم في الحياد الكربوني بحلول عام 2050؛ تبرز أهمية البحث والابتكار كأحد أهم الحلول اللازمة لتسريع التحول وخفض تكلفته. وتُعتبر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والكتلة الحيوية من أبرز تكنولوجيات الطاقة المتجددة وأوسعها انتشارًا

وفقًا لتقرير الوكالة الدولية للطاقة بلغ إجمالي قدرات الطاقة المتجددة عالميًا 3382 جيجاوات، وبلغت القدرات المضافة في عام 2023 حوالي 510 جيجاوات، لتسجل بذلك أعلى نمو سنوي على الإطلاق، وجاءت الزيادات في قدرات الطاقة المتجددة في أوروبا والولايات المتحدة والبرازيل، أما التقدم الذي حققته الصين فقد كان غير عادي، ففي عام 2023 قامت الصين بتشغيل الطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدر ما فعل العالم أسره في عام 2022، في حين نمت إضافات طاقة الرياح أيضًا بنسبة 66٪ على أساس سنوي. وعلى الصعيد العالمي، شكلت الطاقة الشمسية الكهروضوئية وحدها ثلاثة أرباع إضافات القدرات المتجددة في جميع أنحاء العالم.

إن العالم في طريقه إلى إضافة المزيد من القدرات المتجددة في السنوات المقبلة مقارنة بما تم تركيبه منذ بناء أول محطة تجارية للطاقة المتجددة قبل أكثر من 100 عام. وتشير التوقعات إلى إضافة ما يقرب من 3700 جيجاوات من القدرات المتجددة الجديدة خلال الفترة 2023-2028، مدفوعة بسياسات داعمة في أكثر من 130 دولة. وستشكل الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح 95% من التوسع العالمي في مجال الطاقة المتجددة، مع الاستفادة من انخفاض تكاليف التوليد مقارنة ببدائل الوقود الأحفوري، بالإضافة إلى تطبيقات الهيدروجين الطموحة الذي يسعى إليها العالم الآن.

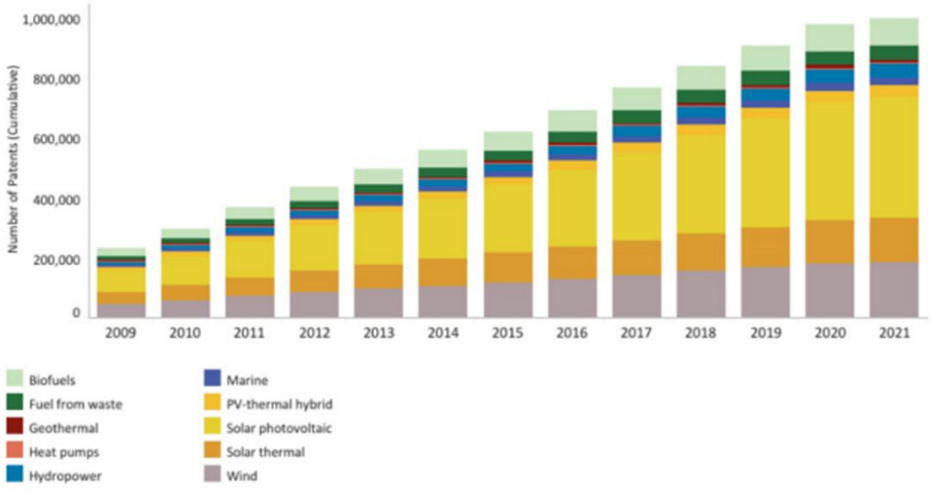
وشهدت المضخات الحرارية عامًا قياسيًا آخر، مع نمو المبيعات بنسبة 11%، ويُعتبر هذا المعدل قريبًا من متوسط النمو السنوي اللازم لتحقيق سيناريو الحياد الكربوني لعام 2050، والبالغ 15%. كما ارتفعت مبيعات السيارات الكهربائية بنسبة 55%، لتصل إلى مستوى قياسي بلغ أكثر من 10 ملايين سيارة في عام 2022. ولأول مرة تُعد القدرة التصنيعية المعلنة لبطاريات السيارات الكهربائية كافية لتلبية متطلبات الطلب المتوقعة حتى عام 2030.

وبالنسبة للهيدروجين القادم بقوة، فقد زادت القدرة المركبة للمحلل الكهربائي بأكثر من 20%، في حين زادت القدرة على تصنيع المحلل الكهربائي بأكثر من 25%. ومع ذلك، تشير التقديرات إلى وصول قدرة التحليل الكهربائي إلى ما يقرب من 3 جيجاوات بنهاية عام 2023، أي زيادة بأكثر من أربعة أضعاف في السعة الإجمالية مقارنة بالقدرة الإجمالية في 2022، مما يسرع من مشروعات الاعتماد على الهيدروجين الأخضر ومشتقاته.

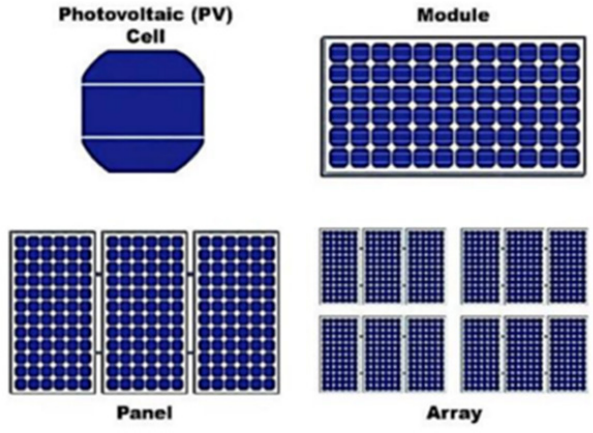
الطاقة الشمسية الكهروضوئية (Solar PV)

تجدر الإشارة إلى أن تقنيات الطاقة الشمسية وعلى رأسها الخلايا الشمسية الفوتوفلطية هي المصدر الأكثر انتشارًا والأقل تكلفة لإنتاج الطاقة المتجددة، بالإضافة إلى انخفاض تكاليف التشغيل والصيانة مقارنة بالتقنيات الأخرى، وبالتالي فإن عمليات البحث والابتكار في تطوير كفاءة الخلايا الشمسية وزيادة عمرها الافتراضي تجذب الكثير من المصنعين. ويبين الشكل التالي عدد براءات الاختراع في تقنيات الطاقة المتجددة، خصوصًا الطاقة

الشمسية، والتي تبين هيمنة عمليات البحث والتطوير في الطاقة الشمسية أكثر من أي تقنية أخرى، وفقًا لتقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة والتي ما زالت لا تمثل جميع براءات الاختراع في جميع دول العالم.

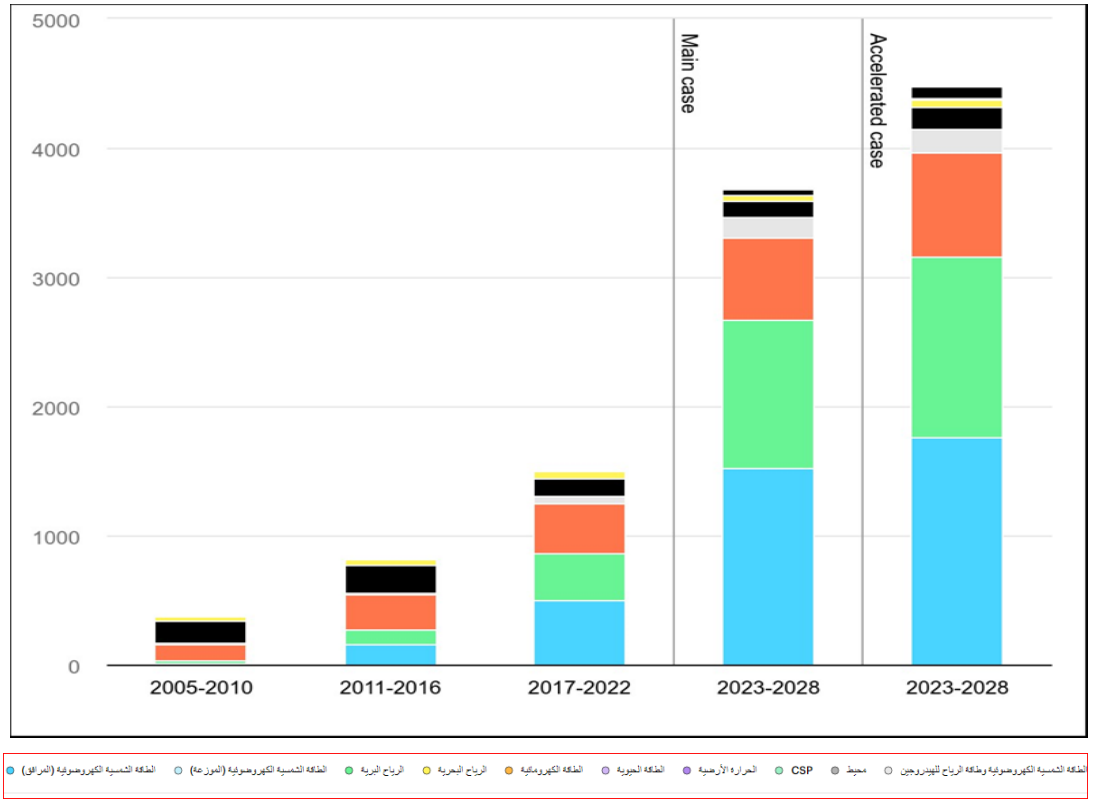


وشهدت الطاقة الشمسية الفوتوفلطية تطورًا كبيرًا في شكل وتركيب الخلايا وكفاءتها مما انعكس على تكلفة المشروعات وجدواها الاقتصادية، وأصبحت الخلايا الفوتوفلطية هي المنافس الأول لمشروعات إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة. ويوضح الشكل التالي بعض الأمثلة لتطور الخلايا الشمسية الفوتوفلطية. ويوجد حاليًا حوالي 25 نوعًا من الخلايا الشمسية تعتمد على مواد أشباه الموصلات ومواد غير عضوية، ويتم تصنيفها حاليًا إلى ثلاثة أجيال حسب الكفاءة.



وفي عام 2023، انخفضت أسعار مكونات الطاقة الشمسية الكهروضوئية بنسبة 50% تقريبًا على أساس سنوي، مع وصول القدرة التصنيعية إلى ثلاثة أضعاف مستويات عام 2021. وتُشير القدرة التصنيعية الحالية قيد الإنشاء إلى أن العرض العالمي من الطاقة الشمسية الكهروضوئية سيصل إلى 1100 جيجاوات في نهاية عام 2024، مع توقع أن يصل الإنتاج المحتمل إلى ثلاثة أضعاف التوقعات الحالية للطلب. وعلى الرغم من التوسع غير المسبوق في تصنيع الطاقة الكهروضوئية في الولايات المتحدة والهند مدفوعًا بدعم السياسات، فمن المتوقع أن تحافظ الصين على حصتها التي تتراوح بين 80 و95% في سلاسل التوريد العالمية (اعتمادًا على قطاع التصنيع).

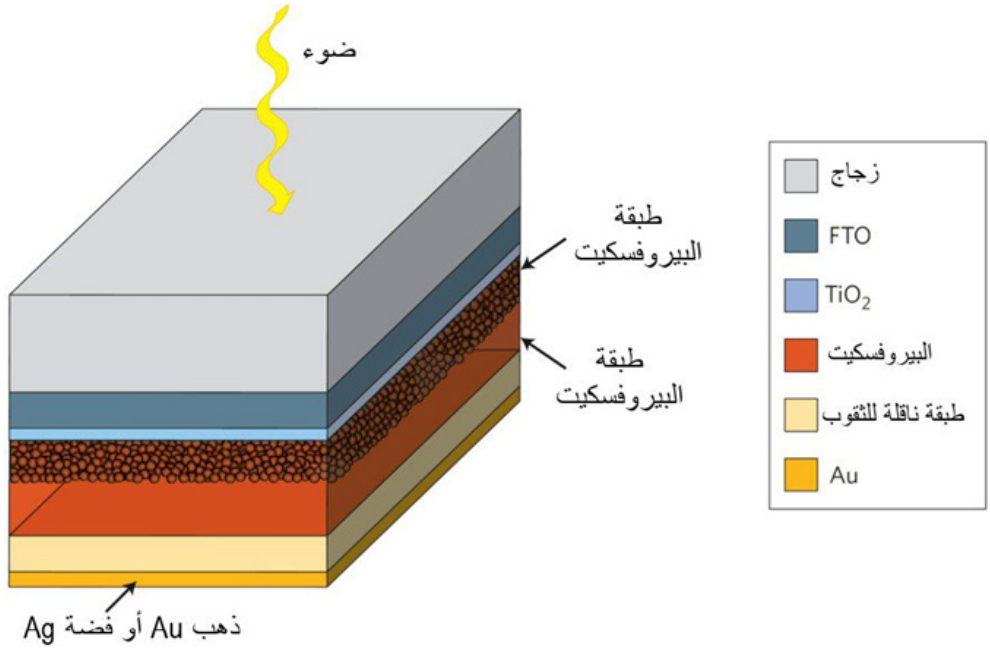
يُشير الشكل التالي إلى القدرات المضافة والمتوقعة من تقنيات الطاقة المتجددة حتى عام 2028 وفقًا لتقرير الوكالة الدولية للطاقة



تكنولوجيا البيروفسكايت

تُشير تقنية البيروفسكايت إلى مواد ذات بنية بلورية محددة، هذه البلورات يتم دمجها مع بعض المواد العضوية وغير العضوية تتصل بذرات من الرصاص أو القصدير أو الذهب ليتكون شبه موصل للبيروفسكايت، ويعتبر إنتاجه حاليًا أقل تكلفة من خلايا السليكون العادية. وتُعتبر مرنة وخفيفة الوزن وشبه شفافة، وتمتص الضوء بكفاءة عالية، وقد تحسنت كفاءة تحويل الطاقة للأجهزة المعتمدة على البيروفسكايت بشكل كبير خلال السنوات الأخيرة حتى أصبحت تنافس بشدة خلايا السليكون التي يمكن أن تصل إلى 31%، وهناك نوع آخر يمكن أن يتمتع بمميزات السليكون والبيروفسكايت معًا فيما يسمى بالخلايا الترادفية، من خلال وضع طبقات من خلايا السيليكون التقليدية بمعدن البيروفسكايت، لتكون أكثر كفاءة.

ويوضح الشكل التالي نموذجًا لعمل خلايا البيروفسكايت



أنظمة تخزين الطاقة

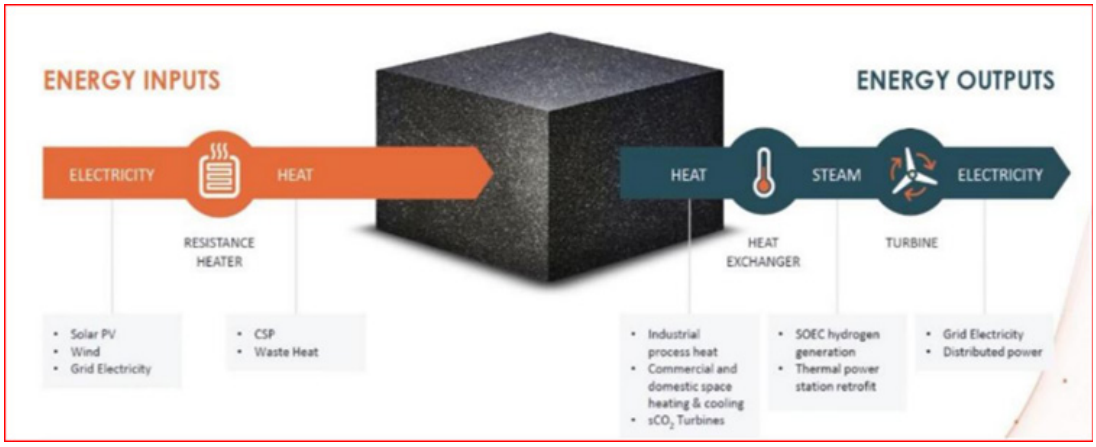
مع تزايد الطموح العالمي للتحول للطاقة المتجددة، ظهرت حاجة ملحّة لتكنولوجيات تخزين الطاقة لتتواءم مع طبيعة مصادر الطاقة المتجددة غير المستقرة، واستخدام تقنيات تساعد في تخزين الطاقة المتجددة (شمسي - رياح) لاستخدامها في غير أوقات الطاقة المتجددة، وعلى رأسها أنظمة تخزين البطاريات بأنواعها المختلفة، وتقنية الهواء المضغوط، الضخ والتخزين، أو الهيدروجين، ولكن تظل مشكلة التكلفة وعدد ساعات التخزين عائقًا رئيسيًا في الاعتماد على أنظمة تخزين الطاقة بشكل كبير، وبلغت قيمة سوق تخزين الطاقة العالمية 188.5 مليار دولار أمريكي في عام 2020، ومن المتوقع أن تصل إلى 435.5 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2030. وبالتالي، تظهر ضرورة البحث والابتكار في تطوير أنظمة التخزين وابتكار حلول جديدة أكثر كفاءة وأقل تكلفة لتخزين الطاقة.

نظام تخزين البطاريات (BESS)

أصبحت الابتكارات في تكنولوجيا البطاريات لتخزين الطاقة المتجددة ضرورة ملحة للتوصل إلى حلول فعالة لتخزين الطاقة المتغيرة من المصادر المتجددة لاستخدامها لاحقًا. وتم إحراز تقدم كبير في تقنيات البطاريات مثل بطاريات الليثيوم أيون (Lithium-ion batteries)، وبطاريات التدفق (flow batteries)، وبطاريات الحالة الصلبة (solid-state batteries)، وبطاريات تدفق الأكسدة والاختزال (redox flow batteries). وتهدف هذه الابتكارات إلى تحسين كثافة الطاقة وعمر البطارية ومعايير السلامة وتقليل التكاليف. وعلى هذا اكتسبت بطاريات الليثيوم أيون أهمية كبيرة بسبب كثافة الطاقة العالية وقدرات الشحن السريع، وتوفر بطاريات التدفق التي تستخدم الإلكتروليتات السائلة في الخزانات الخارجية، قابلية التوسع وخيارات تخزين أطول مدة. كما تُظهر بطاريات الحالة الصلبة، التي تستخدم الكتروليت من مادة صلبة نتائج واعدة من حيث السلامة والأداء. وتحظى بطاريات تدفق الأكسدة والاختزال بالاهتمام بسبب قابليتها للتطوير ودورتها الطويلة في الحياة.

تقنية التخزين الحراري: سبيكة الفجوات القابلة للامتزاج

تعد تقنية Miscibility Gabs Alloy (MGA) بمثابة براءة اختراع رائدة لتخزين الطاقة المتجددة للاستخدام في شبكة الكهرباء أو الاستخدام الصناعي. إن (MGA) هو نوع جديد من مواد التخزين الحراري ذات التوصيلية الحرارية العالية التي يمكنها استقبال الطاقة المولدة من مصادر الطاقة المتجددة، وتخزينها بشكل آمن وبسعر رخيص كطاقة حرارية، يمكنها تخزين الطاقة بمتوسط مدة من 4 إلى 12 ساعة، ويمكن إضافة الحرارة أو استخلاصها دون التأثير على المادة الأصلية، وتتحول من المواد الصلبة إلى السوائل، وتُعد أرخص وأكثر أمانًا وأطول من البطاريات. ويمكن وصفها كما بالشكل التالي، والتي طورتها جامعة نيوكاسل بأستراليا.



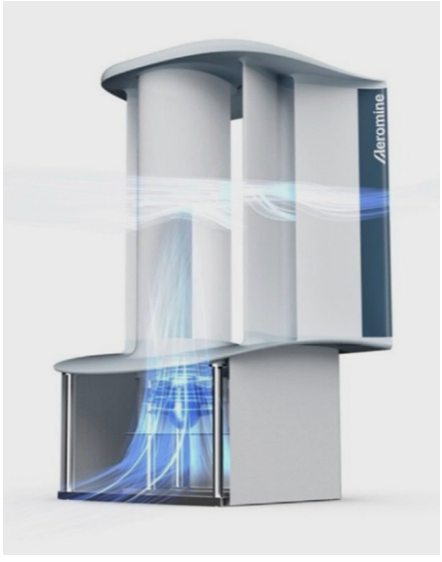
طاقة الرياح

شهد عام 2022 زيادة في استخدام طاقة الرياح لتوليد الطاقة، وكان هذا ثاني أعلى نمو بين جميع تكنولوجيات الطاقة المتجددة بعد الطاقة الشمسية الكهروضوئية. حيث بلغت القدرات المركبة حوالي 75 جيجاوات في عام 2022، ولا تزال الصين تهيمن على القدرات المضافة من طاقة الرياح، ويأتي معظمها من الرياح البرية، ومع ذلك فهناك بطء في تطور تكنولوجيات الرياح والعمل على خفض تكلفتها.

يركز الابتكار في تكنولوجيا الرياح على زيادة إنتاجية التوربينات، خاصةً في المناطق ذات ظروف الرياح المنخفضة، من خلال تطوير توربينات ذات شفرات أطول وأبراج أعلى. ومع ذلك، فإن الحد الأقصى لارتفاع توربينات الرياح البرية غالبًا ما يكون مقيدًا في مناطق معينة لأسباب تتعلق بالمعايير البيئية، مما يحد من نطاق الابتكار المحتمل.

في المقابل، في قطاع طاقة الرياح البحرية، لا توجد مثل هذه القيود على الحجم، ولذلك يركز الابتكار على تصميم توربينات أكبر، مما يسمح بتخفيض التكلفة الإجمالية لتوليد الطاقة. وبالتوازي مع ذلك، يتسارع تطوير توربينات الرياح البحرية العائمة ذات التكلفة التنافسية والآمنة. يمكن لمزارع الرياح العائمة أن تطلق العنان للإمكانات الهائلة لمناطق المحيطات ذات عمق المياه الكبير للغاية بالنسبة للتوربينات الثابتة، ويمكن أن تكون أداة حيوية لتحويل الطاقة. ومن المتوقع أن تكون المناطق العميقة والقريبة نسبيًا من الشاطئ في فرنسا واليابان وكوريا والنرويج والبرتغال والمملكة المتحدة والساحل الغربي للولايات المتحدة أول من يشهد نشرًا واسع النطاق لهذه التكنولوجيا.

تكنولوجيا توربينات Aeromine



هناك تكنولوجيا جديدة ابتكرتها شركة أمريكية ناشئة، في شكل نظام يستخدم توربينات رياح يبلغ طولها ثلاثة أمتار فقط دون أجزاء متحركة خارجية وليس بالضرورة استخدام التوربينات الضخمة. يستخدم نظام Aeromine الموجود على حافة الأسطح، تدفق الهواء الطبيعي في الجزء الأمامي من المبنى لتوليد الطاقة، وبالتالي يمكن استخدامه على نطاق أوسع في المباني من خلال الزعانف الديناميكية الهوائية للنظام بتوجيه الهواء سريع الارتفاع عبر التوربينات الداخلية، والتي تدعي الشركة أنها تنتج طاقة أكثر بنسبة 50٪ من الخيارات المستدامة الأخرى. يوضح الشكل التالي نموذجًا لنظام توربينة رياح Aeromine.

الوقود الحيوي

تُعد الطاقة الحيوية أكبر مصدر للطاقة المتجددة على مستوى العالم اليوم، حيث تمثل 55% من الطاقة المتجددة وأكثر من 6% من إمدادات الطاقة العالمية، ويتوقع سيناريو صافي الانبعاثات الصفرية بحلول عام 2050، زيادة سريعة في استخدام الطاقة الحيوية لتحل محل الوقود الأحفوري بحلول عام 2030. وقد زاد استخدام الطاقة الحيوية الحديثة في المتوسط بنحو 3٪ سنويًا بين عامي 2010 و2022 وهو في اتجاه تصاعدي، ويلزم بذل المزيد من الجهود لتسريع نشر الطاقة الحيوية الحديثة من أجل السير على المسار الصحيح مع سيناريو صافي الانبعاثات والذي يتطلب زيادة بنسبة 8٪ سنويًا بين عامي 2022 و2030، مع ضمان في الوقت نفسه أن إنتاج الطاقة الحيوية لا يؤدي إلى عواقب اجتماعية وبيئية سلبية.

وتهيمن الاقتصادات الناشئة بقيادة البرازيل على التوسع العالمي في إنتاج الوقود الحيوي، ومن المتوقع أن تقود الاقتصادات الناشئة 70٪ من نمو الطلب العالمي على الوقود الحيوي خلال الفترة القادمة حتى عام 2030. وتمثل البرازيل وحدها 40% من التوسع في إنتاج الوقود الحيوي حتى عام 2028. وتشكل السياسات الأقوى المحرك الرئيسي لهذا النمو، ويظل الوقود الحيوي المستخدم في قطاع النقل البري هو المصدر الرئيسي للإمدادات الجديدة، ويمثل ما يقرب من 90% من هذا التوسع، ويمكن لنشر التقنيات الحديثة لإنتاج الوقود الحيوي بأنواعه المختلفة وباعتماد مواد أولية لإنتاجه مثل المحاصيل غير الغذائية وزيوت الطهي المستعملة ومخلفات الدهون الحيوانية، أن تخفض من التكلفة بنسبة 27% على مدى العقد المقبل.

وفي حين أن التكنولوجيا الحيوية حاليًا في مرحلة العرض التجريبي، فإن العديد من المشاريع التجارية قيد التنفيذ الآن وأغلبها في الولايات المتحدة، وفي أوروبا واليابان. تشمل المشاريع مجموعة واسعة من خيارات المواد الأولية (مخلفات الغابات والنفايات الصلبة البلدية) والمنتجات النهائية تشمل (الديزل المتجدد والكيروسين الحيوي). وسيشمل أحد المشاريع، وهو المصفاة الحيوية BIO FUELS في الولايات المتحدة، احتجاز الكربون وتخزينه لإنتاج انبعاثات

سلبية، والمعروفة أيضًا باسم إزالة ثاني أكسيد الكربون والتي تشمل وحدها حوالي 30 مشروعًا.

الهيدروجين

الهيدروجين هو في الأساس ناقل ومخزن للطاقة خاصة تلك التي تنتج من مصادر متجددة غير مستقرة، ومن الممكن أن يساعد الهيدروجين النظيف المنتج بالطاقة المتجددة، في إزالة الكربون من مجموعة واسعة من القطاعات بما في ذلك النقل، والصناعات البتروكيميائية، والحديد والصلب، والتي تعتبر كثيفة الانبعاثات. بالإضافة إلى أن المركبات التي تعمل بالهيدروجين، سواء كوقود أو من خلال خلايا الوقود، تعمل على تحسين نوعية الهواء وتعزيز أمن الطاقة.

ويتزايد بسرعة عدد المشاريع المعلنة لإنتاج الهيدروجين الأخضر أو منخفض الانبعاثات، ومن الممكن أن يصل الإنتاج السنوي من الهيدروجين إلى 38 مليون طن في عام 2030، إذا تم تنفيذ جميع المشاريع المعلنة، على الرغم من أن 17 مليون طن تأتي من مشاريع في مراحل مبكرة من التطوير. سيكون الإنتاج المحتمل بحلول عام 2030 من المشاريع المعلنة حتى الآن أكبر بنسبة 50% مما كان عام 2022 وفقًا للوكالة الدولية للطاقة، كما أنه من المتوقع أن تنمو قدرة الطاقة المتجددة المخصصة لإنتاج الهيدروجين بمقدار 45 جيجاوات بين عامي 2023 - 2028.

إن تكنولوجيات إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات تنضج بسرعة، ولكن هناك حاجة إلى بذل المزيد من الجهود في مجال التكنولوجيات، وذلك لخفض التكلفة وزيادة الكفاءة مما ينعكس على حجم المشروعات.

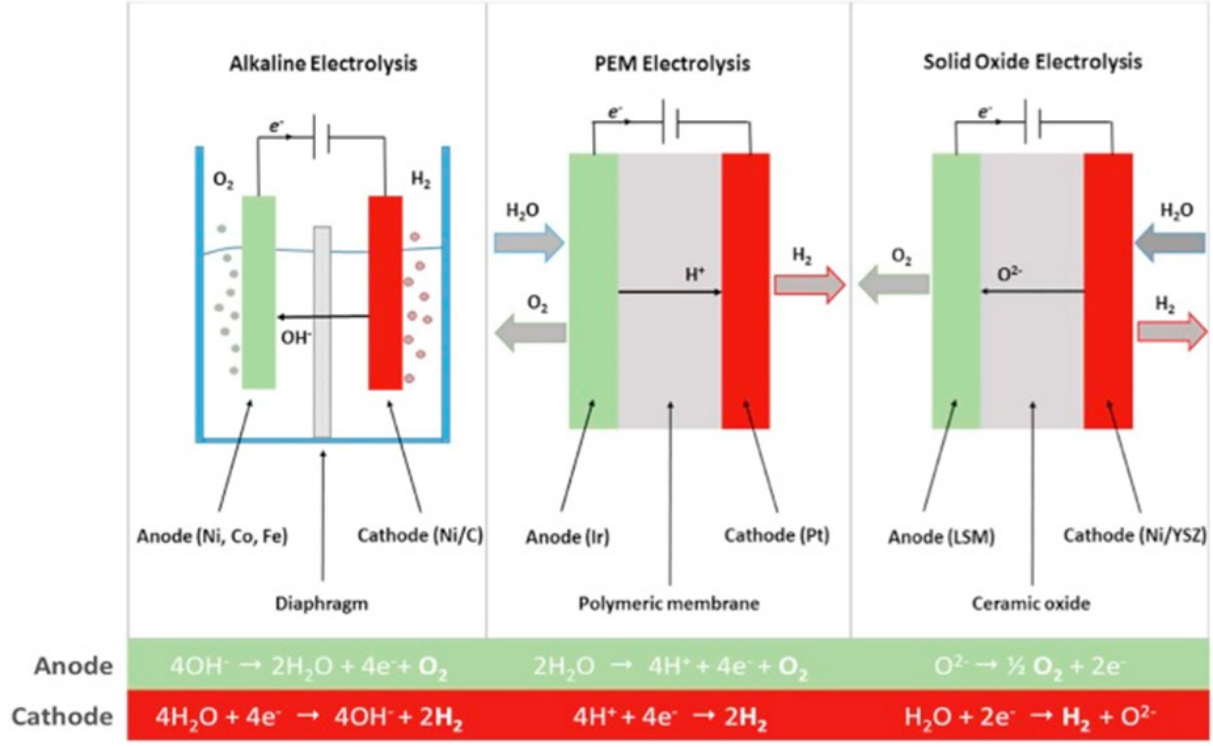
تكنولوجيا المحللات الكهربية

تُعد المحللات الكهربائية تقنية أساسية لإنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات، وتزايدت قدرة التحليل الكهربائي لإنتاج الهيدروجين في السنوات القليلة الماضية، لكن الوتيرة تباطأت في عام 2022 مع دخول حوالي 130 ميجاوات من القدرة الجديدة إلى التشغيل،

أي أقل بنسبة 45٪ عن العام السابق. ومع ذلك، زادت القدرة على تصنيع المحلل الكهربائي بأكثر من 25% عام 2021، لتصل إلى ما يقرب من 11 جيجاوات سنويًا في عام 2022. ومن الممكن أن يؤدي تنفيذ جميع المشاريع قيد التنفيذ إلى إنشاء قدرة محلل كهربائي تبلغ 170-365 جيجاوات بحلول عام 2030.، وذلك حسب تقرير الوكالة الدولية للطاقة 2023.

ومن أشهر أنواع المحللات الكهربية: المحلل القلوي (Alkaline electrolyser)، ومحلل التبادل البريتوني (proton exchange membrane)، والتي تعتبر أكثر التقنيات نضجًا وأوسعها انتشارًا، بالإضافة إلى محلل الأكاسيد الصلبة (Solid Oxide Electrolysis (SOEC))، ومحلل التبادل الأيوني (Anion exchange membrane (AEM) electrolyser)، والتي تعتبر تقنيات واعدة وآخذة في التطور والنمو خلال الفترة الماضية وخاصة عام 2023، الذي شهد تركيب قدرات أولية معقولة من تلك التقنيات بواسطة شركات أمريكية وألمانية وهولندية.

ويوضح الشكل التالي نماذج للمحللات الثلاثة ونسب تطور تقنيات المحللات الكهربية في عام 2023



خلاصة القول، إن تطوير تكنولوجيا فعالة وواسعة النطاق لزيادة الاعتماد على مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة بكافة أشكالها سيساعد العالم على التغلب على واحدة من أبرز القضايا المتعلقة باستخدام الطاقة المتجددة، وهي تكلفة المشروعات والجدوى الاقتصادية منها مقارنة بمصادر الوقود الأحفوري الأقل تكلفة والأوسع انتشارًا. ولذلك، من الضروري مواصلة التقدم في أبحاث استخدام وتخزين الطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم، والتعاون لنقل ونشر التكنولوجيا، ولتحقيق حل طويل الأجل لأمن واستدامة نظام الطاقة العالمي ومواجهة تغير المناخ.

حقوق الطبع محفوظة للمركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

العنوان: 100 شارع الميرغني مصر الجديدة، القاهرة، مصر.

الهاتف: 20226905861+ - 20226905862+ - 20226905863+

البريد الإلكتروني: info@ecss.com.eg