ورقة سياسات بعنوان:

استغلال مصر لمقوماتها في مصادر الطاقة المتجددة في الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين الأخضر

المكاسب والتحديات

إعداد/ روان عبد الرؤوف خليل

أغسطس 2022

FDHRD

استغلال مصر لمقوماتها في مصادر الطاقة المتجددة في الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين الأخضر

المكاسب والتحديات

ملتقى الحوار للتنمية وحقوق الإنسان

مؤسسة أهلية– مشهرة برقم 6337 لسنة 2005– غير حزبية.

لا تهدف إلى الربح، ويخضع نظامها الأساسي للقانون رقم 149 لسنة 2019 الخاص بالجمعيات الأهلية والمؤسسات الخاصة.

الموقع الإلكتروني: https://www.fdhrd.org/

ALL RIGHTS RESERVED- 2022 ©

FDHRD

مقدمة

في ظل تسارع كافة الدول وتخطيط الحكومات إلى إيجاد بدائل أكثر فعالية للتقليل من الاعتماد على الوقود الأحفوري ولتقليل نسبة الاحتباس الحراري، ظهرت الدعوة إلى استغلال الهيدروجين بطريقة مثلى؛ كي يكون إنتاج الطاقة من الهيدروجين الأخضر خالي من الملوثات ويقلل من حدة التغيرات المناخية.

ذلك بسبب أنه بالفعل يتم استغلال الهيدروجين ولكن ليس بأفضل صورة كي يكون صديقاً للبيئة؛ حيث يتم إنتاج الطاقة من الهيدروجين ولكن ليس الهيدروجين الأخضر، بل **الهيدروجين الأزرق** وذلك عبر إعادة تشكيل غاز الميثان المُشتق من الغاز الطبيعي بالبخار (إصلاح البخار)، أما **الهيدروجين الرمادي** يتم تبخير الوقود الأحفوري مما يؤدي في النهاية لتكوين الكربون.

وجدير بالذكر أن، الهيدروجين هو موجود في كل شيء حولنا ويمكن استغلاله بطرق شتى وإدخاله في كافة الصناعات لتوليد الطاقة، ولكن يتوقف على وجود عدة عوامل لتحليله بطريقة صديقة للبيئة عوضاً عن الهيدروجين الأزرق والرمادي الأقل صداقةً للبيئة.

وانطلاقاً من هذا التحدي ورغبة الدول في الوفاء بالتزاماتها المناخية من أجل الحفاظ على البيئة، بدأت الدول والشركات في مشروعات البحث والتطوير من أجل إنتاج الهيدروجين الأخضر وإيجاد حلول للتغلب على عوائق إنتاجه؛ ليكون أكثر تداولاً في كافة قطاعات الطاقة والصناعة.

وفي هذه الورقة، سوف نستعرض ماهية الهيدروجين الأخضر وعوامل وطرق إنتاجه، كما نوضح أهم المميزات الناتجة عن الهيدروجين الأخضر وعمومية استخدامه، ونتطرق إلى أبرز التحديات التي قد تعرقل استخراجه وتداوله في كافة القطاعات واحتمالات التغلب على هذه التحديات، وأخيراً نستعرض جهود الدولة المصرية وأبرز التجارب الدولية في هذا النطاق.

ماهية الهيدروجين الأخضر

قد يكون مصطلح "الهيدروجين الأخضر" غير مألوفاً لمن يتردد على أسماعهم هذا المصطلح، وببساطة يُعد (الهيدروجين الأخضر) نوعاً من الوقود خال من الكربون يتم إنتاجه باستخدام الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح والماء، يتميز الهيدروجين الأخضر بقدرته على توفير طاقة نظيفة في قطاع الصناعة والنقل والمواصلات وغيرها. ويعتمد في إنتاجه على الماء؛ حيث يعتمد على فصل الماء من خلال التحليل الكهربائي؛ فتنفصل الماء إلى (هيدروجين – أكسجين) ثم يتم استخراج الهيدروجين ويتطاير الأكسجين في الفضاء. وبهذه الطريقة يكون عملية إنتاج الهيدروجين الأخضر أكثر صداقة للبيئة وأقل من حيث معدلات الاحتراق؛ لأن نظيري الهيدروجين الأخضر يعتمدا على الوقود الأحفوري مما ينجم عنه معدلات احتراق أكثر.

يعد الهيدروجين هو الأكثر تواجداً حولنا في كل شيء ومتعدد الاستخدامات؛ حيث يمكن استخدامه في شكل غاز أو سائل، كما يمكن تحويله إلى كهرباء أو وقود؛ بالإضافة إلى تواجد العديد من الطرق لإنتاجه. والدليل على ذلك، هو إنتاج حوالي 70 مليون طن من الهيدروجين سنوياً على مستوى العالم ويدخل في (تكرير النفط- صناعة الحديد والصلب- إنتاج الأسمدة- إنتاج الأمونيا- معالجة الغذاء).

وأكثر من ذلك، فإن الهيدروجين هو أكثر العناصر توافراً مقارنة بأي عنصر أخر؛ حيث يقدر بنسبة 90% من مكونات الذرات أنه هيدروجين. ولكن المعضلة تكمن في عدم تواجد الهيدروجين بصورة منفردة ومنفصلة عن بقية العناصر؛ بل يجب إنتاجه وفصله من هذه العناصر عن طريق الوقود الأحفوري أو الماء أو النباتات، وطريقة فصله- كما ذكرنا مسبقاً-

هي التي تحدد نوعه إذا كان (أخضر أم أزرق أم رمادي...) وبالتالي تتحدد درجة استدامته؛ فيُعد الهيدروجين الأخضر هو الأكثر استدامة.[1] إذ إن الكهرباء المُولدة من الطاقة المتجددة مثل الشمس والرياح تعد هي الأكثر استدامة ويكون الهيدروجين الناتج عنها خالي من الملوثات. وفي ظل التزامات الدول خاصةً الصناعية بتقليل معدلات الانبعاث الكربوني، تزايد اهتمام الدول لإنتاج الهيدروجين الأخضر.

أهمية الهيدروجين الأخضر

تكمن الإشكالية في أن الانبعاثات الناتجة عن وسائل النقل والمواصلات وعمليات توليد الكهرباء التقليدية وعمليات التصنيع المختلفة تتربع على قمة مُسببات الاحتباس الحراري الرئيسية. ومن جانب أخر، تتعثر الدول الصناعية لإيجاد حل وحيد لتقليل معدلات الانبعاث الكربوني مثل الولايات المتحدة الأمريكية ودول الاتحاد الأوروبي لذلك وإن تمكنت غالبية الدول من رفع كفاءة الطاقة بالاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة؛ ولكنها قد تفشل في إمداد قطاع الصناعات الثقيلة وقطاع الطيران وغيرها بالطاقة المتجددة بل تظل معتمدة على الوقود الأحفوري، والحل يكمن في الهيدروجين؛ ولذلك ظهر مصطلح **"اقتصاد الهيدروجين"** والهدف منه هو الاعتماد على الهيدروجين كوقود.[2]

وكما ذكرنا آنفاً، الهيدروجين متواجد بكثرة حولنا ويمكن إنتاجه بعدة طرق تُصنف بين هيدروجين مستدام للبيئة وهيدروجين أقل استدامة وغير مستدام؛ ذلك لأن الهيدروجين الناتج عن

---

[1] **" Why We Need Green Hydrogen**", Columbia Climate School, Jan 2021, available at: https://bit.ly/3AmLDy2

[2] **" اقتصاد الهيدروجين.. إجراءات ضرورية لتعزيز دوره في إزالة الكربون"، وحدة أبحاث الطاقة، فبراير 2022، متاح على: https://bit.ly/3JWOiBL**

الوقود الأحفوري يعد غير مستداماً، أما الهيدروجين الأزرق أقل استدامة والهيدروجين الأخضر يُصنف على أنه الأكثر استدامة لأن إنتاجه يكون عبر مصادر للطاقة المتجددة، وبناءً على ذلك تعتزم الحكومات بالتحول إلى نظام **"اقتصاد الهيدروجين"** ليكون السيناريو طويل الأجل ولتقليل الانبعاثات الكربونية قدر المستطاع؛ إلا إن ذلك ينطوي على عدة تحديات.

مميزات الانتقال إلى الهيدروجين الأخضر

يعد الهيدروجين الأخضر ناقل طاقة عديم الانبعاثات لأنه مُنتج من مصادر متجددة ونظيفة، بالإضافة إلى إمكانية تحويله إلى كهرباء أو غاز اصطناعي للاستفادة به في عدة استخدامات مثل: القطاعات الصناعية وتشغيل المحركات، واستخدامه في الأغراض المنزلية والتجارية وقطاع النقل "السفن- مواصلات النقل العام والسيارات".

والمميز في الهيدروجين الأخضر أنه مولد طاقة تفوق سعتها 3 أضعاف الطاقة التي يقدمها الوقود الأحفوري؛ فقد يكون القليل منه كاف ويؤدي الغرض على خلاف الوقود التقليدي الذي يتم استهلاكه أسرع وقد لا يؤدي الغرض المطلوب، فالهيدروجين الأخضر أكثر توفيراً **ففي قطاع النقل:** يمكن استخدامه في تصنيع خلايا وقود؛ كي يتم استخدامها في عدة أغراض كشحن السيارات الكهربية، فوفقاً لدراسة أصدرتها كلية كولومبيا للمناخ، أفادت أن وقود الهيدروجين المستخدم لشحن المركبات الكهربية أكثر كفءً بحوالي (2:3) مرات من محركات السيارات التي تعمل بالغاز، كما أنها موفرة في مدة الشحن حيث يقدر متوسط مدة التزود بالشحن حوالي 4 دقائق وبالتالي إذا تم توفير هيدروجين أخضر واستغلاله **كوقود في السيارات الكهربية** وتطبيق هذا المشروع تدريجياً؛ سيكون حافزاً للمستخدمين إذ إنها أكثر كفء وتوفيراً وراحةً، كما أنه له عوائد اقتصادية وتنموية كبرى على الدول.[3]

ويمكن استخدام الهيدروجين **في وسائل النقل البحري** مثل السفن إذ إنه يتم استخدامه في صناعة الأمونيا السائلة التي تستخدمها سفن الحاويات كوقود لها أثناء عمليات الشحن.

أما في **القطاع الصناعي**: فيمكن استخدام الهيدروجين في مصانع الصلب؛ حيث يمكن استخدامه كمصدر للحرارة عند حرقه والاستغناء عن الفحم لكي تكون المصانع تسير وفقاً للمعايير البيئية. ويمكن أن يقلل من زيادة العبء الواقع على الكهرباء من خلال استخدام الهيدروجين؛ لتوليد الكهرباء من التوربينات الكهربية خاصةً في أوقات الضغط والطوارئ للمساهمة في تقليل الضغط من شبكة الطاقة ولضمان استقرارها.[4]

وفي **المنازل**: يمكن استخدام الهيدروجين في الطبخ عوضاً عن الغاز الطبيعي، ولأغراض التدفئة؛ كما يمكن تخزينه في أنابيب الغاز لتشغيل الأجهزة المنزلية إذ يمكن مزجه مع الغاز

---

[3] **" Why Green Hydrogen",** Egypt Oil& Gas, available at: https://bit.ly/3QO0gA4

[4] [4]**" Why We Need Green Hydrogen**", Columbia Climate School, Op.cit

الطبيعي بنسب تصل إلى 20٪ باستخدام نفس خطوط أنابيب الغاز والبنية التحتية؛ مما يرشد استهلاك الطاقة.

وما يزيد حماس الشركات الكبرى والجهات التنفيذية لمشروعات توليد الطاقة باستخدام الهيدروجين الأخضر هو أنه يمكن استخراجه طالما تواجدت المياه والكهرباء لتوليد الحرارة والكهرباء، كما أنه يمكن استيعابه سعات كهربية أكثر من البطاريات التقليدية؛ التي لا تستطيع تخزين كميات كبيرة من الكهرباء لفترات زمنية طويلة.

مما سبق عرضه نجد أن الهيدروجين الأخضر هو ناقل الطاقة الأكثر وفرة ومتعدد الاستخدامات والأكثر توفيراً للطاقة وأكثر صداقةً للبيئة واستدامة؛ مما حرّك عزم الحكومات والمنظمات والمراكز البحثية لتوليد الهيدروجين الأخضر من مصادر الطاقة المتجددة وإدخال استخدامه في القطاعات المختلفة؛ إلى أن اصطدموا بعدة تحديات في سبيل تحقيق أفكارهم وخططهم.

تحديات توليد الهيدروجين الأخضر[5]

في خضم السعي نحو توطين الهيدروجين الأخضر في مختلف القطاعات، ظهرت عدة تحديات كانت بمثابة عقبة أمام التقدم والإنجاز في هذا المجال، ويعود ذلك لعدة أسباب يمكن تلخيصها:

أولاً: قابلية الهيدروجين للاشتعال على شاكلة أنواع الوقود الأخرى مثل البنزين والبروبان والغاز الطبيعي بل على العكس قد يفوق احتمالية اشتعاله انواع الوقود الأخرى؛ حيث إن الهيدروجين يتميز بأنه خفيف جداً أخف من البنزين حوالي **57** مرة مما يساهم في سرة نشره في الفضاء؛ لذلك يتطلب إنتاج الهيدروجين واستخدامه حرص شديد جداً وحذر أثناء التعامل.

ثانياً: صعوبة نقل وتخزين الهيدروجين لأنه أخف من البنزين، بسبب حاجته إلى درجة تبريد معينه من أجل تسييله تصل إلى **253-** درجة أو يتم ضغطه **700** مرة لإتمام عملية نقله كغاز مضغوط.

---

[5] **"Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges"**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 146, Aug.2021, available at: https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111180

في الوقت الحالي يتم نقل الهيدروجين عبر خطوط أنابيب مخصصة ذات درجة حرارة منخفضة وفيه شاحنات سائلة.

ثالثاً: كما ذكرنا سابقاً أنه يمكن نقل الهيدروجين وخلطه بالغاز الطبيعي، ولكن الحقيقة أنه يتم نقله بكمية محدودة في انابيب الغاز الطبيعي؛ لمقدرة الهيدروجين على جعل الأنابيب الفولاذية هشة مما يتسبب في تصدعات قد تؤدي إلى تسريب الهيدروجين ويعوق نقله بين الدول، ولتعويض ذلك لابد من لابد من تعديل البنية التحتية لأنابيب نقل الغاز الطبيعي أو إنشاء أنابيب خاصة لنقل المعايير تلائم معايير نقله بأمان ودون ضرر منفصلة تماماً عن خطوط انابيب الغاز الطبيعي.

رابعاً: التكلفة العالية لخلايا وقود الهيدروجين؛ لأن مادة "البلاتين" المستخدمة في محفزات تقسيم الهيدروجين باهظة الثمن لإنتاجها بغزارة؛ لذلك يتم إصدارها ولكن بشكل مُقيد، وظهر هذا تحدياً لأن هذه الخلايا من المقرر أن تُستغل في تشغيل الأجهزة الإليكترونية والمركبات الكهربية والقطاع الصناعي وغيرها، مما كان حاجزاً للتقدم في توطين الهيدروجين الأخضر في كافة

الصناعات؛ مما حفز الدول للبحث عن حلول وبدائل لتصنيع خلايا وقود الهيدروجين بطرق أقل تكلفة ومواد أكثر كفاءة.

خامساً: ندرة محطات التزود بالهيدروجين للسيارات الكهربية، ففي حين ذكر مميزات وإيجابيات الهيدروجين الأخضر إلا أن الموضوع اختلف على أرض الواقع أثناء التطبيق؛ فقد شيّدت الولايات المتحدة حوالي 46 محطة وقود بالهيدروجين لشحن السيارات الكهربية وأغلبهم في ولاية كاليفورنيا مما ساعد في تثبيط المستخدمين لاستخدام سيارات وقودها الهيدروجين إذ

إنه في حالة الرغبة في شحن السيارة عليهم الذهاب آلاف الكيلو مترات من أجل شحنها، بالإضافة إلى تكلفته العالية مقارنةً بالوقود التقليدي؛ إذ يُقدر الرطل من الهيدروجين بحوالي 8 دولار مقابل 3 دولارات ل 3 لتر من الغاز الطبيعي.

سادساً: ارتفاع تكلفة إنتاج الهيدروجين الأخضر من مصادر الطاقة المتجددة مقارنةً بإنتاج الهيدروجين من الوقود الأحفوري؛ لذلك ستكون المنافسة الاقتصادية له ضئيلة مقارنةً بالهيدروجين المولّد من المصادر الحيوية التقليدية.

وبناء على ما تم ذكره مسبقاً، نستخلص أن الهيدروجين الأخضر رغم فوائده التي لا حصر لها وتوطينه في كافة القطاعات سيكون بمثابة حلاً جذرياً لتقليل نسب الانبعاث الكربوني والاحتباس الحراري إلا أن يجابهه العديد من التحديات التي قد تعرقل محاولات توطينه خاصةً في الدول النامية التي قد لا تتحمل عبء التكلفة أو تمتلك التقنيات اللازمة لإنتاجه، ومن ناحية أخرى، هذا لا يمنع إنتاج الهيدروجين الأخضر أو استبعاده من استراتيجيات الدول للتحول الأخضر بل يتطلب بذل المزيد من الجهد وتكثيف المحاولات لإيجاد حلولاً لهذه التحديات.

مستقبل الهيدروجين الأخضر

رغم التكلفة الباهظة لإنتاج الهيدروجين من مصادر الطاقة المتجددة، وعدم توافر البنية التحتية اللازمة لنقله وتوطينه في شتى القطاعات، مما أثار ذلك انقسام في صفوف خبراء الطاقة؛ حيث ظهرت فئة تنكر إتمام مشروعات الهيدروجين الأخضر وتعميمه كوقود وإدخاله في كافة الصناعات بسبب التحديات سابقة الذكر؛ إلا إنه ظهرت دراسات أخرى من خبراء في الطاقة تستنتج أن المستقبل هو للهيدروجين.

قامت شركة **(ماكينزي McKinsey)** بدراسة، جاءت نتائجها أن اقتصاد الهيدروجين في الولايات المتحدة سيكون له نصيب الأسد حيث ستبلغ قيمته ب 140 مليار دولار بحلول عام 2030، وسيعزز المنافسة الاقتصادية، بالإضافة إلى خلقه العديد من فرص العمل حوالي 700 ألف وظيفة وسيرفع كفاءة الطاقة.[6]

أما في أوروبا واليابان، فيعتقد **"فريدمان"** نائب مساعد الوزير الأميركي لشؤون الطاقة، أنه سيزداد الإقبال على الهيدروجين الأخضر خلال السنوات العشر القادمة؛ حيث بدأت هذه الدول في الإعداد للبنية التحتية اللازمة مثل خطوط الأنابيب وخطوط النقل المخصصة للهيدروجين نظراً لحالته الخاصة؛ إذ إن تصنيع الهيدروجين يتطلب طاقة كهربية بنسبة 300%. وأفاد "فريدمان" قي دراسته أنه عاجلاً أم آجلاً سيزداد الاعتماد على الهيدروجين الأخضر ولكن قد يتطلب ذلك وفرة من الوقت؛ لتجهيز البنية التحتية له وموانئ النقل والتصنيع والأبحاث العلمية التي تحل الفجوات في التطبيق، وسننتظر تدريب العامل البشري على تقنيات الهيدروجين وكيفية استخراجه وتوطينه في كافة المجالات، وتغيير سياسات الأسواق، ولكن أكد "فريدمان" أن المستقبل لاقتصاد الهيدروجين.

---

[6] "**Road map to US Hydrogen economy**" , available at: https://bit.ly/3PvGhoP

فرص الدولة المصرية فى توطين الهيدروجين الأخضر

تعد مصر بمواردها دولة واعدة في إنتاج الهيدروجين الأخضر والاعتماد على اقتصاد الهيدروجين مستقبلاً؛ إذ تتوافر لديها الإمكانيات والموارد التي تؤهلها لذلك. فمصر تتمتع **بوفرة في مصادر الطاقة المتجددة** مثل (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح)؛ بالإضافة إلى شروع مصر في تنفيذ مشروعات لتوليد الطاقة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح المُترجم في مشروع بنان ومشروع الكريمات. لذلك مصر تزداد فرصها لإنتاج الهيدروجين الأخضر وتوطينه في كافة المجالات طالما تتوافر المصادر الرئيسية لإنتاجه.

وأكثر من ذلك، تمتلك مصر **كفاءة بشرية وعقلية** من باحثين واعدين وتنفيذيين كفء لإنتاج الهيدروجين الأخضر واستخدامه كمصدر للوقود لتعزيز الانتقال إلى المركبات الخضراء؛ إذ إن المعضلات والتحديات الرئيسة التي تواجه توطين الهيدروجين الأخضر قد يتم تيسيرها بدعم الباحثين وأصحاب أفكار المشروعات الرائدة في الطاقة.

بخصوص التقنيات الفنية اللازمة لإنتاج الهيدروجين الأخضر تحتاج مصر **الاستعانة بخبرات بعض الشركات الرائدة في مجال الطاقة**؛ لتفادي فرص الخطأ ولتقويم البنية التحتية لتكون طويلة الأجل.

والقطاع الزراعي المصري قد يكون واحدا من أكثر القطاعات خضرة عندما يتعلق الأمر باستخدام الأسمدة الناتجة عن إنتاج الهيدروجين، مما يساهم في تطوير القطاع الزراعي وحل مشكلات الأسمدة والمحاصيل الزراعية.

ومن ناحية **العوائد الاقتصادية**، فيتوقع ازدياد المردود الاقتصادي جراء إنتاج الهيدروجين الأخضر وتوريده إلى الدول الأخرى؛ مما يعزز العائد الاقتصادي ويزيد مصادر الدخل القومي، وينقل مصر إلى مرتبة أكبر من مركز إقليمي للطاقة بل يجعلها مصدر رئيسي وأساسي للطاقة لكل دول العالم؛ إذ تمتلك مصر كافة المقومات المطلوبة لذلك مثل **(موقعها الجغرافي المتميز**

الذي يطل على البحر الأحمر والمتوسط- امتلاكها لممرات ملاحية "قناة السويس"- امتلاكها حصص كبرى من الغاز الطبيعي وهكذا). كما سيساهم في المحافظة على الاقتصاد المصري وتخفيف تأثيرات ارتفاع أسعار النفط عالمياً، وحماية الغاز الطبيعي من النفاذ.

تعزيز مكانة مصر السياسية والاستراتيجية، جدير بالذكر انضمام مصر إلى منتدى غاز شرق المتوسط الذي يضم مراكز الغاز الطبيعي الرئيسيين؛ وهذا لامتلاك مصر وفرة في الغاز الطبيعي، وكون مصر مكوناً رئيساً لمنتدى غاز المتوسط يجعلها فاعلاً دولياً مؤثراً في السياسات بين الدول، وبالتالي إذا طوّرت مصر إنتاج الهيدروجين الأخضر في ظل اتجاه كافة دول العالم إلى الطاقة الخضراء والرغبة لتخفيض معدلات الانبعاث الحراري؛ سيجعلها ترتقي إلى مكانة أعلى كمركز ومنتِج رئيس للطاقة من المصادر المتجددة. وقد تكون رائدة في الإقليم في قيادة منتدى للطاقة من المصادر المتجددة خاصةً في ظل افتقار العديد من الدول المقومات اللازمة لتنويع مصادر الطاقة.

وبالتوازي مع ما سبق ذكره، سيساهم توطين اقتصاد الهيدروجين في مصر في **خلق فرص عمل خضراء** مما يقضي على مشكلة البطالة **ويزيد معدلات الأجور** مما يرقى بمستوى المعيشة، سيساهم في **تعزيز التوعية** بمخاطر الاحتباس الحراري وترسيخ ثقافة جديدة تحترم البيئة وتجعل المواطنين والمؤسسات أكثر حرصاً على حماية البيئة والاعتماد على مصادر الطاقة الخضراء.

إن توطين الاقتصاد الأخضر سيجعل مصر محلاً **لجذب الاستثمارات الأجنبية،** فمصر قريبة من أسواق مثل الاتحاد الأوروبي والشرق الأوسط مما يزيد من معدلات الدخل القومي.

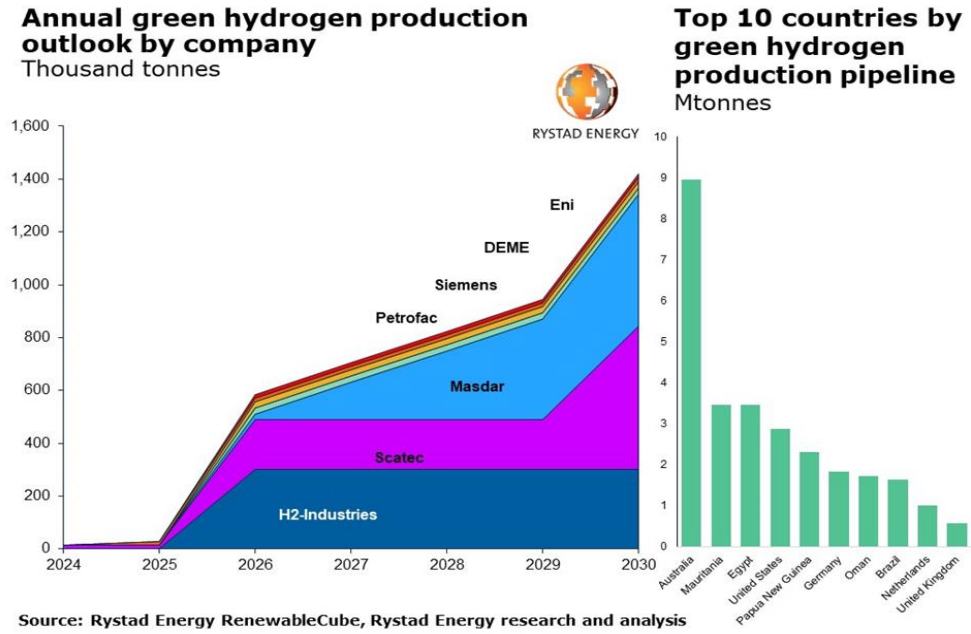
ولذلك، لابد من إحراز تقدم في عقد الشراكات لتأسيس البنية التحتية للهيدروجين الأخضر والانتفاع من الأبحاث والإسهامات العلمية في هذا المجال لتحقيق الريادة في مجال الطاقة المتجددة.

الجهود المصرية لتوطين الهيدروجين الأخضر

في ظل اهتمام مصر الحقيقي بتخفيف معدلات الانبعاث الحراري التزاماً باتفاقية باريس للمناخ، تقوم الحكومة المصرية بجهود مضنية من أجل تنويع مصادر الطاقة وزيادة الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح والطاقة الكهرومائية والهيدروجين الأخضر، ونستعرض على وجه التحديد جهود الدولة المصرية في قطاع الهيدروجين الأخضر.

- **إعلان شركة المرافق الفرنسية المملوكة للدولة EDF، وشركة ZERO WASTE ،** توقيع مذكرة تفاهم مع المنطقة الاقتصادية لقناة السويس، لإنتاج 350 ألف طن من الأمونيا الخضراء والهيدروجين الأخضر سنويًا في منطقة العين السخنة، ومن المقرر بدء التشغيل في الربع الأول عام 2026.
- **شركة (ميرسك) والهيئة العامة لقناة السويس والشركة المصرية لنقل الكهرباء:** وقع الأطراف الثلاثة بحضور رئيس الوزراء (مصطفى مدبولي) مذكرة تفاهم لإنتاج الهيدروجين الأخضر لتزويد السفن بالوقود، ووقع الاتفاق على شركتي "حسن علام للمرافق ومصدر" لتنفيذ المشروع على عدة مراحل لينتهي في 2030، ومن المتوقع أن يتم تركيب المحللات الكهربية اللازمة لإنتاج الهيدروجين بسعة 4 جيجا وات، وسيجلب هذا المشروع 480 ألف طن من الهيدروجين الأخضر. ومن المقرر أن تؤدي المرحلة الأولى من المشروع أيضا إلى إنتاج 10 آلاف طن من الميثانول الأخضر سنويا بحلول عام 2026، لتلبية احتياجات سفن الشحن في قناة السويس والموانئ البحرية المصرية على البحر الأبيض المتوسط.
- **شركة أيميا باور الإماراتية:** وقعّت شركة Emea Power في أبريل 2022 مذكرة تفاهم إقامة منشأة لتصنيع الهيدروجين والأمونيا الخضراء بطاقة إنتاجية تبلغ 235 ألف طن من الأمونيا سنويًا، في المنطقة الاقتصادية لقناة السويس، قابلة للزيادة حتى 390

ألف طن سنوياً، ويتم تغذية المنشأة بالهيدروجين الأخضر المنتج من مياه البحر المحلاة والطاقة المتجددة المولدة في المواقع، بحيث يتم النقل على شبكة الكهرباء الوطنية على أن يبدأ التشغيل التجاري لها بنهاية عام 2025.[7]



- **تصنف مصر ضمن أكبر ثلاثة خطوط أنابيب للهيدروجين الأخضر** مع أستراليا وموريتانيا؛ حيث يبلغ خط أنابيب مصر لمشروعات الهيدروجين الأخضر حوالي 11.62 جيجاوات أي حوالي 1.57 مليون طن، **وقد وضعت مصر ميزانية تقديرية لمشاريع الهيدروجين الأخضر دون بنية تحتية وتكلفتها تبلغ 20 مليار دولار**، وإثر المشاريع التي أعلنت الدولة عنها في هذا الصدد، تهافت المستثمرين لتمويل هذه المشروعات ويرجع ذلك إلى مقومات مصر المؤهلة لإنشاء مشاريع في قطاع الهيدروجين الأخضر.[8]

[7] **إيميا باور" الإماراتية تنتج الأمونيا الخضراء في "قناة السويس**، العين الإخبارية، 21 أبريل 2022، متاح على: https://bit.ly/3A4GCJm

[8] **COP27 Host Egypt Commits $40bn to Green Hydrogen Economy to Attract Foreign Investment",** Hydrogen central, May2022, available at: https://bit.ly/3ArsGKB

- تخطط الحكومة المصرية لإطلاق مشروعات الهيدروجين الأخضر والتي تبلغ 80% وتنفيذها بالاشتراك مع **شركةSCZONE** وهي مركز لوجستي عالمي يهدف إلى ربط أوروبا وأفريقيا وآسيا عبر الخليج العربي، ومسئولة عن 20٪ من تجارة الحاويات الدولية و10٪ من التجارة المنقولة بحراً. وتتمتع منطقة طيران السخنة التابعة للمركز بقربها من محطة تحلية مياه البحر (150,000 م 3/يوم)، ومحطة معالجة مياه الصرف الصحي (35,000 م3/يوم)، ومرافق تزويد السفن بالوقود مثل الأمونيا (80,000 طن)، مما يجعلها مناسبة جدا لتجارة الهيدروجين ومشتقاته. وتبلغ الطاقة الإنتاجية لهذه المشروعات حوالي مليون ونصف طن.[9]

- توجيهات الرئيس السيسي بإعداد استراتيجية وطنية متكاملة لإنتاج الهيدروجين الأخضر
- تشكيل لجنة وزارية للبحث عن مختلف البدائل الممكنة لتوليد الهيدروجين الأخضر والاستعانة بالتجارب الدولية.[10]
- بدأت مصر في تعزيز التعاون مع مؤسسات التمويل الدولية والشركاء الدوليين؛ فهناك تعاون مع المفوضية الأوروبية لتحديث الاستراتيجية المصرية للطاقة المستدامة لتشمل الهيدروجين وذلك لدعم التنمية الاقتصادية

من خلال ما تم استعراضه من الجهود المصرية المبذولة في قطاع الهيدروجين الأخضر، نستنتج رغبة القيادة المصرية الملحة في إحراز الريادة في مجال الطاقة المتجددة خاصةً

[9] **COP27 Host Egypt Commits $40bn to Green Hydrogen Economy to Attract Foreign Investment, ibid**

[10] **السيسي يوجه بإعداد استراتيجية وطنية متكاملة لإنتاج الهيدروجين، روسيا اليوم، متاح على:** https://bit.ly/3A28jm6

المعتمدة على الهيدروجين الأخضر؛ وذلك دليلاً على شعور مصر بالمسئولية لتنويع مصادر الطاقة والانتقال الأخضر لتخفيف حدة التقلبات المناخية وتخفيف معدلات الانبعاث الكربوني التزاماً باتفاقية باريس للمناخ وعلى مشارف استضافة مصر لقمة المناخ cop27 في شرم الشيخ.

أبرز التجارب الدولية في مشروعات توطين الهيدروجين الأخضر

الولايات المتحدة الأمريكية[11]

بدأت واشنطن في وضع خطة للتحول نحو الهيدروجين الأخضر عام 2002 ولكن سرعان ما اكتشفت التكلفة الباهظة للتحول نحو الهيدروجين إذ يستدعي ذلك استثمارات ضخمة في مجال التخزين والنقل، ولكن آمنت واشنطن أن فوائد وعوائد الهيدروجين الأخضر البيئية والأمنية والاقتصادية تفوق تحدياته، ولذلك قررت الاتفاق على استراتيجية لتحول الولايات المتحدة لاقتصاد الهيدروجين بحلول عام 2030، وقد أشركت واشنطن الخبراء والأوساط الأكاديمية لرسم هذه الاستراتيجية؛ حيث أرادت إعادة تشكيل النظام واقترحت بدائل لمعالجة إنتاج الهيدروجين وتخزينه وتحويله إلى طاقة.

ولّت واشنطن اهتماماً بالغاً لتعديل بعض السياسات التشريعية لتجعل الاستراتيجية واقعية وقيد التنفيذ، كما ولّت اهتماماً خاصاً إلى التعليم والتوعية بالاقتصاد الأخضر وتحديداً الهيدروجين الأخضر ومجالات استخدامه وتطبيقه.

كما التزمت واشنطن بتقديم الدعم اللازم للأنشطة البحثية لاستكشاف سبل مختلفة لاستخدام الطاقة النابعة من الهيدروجين.

---

[11] "الاقتصاد الأخضر: فرص استثمارية واعدة"، المركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية

وفي المرحلة الثانية من الاستراتيجية، تم إقرار (التكامل) حيث تتكامل أجزاء النظام مع بعضها البعض ليعملوا معاً بالتوازي وليس مخالفين لجهود بعضهم البعض بحيث تسهل العراقيل الفنية وذلك من أجل التنسيق بين المنتجين والمستهلكين.

والمرحلة الثالثة لهذه الاستراتيجية تنص على أهمية بناء رؤية قومية لاستخدام وإنتاج الهيدروجين الأخضر بين الأفراد والمجتمع من خلال خطة واضحة طويلة الأمد.

أوروبا[12]

صممت أوروبا خطة للاعتماد على الهيدروجين الأخضر وخلايا الوقود، وتقوم الخطة على عنصرين أساسيين هما: إنتاج وتوزيع الهيدروجين وتطوير خلايا الوقود، ووفقاً للإطار الزمني الذي رسمته الخطة أنه بحلول عام 2050 سيبدأ الإنتاج المباشر؛ لإنتاج الهيدروجين من مصادر الطاقة المتجددة.

ونصت الخطة على تقديم حوافز للقطاع الخاص لتمويل برامج البحث والتطوير من أجل التوسع في إنتاج ونقل الهيدروجين. كما ذكرت الخطة المنافع المتوقعة على القطاع الخاص إثر الاعتماد على الهيدروجين الأخضر من إنتاج وتوزيع الهيدروجين التجاري وعمليات النقل والتخزين.

موريتانيا[13]

وقّعت وزارة البترول والمعادن والطاقة الموريتانية في سبتمبر 2021 مذكرة تفاهم مع شركة شاريوت البريطانية المتخصصة في الطاقة الانتقالية، من أجل تنفيذ أحد أهم مشروعات الهيدروجين في أفريقيا.

---

[12] مرجع سابق

[13] موريتانيا توقع اتفاقية تنفيذ أكبر مشروعات إنتاج الهيدروجين الأخضر في أفريقيا، الطاقة، متاح على: https://bit.ly/3Arfdm3

تبلغ الطاقة الإنتاجية للمشروع الجديد "نور" للهيدروجين الأخضر، نحو 10 جيجاوات من مصادر الطاقة النظيفة، باستثمارات تصل إلى نحو 3.5 مليار دولار أميركي.

المساحة المخصصة **لمشروع "نور"** تمتد على منطقة برية وبحرية تبلغ نحو 8600 كيلومتر مربع، إذ ستُجرى دراسات الجدوى المسبقة بهدف تحديد خيار توليد الكهرباء من مصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لاستخدامها في التحليل الكهربائي لتقسيم جريئات الماء وإنتاج الهيدروجين والأكسجين والمياه الصالحة للشرب.

ويعدّ مشروع "نور" ثاني مشروع لإنتاج الهيدروجين الأخضر في موريتانيا بعد المشروع المشترك مع شركة **"CWB Global"** الذي جرى توقيع مذكرة التفاهم حوله في نهاية مايو 2021.

وجدير بالذكر امتلاك موريتانيا موارد هائلة من الطاقة المتجددة مما يساعدها في أداء دور بارز في إنتاج وتطوير الطاقة النظيفة والهيدروجين الأخضر، إذ أطلقت سنة 2020 رؤية وطنية طموحة لتحوّل قطاع الطاقة ترتكز على الاستغلال الأمثل لإمكانات البلاد الهائلة من الغاز والطاقات المتجددة على المدى المتوسط والبعيد.

توصيات

من أجل السير نحو عمل الحكومة المصرية استراتيجية متكاملة للهيدروجين الأخضر وبعد عرض أبرز التجارب الدولية، نوّصي بالآتي:

- لابد الأخذ في الاعتبار أثناء رسم استراتيجية الهيدروجين الأخضر، إشراك القطاع الخاص وتحفيزه في سياسات التحول للهيدروجين الأخضر وذلك من أجل الاستثمار فيه مجال تشغيل المصانع.
- على الحكومة المصرية، بناء وتوفير عدة محطات شحن للهيدروجين الأخضر فقط وتوزيعها في مناطق مختلفة، لتشجيع المركبات الخضراء وتشجيع المستهلكين للإقبال على وقود الهيدروجين الأخضر
- على الحكومة المصرية مراجعة التجارب الدولية البارزة والاستفادة منها؛ لتفادي إغفال أي عنصر قد يعرقل رسم الاستراتيجية.
- يجب تخصيص ميزانية هائلة لتطوير البحث العلمي والمراكز القومية البحثية؛ لتشجيع الباحثين على إيجاد سياسات بديلة وحلول لكافة تحديات الهيدروجين الأخضر.
- من الضروري، تعزيز الشراكات الدولية والاستفادة بمقومات مصر الجذابة في الطاقة المتجددة؛ لضمان الحصول على تمويل وضمان الاستفادة من الخبرات الأجنبية.
- ينبغي على الحكومة، التخطيط لتكوين منتدى اقتصادي خاص بالطاقة المتجددة بما فيها الهيدروجين الأخضر؛ لتعزيز وضع مصر الاقتصادي والجيو استراتيجي والأمني.
- يجب إشراك مؤسسات المجتمع المدني في الدور التوعوي بشأن ماهية الهيدروجين الأخضر وكيفية إنتاجه وفوائده حتى لا يكون مستهجناً من المواطنين، ويتم حشدهم بصدد الاستراتيجية وليس ضدها.

- يجب الترويج للاستراتيجية المصرية بشأن الهيدروجين الأخضر بشكل منظم؛ لجذب كافة الاستثمارات الممكنة لتمويل مشروعات الهيدروجين الأخضر، ولبلورة دور مصر الريادي في الالتزام بخفض معدلات الاحتباس الحراري وتحقيق التنمية المستدامة.

خاتمة

لم يعد الانتقال الأخضر خياراً أمام دول العالم إذ إن العواقب المتوقعة في حال إهمال المخاطر البيئية والاستهانة بها وخيمة على الأفراد والمؤسسات والدول دون تفريق، لذلك يقع على عاتق كل دولة البحث عن حلول وأفكار مبتكرة بما يتناسب مع إمكانياتها ومواردها المتاحة من أجل التحول الأخضر في كافة القطاعات.

وعلى الرغم من استراتيجيات الدول الطموحة في مجال الهيدروجين الأخضر، إلا أن الكثير منهم لا يمتلك مقومات إنتاجه على عكس مصر التي تمتلك فائض من مصادر الطاقة المتجددة لإنتاج الهيدروجين الأخضر؛ لذا من الضروري استغلال ذلك والتفوق في تحقيق إنجازات في هذا القطاع؛ حيث وفقاً لتسارع الدول عالمياً لامتلاك تقنيات الهيدروجين الأخضر، يُتوقع أن تبلغ قيمة تلك الصناعة حوالي 600 مليون دولار بحلول 2050 ليتم استخدامه في شتى القطاعات مثل (الطاقة، النقل، الصناعة، و الأغراض المنزلية وأعمال البناء).