

في إنتاج الهيدروجين الأخضر للمحافظة على البيئة وللتكيف مع المناخ والحد من انبعاثات الكربون

مصر
تصدر
العالم

(رؤى على طريق التنمية)



بقلم

دكتور/ أشرف صابر زكي

رئيس الاداره المركزيه للبحث العلمي والمناخ
الهيئه العامة للارصاد الجوية

مقدمه:

قال فخامة الرئيس/ عبد الفتاح السيسي إن الهيدروجين الأخضر، يأتي كأحد أبرز الحلول، على صعيد التوجه نحو الاقتصاد الأخضر، خلال السنوات القادمة بما يمثله من فرصة حقيقية للتنمية الاقتصادية، المتوافقة مع جهود مواجهة تغير المناخ، ومع أهداف «اتفاق باريس»، مشيراً إلى أن الكثير من الدول، بدأت بالفعل، في اتخاذ خطوات جادة في هذا الاتجاه سواء من خلال صياغة سياسات وطنية للهيدروجين أو من خلال وضع أهداف زمنية طموحة للانتقال التدريجي للهيدروجين الأخضر كمصدر رئيسي للطاقة إما من خلال الإنتاج المحلي، أو الاستيراد من الخارج أو كليهما. وأضاف إن مصر كانت، من أولى هذه الدول، التي أدركت مبكراً الفرص المتاحة في هذا المجال استناداً إلى إمكاناتها الهائلة في إنتاج الطاقة النظيفة والتي ستمكنها من التحول إلى مركز عالمي، لإنتاج الهيدروجين الأخضر، على المديين المتوسط والبعيد. وتابع فخامة الرئيس عبد الفتاح السيسي : إنه في إطار الترجمة العملية لذلك، وكمثال حي على مبدأ «التنفيذ»، الذي نجتمع اليوم تحت مظلته أقوم اليوم مع رئيس وزراء النرويج، بإطلاق المرحلة الأولى، لمشروع إنشاء محطة لإنتاج الهيدروجين الأخضر، بقدرة «١٠٠» ميغاوات، في «العين السخنة» والذي يعد نموذجاً عملياً، للشراكة الاستثمارية المحفزة للتنمية الاقتصادية المستدامة والتي تركز، إلى جانب دور الحكومات، على القطاع الخاص الوطني والأجنبي للعمل يداً بيد في هذا القطاع المثمر وستتاح لنا الفرصة اليوم، للتعرف على كافة جوانب هذا المشروع من الشركات المنفذة له، والتي تشارك معنا في هذا الحوار».

مستثمرون : مصر بيئة محفزة للاستثمار في مجال الهيدروجين الأخضر

أن مصر تقدم للمستثمرين سواء المحليين أو الأجانب بيئة استثمارية متميزة بالمقارنة بالدول الأخرى ، مؤكدة أن مصر نجحت من خلال التعاون مع القطاع الخاص في تنفيذ خطتها لوصول نسبة مشاركة الطاقة المتجددة لـ ٢٠ % من إجمالي الطاقة المولدة خلال عام ٢٠٢٢. أن استثمارات القطاع الخاص في مجال الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر تبلغ حالياً ٢ مليون و ٨٠٠ ألف دولار، مشيرة إلى ان هناك مشروعات جديدة قيد التنفيذ في مصر بقدرة ٧٠٠ ميغا وات وذلك في ظل زيادة الطلب على الطاقة النظيفة بسبب الظروف الاقتصادية التي يمر بها العالم.

انطلاق مشروع استخراج ٥٠٠ ميغا وات من الوقود الأخضر بالتعاون مع الامارات

اشارت إحدى الشركات الإماراتية العاملة في مجال الطاقة الجديدة والمتجددة ، أن مصر أصبحت من أكثر الدول التي تعتبر محفزة للاستثمار الأجنبي والمحلي في شتى المجالات وبالأخص في مجال توليد الكهرباء من الطاقات المتجددة سواء من الشمس أو الرياح ، مؤكداً أنه جارى العمل على استكمال الدراسات الفنية والمالية والاتفاق مع الشركات التي تشتري الامونيا الخضراء التي تمثل المنتج النهائي لمشروع جديد للهيدروجين الأخضر تقوم الذي سيتم تنفيذه في العين السخنة بالتعاون مع صندوق مصر السيادي ، والشركة المصرية لنقل الكهرباء ، وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وتبلغ طاقته الإنتاجية ٥٠٠ ميغاوات . ووضحت الشركة الإماراتية في تصريحات أن هذا المشروع سينطلق خلال النصف الثاني من عام ٢٠٢٣ ، مضيفاً أن هذا المشروع يندرج ضمن حزمة مشاريع بمجال

التحول المصري لاستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة، موضحاً أنه سيتم الإعلان في ديسمبر المقبل عن الإغلاق المالي لأكبر مشروعين لتوليد الكهرباء من طاقة الرياح بمدينة رأس غارب المطلة على البحر الأحمر باستثمارات تزيد عن ٨٠٠ مليون دولار وطاقة إنتاجية تبلغ ٥٠٠ ميغاوات ، ومشروع آخر لإنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية بمدينة كوم امبو باستثمارات تبلغ ٥٠٠ مليون دولار وطاقة إنتاجية تقدر بنحو ٥٠٠ ميغاوات.

المنطقة الاقتصادية بقناة السويس تحضن مصانع إنتاج الهيدروجين الأخضر

تم توقيع ١٥ مذكرة تفاهم لإنتاج الهيدروجين الأخضر في المنطقة الاقتصادية بقناة السويس الصناعية والسخنة، تخص الطاقة المتجددة وتحويلها إلى هيدروجين أخضر، أما المذكرة الخاصة ببورسعيد فهي تحويل المخلفات إلى هيدروجين أخضر تم الانتهاء من دراسات الجدوى الاقتصادية الخاصة بها من أجل بداية الإنتاج والتمويل على النصف الأول من عام ٢٠٢٦، وكمرحلة ثانية، هناك الصناعات المغذية والمكاملة. و يعتبر الهيدروجين الأخضر وقود غالي الثمن في الوقت الحالي، ولكي ينخفض ثمنه يجب أن يتم توفير الصناعات المكاملة والمساعدة له وتوطينه في مصر، مثل إنتاج الألواح الشمسية والصيانة والبطاريات الكهربائية. الوقود الأخضر هو حديث الساعة، والمنطقة الاقتصادية بقناة السويس بالتنسيق مع الجهات المعنية داخل الدولة المصرية مثل وزارة الكهرباء والصندوق السيادي تعمل بجهد كبير لإتاحة هذه الصناعة المهمة من أجل تنفيذ مشروعات للأمنيا الخضراء والهيدروجين الأخضر للمساعدة على تقليل الانبعاثات حول العالم، وتوطين هذه الصناعة والتكنولوجيا داخل مصر، وبالتالي خلق فرص العمل

والاستدامة الاقتصادية. ومن المتوقع أن تكون المنطقة الاقتصادية لقناة السويس منصة عامة لتوفير هذا الوقود المهم، الذي يساعد على استبدال الوقود العادي بديل آمن للصناعات، وتخفيض الانبعاثات الخاصة بالسفن، وبالتالي فإن افتتاح المرحلة الأولى لمصنع الهيدروجين الأخضر خطوة على الطريق الصحيح.

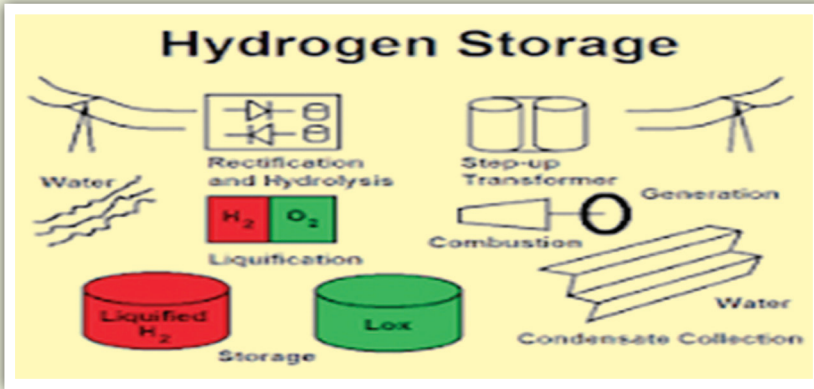
لماذا يفضل العالم الهيدروجين؟

يحتوي الهيدروجين على ما يقرب من ثلاثة أضعاف الطاقة التي يحتويها الوقود الأحفوري، مما يجعله أكثر كفاءة، وفقاً لمقالة نشرتها كلية كولومبيا للمناخ ، ويمكن اعتباره مضاعف للكهرباء فمع بعض الماء وقليل من الكهرباء، يمكنك توليد المزيد من الكهرباء أو الحرارة. كما أنه متاح على نطاق واسع.

تخزين الهيدروجين هو وصف للطرق التي يمكن من خلالها تخزين غاز الهيدروجين من أجل استعمالات متعددة. هذه الطرق تعتمد على عدة أساليب، منها تطبيق ضغط مرتفع، أو بواسطة التبريد الشديد أو بواسطة مركبات كيميائية لها القدرة بشكل عكوس على تحرير H٢ بالتسخين. يعد تخزين الهيدروجين أحد الأهداف الحالية لاقتصاد

تاريخ اكتشاف الهيدروجين

يشرح خبير الهيدروجين والصناعات الغازية لدى منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترو «أوابك»، وائل حامد عبدالمعطي، كيفية إنتاج الهيدروجين واستخداماته، وذلك خلال مشاركته مؤخراً في برنامج «أنسيات الطاقة» في موقع تويتتر، ضيفاً على مستشار تحرير منصة الطاقة المتخصصة الدكتور أنس الحجي. ويحسب خبير أوابك، لا تعد معرفة الإنسان بغاز الهيدروجين حديثة، إذ اكتشفه العالم البريطاني الشهير «بويل» قبل ٣٥٠ عاماً، عندما وضع قطعة من المعدن في حمض،



وحدث تفاعل، نتجت عنه فقاعات غازية، قد تشتعل إذا وجد مصدر اشتعال، ولكنه لم يتوصل لطبيعة هذا الغاز، ولا استخداماته وأهميته.

الهيدروجين

بعد ١٠٠ عام، جاء عالم بريطاني آخر، أجرى التفاعل نفسه، وجمع الفقاعات الغازية لاستخدامها في الاشتعال، فوجد أن هذا الاشتعال ينتج عنه تكثيف بخار الماء، فأطلق عليه وقتها «هيدروجين»، وهو لفظ من شقين، «هيدرو» وهي تشير للاشتعال، و«جين» وهي بخار الماء.

الهيدروجين في العصر الحديث

بداية التعامل التجاري مع الهيدروجين جاءت في مطلع القرن العشرين، ولم يكن التعامل معه بصفته وقوداً أو مادة خاماً، كما هو معتاد، ولكنه كان يُستخدم بصفته غاز رفع، لأنه مادة خفيفة جداً. فكان استخدامه بالمناطيد وسفن الهواء في الولايات المتحدة، خاصة أن تكلفة الهيليوم في ذلك الوقت كانت مرتفعة، عكس الهيدروجين الذي كان مادة

منخفضة الوزن وعالية الطاقة، والوكالة كانت مهتمة بالوزن، فهي لا تريد استخدام أوزان كبيرة من الوقود في بعثاتها الخارجية.

طرق إنتاج الهيدروجين

عند الحديث عن كيفية إنتاج الهيدروجين، ينبغي النظر إلى أمرين، الأول هو المادة الخام التي سينتج منها، والثاني هو الوقود المستخدم في عملية الإنتاج، خاصة أنه له عدة مصادر، وغير موجود بصفة عنصر حر في الطبيعة إلا في حالات نادرة جداً. ومن ثم، فإن الهيدروجين موجود في شكل جزيء أو داخل مادة أخرى، ولا

متوافرة ورخيصة، ويمكن استخدامه لهذا الغرض، وكان ذلك قبل اختراع الطائرات النفاثة. إلا أن حادثة شهيرة وقعت في ولاية نيوجيرسي الأميركية، عندما حدث تسرب للهيدروجين في أحد المناطيد، الأمر الذي تسبب في انفجاره، ومن ثم بدأ إعادة التفكير في استخدامه بهذا الشكل، بعد حظره بصفته مادة يمكن استخدامها. وبدأ استخدام الهيدروجين في شكل الوقود، مع انطلاق وكالة ناسا الأميركية في خمسينيات القرن الماضي، إذ بدأت وكالة الفضاء الأميركية استخدامه وقوداً من خلال استغلاله في رحلات مركباتها إلى الفضاء، بسبب طبيعته



أنواع الهيدروجين حسب المادة الخام ومصدر الطاقة المستخدمة في الإنتاج

النوع	المادة الخام / مصدر الطاقة	وصف العملية	الأثر البيئي
الهيدروجين الرمادي	الغاز الطبيعي / الطاقة الحرارية	فصل الهيدروجين عن الميثان باستخدام عملية إصلاح الميثان بالبخار	تطلق 10 كغم ثاني أكسيد كربون / كغم هيدروجين
الهيدروجين الأسود	الفحم / الطاقة الحرارية	تفوير الفحم عبر تسخينه مع الأكسجين وبخار الماء أو بكمية محدودة من الأكسجين إلى درجات حرارة وخطوط مرتفعة لإنتاج الغاز الصناعي	تطلق 19 كغم ثاني أكسيد كربون / كغم هيدروجين
الهيدروجين الأزرق	الغاز الطبيعي أو الفحم / الطاقة الحرارية	نفس عملية إنتاج الهيدروجين الرمادي / الأسود مع تطبيق تقنية احتجاز وتخزين الكربون للإبعثات المصاحبة	أثر بيئي أقل حيث تقل الإبعثات حتى 90%
الهيدروجين الأخضر	الماء / مصادر الطاقة المتجددة / كالأرصاد أو الطاقة الشمسية	التحليل الكهربائي للماء باستخدام كهرباء مولدة من مصادر الطاقة المتجددة	صديقة للبيئة
الهيدروجين الأصفر	الماء / الطاقة النووية	التحليل الكهربائي للماء باستخدام كهرباء مولدة من محطات الطاقة النووية	صديقة للبيئة
الهيدروجين الفيروزي	الغاز الطبيعي أو الكتلة الحيوية	التحلل الحراري للغاز الطبيعي أو الكتلة الحيوية في غياب الأكسجين	ينتج الكربون الصلب في حالة استخدام الكتلة الحيوية

أنواع الهيدروجين حسب المادة الخام ومصدر الطاقة المستخدمة في الإنتاج

بد من استخلاصه منها، لذلك صُنّف هذا الوقود المهم على أساس الألوان. وأصبح هناك حديث عن الهيدروجين الأصفر والأخضر والرمادي والأسود والأزرق والقرمزي والوردي، وذلك من خلال النظر إلى المادة الخام والوقود المستخدم في الإنتاج.

أنواع الهيدروجين

١- الهيدروجين الرمادي:

وهو ينتج من الغاز الطبيعي، الذي يحتوي على هيدروجين لأنه «ميثان»، أي ذرة كربون من ٤ ذرات هيدروجين، وهناك عملية معروفة اسمها «إصلاح الميثان بالبخار»، أي يُستخدم الغاز الطبيعي مادةً خامًا لإنتاج الهيدروجين، ويُستخدم التسخين الحراري من خلال الغاز نفسه.

٢- الهيدروجين الأسود:

يُستخدم الفحم في إنتاج هذا النوع من الهيدروجين، وذلك من خلال تقويضه، أي تحويله إلى غاز، ومن ثم يمكن استخدام الغاز المنتج من الفحم في عملية الإنتاج، وأحيانًا يُطلق عليه «البنّي».

٣- الهيدروجين الأزرق:

يمكن إنتاج الهيدروجين الأزرق من إحدى الطريقتين السابقتين، سواء بالفحم أو الغاز، ولكن ما يفرّقه عنهما هو أن عملية الإنتاج تتضمن احتجاز الكربون وتخزينه.

٤- الهيدروجين الأخضر:

مع تجنب استخدام الوقود الأحفوري، يمكن استخدام المياه التي تحتوي على الهيدروجين والأكسجين، ففي حال إجراء عملية تحليل كهربائي للماء، ينفصل الماء إلى جزئي أكسجين وجزئي هيدروجين، وفي هذه الحالة يتكون الهيدروجين الأخضر، بإشارة إلى أن مصدر الطاقة من المصادر المتجددة.

٥- الهيدروجين الأصفر:

يمكن إنتاج الهيدروجين الأصفر

من الماء أيضًا، ولكن بدلًا من استخدام الطاقة المتجددة تُستخدم الطاقة النووية، وأحيانًا يُطلق عليه اسم «الوردي».

٦- الهيدروجين القرمزي

تجري فيه أكسدة الغاز الطبيعي أو الكتلة الحيوية.

وعلى الرغم من أن هذه هي التصنيفات المتداولة عالميًا، وفي المؤسسات الدولية الكبرى، فإن لجنة الخبراء في الأمم المتحدة قررت الابتعاد عن التصنيف بالألوان، والاتجاه إلى تصنيفات أخرى، تكون معبرة بشكل أكبر، ويكون هناك نوع من توحيد المصطلحات. وهو ما سيعلن خلال أشهر من الآن.

كيفية إنتاج الهيدروجين

تصنيفات أخرى للهيدروجين

بعد الحديث عن كيفية إنتاج الهيدروجين يمكن تصنيف الهيدروجين أيضًا حسب طريقة والمادة المستخدمة في إنتاجه، فالمنتج من الغاز الطبيعي أو الفحم يسمى هيدروجينًا غير متجدد، بينما إذا كان منتجًا من الماء، يُطلق عليه في هذه الحالة هيدروجين متجدد. وهناك مسميات أخرى بدأت تظهر على الساحة الدولية، مثل الهيدروجين منخفض الكربون، والهيدروجين الخالي من الكربون. وهنا نشير إلى أنه في حالة إنتاج الهيدروجين من الوقود الأحفوري، فيكون هيدروجينًا عالي الكربون، وفي حالة إنتاجه من الوقود الأحفوري مع احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه فهو يكون منخفض الكربون، أما في حالة إنتاجه من الماء فهو يكون خاليًا من الكربون.

التوسع في مشروعات الهيدروجين

الأخضر للوصول إلى «صفر كربون»:

بإمكان الهيدروجين الأخضر أن يحل محل الفحم والغاز كمواد وسيطة في صناعة الصلب بالإضافة إلى

استخدامه في نقل البضائع لمسافات طويلة يعتبر الهيدروجين الأخضر مادة لتخزين الطاقة الكيميائية متوافقة بيئيًا / Credit: Petmal/ iStock / Getty Images Plus عام ٢٠٢١، أطلقت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) تحذيرات بشأن الحاجة الملحة إلى الانتقال من الاعتماد على استخدام الوقود الأحفوري الملوث للهواء مصدرًا للطاقة إلى مصادر طاقة أخرى خالية من الانبعاثات الملوثة للهواء، لدرء آثار أسوأ أزمة مناخية قد يشهدها العالم في عصر ما بعد الصناعة. ومن الحلول المطروحة لتحقيق هذا الهدف، كان الهيدروجين الأخضر أحد الحلول المحتملة الاستخدام في القطاعات الأكثر استهلاكًا للطاقة مثل قطاعات الطيران والشحن البحري والصناعات الثقيلة، وحتى في تدفئة المنازل. والهيدروجين هو أخف العناصر وأكثرها وفرة في الكون، بالإضافة إلى كونه مصدرًا لطاقة نظيفة يمكن أن تكون بديلًا للوقود الأحفوري الذي يعتمد عليه العالم في توفير قرابة ٨٠% من إمدادات الطاقة في العالم، ويُعد المصدر الرئيسي لانبعاثات غازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري. ورغم ندرة وجود الهيدروجين منفردًا على الأرض، إلا أنه يمكن إنتاجه باستخدام الطاقة النظيفة لتقسيم جزيئات الماء، ويعتقد مؤيدو استخدام الهيدروجين في الطاقة أنه يمكن أن يساعد في تحقيق الأهداف المناخية التي تهدف إلى تصفير الانبعاثات؛ لأن الهيدروجين ينبعث منه الماء فقط عند الاحتراق، ويمكن إنتاجه دون إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون.

صفر كربون

تشير دراسة نُشرت في مجلة «إنفيرومنثال ساينس أند إنيرجي» إلى إمكانيات الهيدروجين كمصدر للطاقة النظيفة وكبديل للوقود الأحفوري، عن طريق تطبيق تكنولوجيا التحليل



التوسع في مشروعات الهيدروجين الأخضر للوصول إلى «صفر كربون»

مجدية لتزويد الأسواق بالهيدروجين. لكن يمكن القول إن التحول نحو اقتصاد الهيدروجين الأخضر كفيلاً بالإسهام بشكل كبير في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة في مختلف القطاعات مثل الصناعة والنقل، وبالتالي في مجهودات مكافحة تغير المناخ على المستوى الدولي. ويمكن استخلاص الهيدروجين من الوقود

في السوق الدولية يلبى في الغالب عبر الهيدروجين المنتج باستخدام الطاقة الأحفورية، ويجب أن يتعامل الهيدروجين المصنوع في محلل كهربائي -لاستخدامه في توليد الطاقة- مع العديد من القضايا الرئيسية مثل السلامة والتخزين، كما اقترح خبراء الطاقة مزج الهيدروجين في شبكة خطوط أنابيب الغاز الطبيعي كوسيلة



تحتل مشروعات الهيدروجين الأزرق والأخضر مركزاً مهماً في استثمارات مدينة «نيوم» في المملكة العربية السعودية

الكهربائي للمياه التي تستخرج الهيدروجين من الماء لإنتاج الطاقة الخضراء وتجنب انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري. أن إنتاج الهيدروجين الأخضر هو مفتاح الاقتصاد المحايد للكربون، إن إنتاج الهيدروجين من الماء أمر رائج يجب عمله. يبلغ الإنتاج العالمي من الهيدروجين حوالي 70 مليون طن كل عام، وتستخدم هذه الكمية بشكل أساسي في صناعة سماد الأمونيا، والمواد الكيميائية مثل الميثانول، ولإزالة الشوائب في أثناء تكرير النفط، كما يعمل الهيدروجين كناقل للطاقة الكيميائية، مثل النفط أو الغاز، ويخزن ثلاثة أضعاف الطاقة لكل وحدة كتلة مثل البنزين التقليدي، وعندما يحترق في الهواء يتحد مع الأكسجين لإنتاج الماء مرة أخرى. وقد شجعت الوكالة الدولية للطاقة، في تقرير أصدرته عام 2019، البلدان على الاستثمار في الهيدروجين بوصفه أحد الحلول المرنة متعددة الاستخدامات، بحيث يمكن استخدامه كوقود نظيف يوازن بين مصادر الطاقة المتجددة الأخرى في توليد الكهرباء وتوفير الطاقة منخفضة الكربون لمسافات طويلة جداً، وتخزين الكهرباء لمواجهة الاختلالات الأسبوعية أو الشهرية في العرض والطلب.

يعتبر الهيدروجين الأخضر مادة لتخزين الطاقة الكيميائية متوافقة بيئياً

Credit: Petmal/ iStock / Getty Images Plus

أن مزيج الهيدروجين والغاز الطبيعي يمكن أن يسهم في تقليل انبعاثات غازات الدفيئة إذا جرى إنتاج الهيدروجين من مصدر منخفض الكربون أو خال منه، مثل الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح أو الكتلة الحيوية. من الصعب تحديد أرقام دقيقة حول كمية الهيدروجين الأخضر الكفيلة بتحقيق أهداف اتفاقية باريس للمناخ، خصوصاً وأن الطلب الحالي على الهيدروجين

الأحضوري وتكوينات الكتل الحيوية مثل مخلفات النباتات الزراعية، أو من تحليل عنصري الماء (الهيدروجين والأكسجين)، أو من مزيج منهما، ويُعتبر الغاز الطبيعي حاليًا المصدر الأساسي لإنتاج الهيدروجين حول العالم.

أي هيدروجين نستخدم

وكما هو الحال في مصادر الطاقة المختلفة، فإن الهيدروجين أيضًا ينقسم إلى أنواع أو «ألوان» مختلفة، فهناك الهيدروجين الرمادي الذي ينتج فيه الهيدروجين عن طريق إعادة تشكيل غاز الميثان بالبخار، وهذه هي الطريقة الحالية المستخدمة لإنتاج الهيدروجين في القطاع الصناعي بالولايات المتحدة، وفق راشيل فخري، محللة سياسات الطاقة والمناخ في «مجلس الدفاع عن الموارد الطبيعية». ففي حالة الهيدروجين الأزرق، ينتج الهيدروجين عن طريق إعادة تشكيل غاز الميثان بالبخار، ولكن يتم التقاط جزء من انبعاثات الكربون بحيث يتم عزله أو استخدامه مرة أخرى، وهناك أيضًا الهيدروجين الوردي الذي ينتج في حالة الحصول على الكهرباء المستخدمة في تقسيم الماء إلى هيدروجين وأكسجين داخل محطة نووية. أما الهيدروجين الأخضر، فينتج عند استخدام الكهرباء المولدة من الطاقات المتجددة (مثل الرياح، والطاقة الشمسية، والطاقة الهيدرومائية) لتقسيم الماء إلى مكوناته، الهيدروجين والأكسجين، وفي هذه الحالة تكون عملية إنتاج الهيدروجين خالية من الكربون وأي ملوثات للهواء، ويجري إنتاج الهيدروجين الأخضر عن طريق التحليل الكهربائي باستخدام آلات تعمل على تحليل الماء إلى عنصري الهيدروجين والأكسجين دون أي نواتج ثانوية، وتم التغلب على كميات الطاقة الكهربائية الكبيرة التي كانت تُستهلك

خلال تلك العملية عن طريق توافر فائض من الكهرباء المتجددة بكميات كبيرة في شبكات توزيع الكهرباء وما تشهده آلات التحليل الكهربائي من زيادة في كفاءتها. ويمكن للهيدروجين الأخضر تلبية ربع (٢٥%) احتياجات العالم من الطاقة بحلول عام ٢٠٥٠ بحجم مبيعات سنوية تبلغ ٧٧٠ مليار دولار، ويتوقع مجلس الطاقة العالمي أنه بحلول عام ٢٠٢٥ يمكن أن تغطي إستراتيجيات الهيدروجين الوطنية البلدان التي تمثل أكثر من ٨٠% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي منه. ومؤخرًا، زاد إقبال العديد من الدول على تعزيز قدراتها على إنتاج الهيدروجين، بما في ذلك كندا وفرنسا واليابان وأستراليا والنرويج وألمانيا والبرتغال وإسبانيا وتشيلي والصين وفنلندا، وفي السنوات الأخيرة، أطلق عدد من البلدان والتكتلات إستراتيجيات للاستثمار في الهيدروجين، أبرزها خطة الاتحاد الأوروبي للهيدروجين الأخضر في يوليو ٢٠٢٠.

الطلب العالمي؛

ويعتبر الهيدروجين الأخضر مادة لتخزين الطاقة الكيميائية متوافقة بيئيًا، وبالتالي فهو عنصر مهم في إزالة الكربون، وفق دراسة نشرتها دورية (ACS Catalysis) في يوليو الماضي. و مع الاتجاه العالمي نحو استخدامه، يمكن أن يحل الهيدروجين الأخضر محل الفحم والغاز كمواد وسيطة في صناعة الصلب، بالإضافة إلى استخدامه في نقل البضائع لمسافات طويلة، إذ بمقدور شاحنات خلايا الوقود الهيدروجينية أن تحل محل الشاحنات التي تعمل بالديزل. للهيدروجين الأخضر أيضًا قدرة على توفير تخزين طويل الأمد للطاقة، ما يعني إمكانية الوصول إلى شبكة كهربائية متجددة بنسبة ١٠٠% من خلال العمل كشكل

من أشكال التخزين الموسمي؛ لدعم الشبكة في أثناء التغيرات الموسمية في طاقة الرياح والطاقة الشمسية، وتعزيز موثوقيتها ومرونتها. وتشير دراسة نشرتها دورية (Applied Catalysis B: Environmental) في شهر أكتوبر إلى أن فريقًا بحثيًا مشتركًا في «معهد جورجيا التقني» و«معهد جورجيا لأبحاث التكنولوجيا» (GTRI) طور عملية جديدة لتقسيم المياه والمواد التي تزيد من كفاءة إنتاج الهيدروجين الأخضر، مما يجعلها خيارًا ميسور التكلفة ويُتاح الوصول إليه للشركاء الصناعيين الذين يرغبون في التحول إلى الهيدروجين الأخضر لتخزين الطاقة المتجددة بدلًا من إنتاج الهيدروجين التقليدي الذي ينبعث منه الكربون من الغاز الطبيعي. ويكلف إنتاج كيلوجرام واحد من الهيدروجين الرمادي حوالي دولار أمريكي واحد، بينما تبلغ تكلفة إنتاج كيلوجرام واحد من الهيدروجين الأزرق حوالي دولارين أمريكيين على الأقل، أما تكلفة إنتاج الهيدروجين الأخضر، فيكلف ما يزيد على ٤ دولارات للكيلوجرام الواحد، وفق الوكالة الدولية للطاقة.

العرب في سباق الهيدروجين

لم تكن البلدان العربية بمنأى عن الاستثمار في طاقة الهيدروجين، فقد أعلن مجلس الوزراء المصري يوم الإثنين ٧ فبراير الماضي أن منطقة قناة السويس الاقتصادية تلقت عددًا من العروض العالمية لإقامة مشروعات الهيدروجين الأخضر، وشملت قائمة العروض شركات دنماركية ونرويجية وألمانية متخصصة في إنتاج الطاقة النظيفة، وشركات أخرى. وفي تصريحات صحفية نُشرت بتاريخ ٢٩ ديسمبر ٢٠٢١، قال وزير الكهرباء المصري، إن مصر تستعد لدخول

عصر إنتاج الهيدروجين الأخضر من المياه قبيل انعقاد مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي COP27 الذي تستضيفه مدينة شرم الشيخ المصرية، في شهر نوفمبر القادم، ووفق الوزير فإن إستراتيجية الطاقة ٢٠٣٥ مخطط لها أن تصل نسبة الطاقة المتجددة فيها إلى ٤٢٪ من إجمالي الطاقة المستخدمة في مصر. وأوضح أن الكهرباء تمثل ٥٠٪ من تكلفة إنتاج الهيدروجين، وأن التوسع في محطات إنتاجه يؤدي إلى خفض تكلفة الإنتاج، ومن ثم وقعت الوزارة عقوداً مع شركات عالمية لدراسة تنفيذ إنتاج الهيدروجين الأخضر وتخزينه، منها مذكرة تفاهم مع شركة سيمنز الألمانية لتنفيذ مشروعات تجريبية لإنتاج من ١٠٠ إلى ٢٠٠ ميغا وات، عن طريق تقنيات المحلل الكهربائي للمياه. كما قال المتحدث الرسمي باسم وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة إنه لم تتخذ خطوات تنفيذية في هذا الإطار حتى الآن، وإنما هناك اتفاقات ومشاورات مع الشركات الدولية والقطاع الخاص، وأضاف أن مصر لا تزال في مرحلة الدراسة والإعداد لخطة الاستثمار في الهيدروجين الأخضر. وتشير التقارير الإعلامية إلى أن مصر تخطط لإنتاج الهيدروجين الأخضر من النفايات، في محطة ضخمة بشرق بورسعيد، وتصل تكلفة المحطة إلى ٣ مليارات دولار أمريكي، ويتوقع أن تنتج ٣٠٠ ألف طن سنوياً، وتعالج المحطة ما يقارب ٤ ملايين طن سنوياً من النفايات العضوية والمواد البلاستيكية غير القابلة لإعادة التدوير. ومصر ليست الدولة العربية الوحيدة التي تتجه إلى استخدام الهيدروجين في الطاقة، إذ بلغ إجمالي مشروعات الهيدروجين في المنطقة العربية ٢٨ مشروعاً، بلغت حصة مصر منها ٨ مشاريع لإنتاج الهيدروجين الأخضر والأزرق، وأحد هذه المشروعات هو مشروع تنفذه هيئة كهرباء ومياه دبي في الإمارات العربية المتحدة. كما تحتل مشروعات

الهيدروجين الأزرق والأخضر مركزاً مهماً في استثمارات مدينة «نيوم» في المملكة العربية السعودية، إذ تسعى المملكة إلى الهيمنة على قطاع الهيدروجين الأخضر، تخطط السعودية لأن تستوعب المدينة أكثر من مليون شخص، وأن تعتمد بشكل رئيسي على التكنولوجيا، كاستخدام سيارات الأجرة الطائرة، والروبوتات كعمالة، كما ستعتمد المدينة على الهيدروجين الأخضر وليس النفط، مصدرًا للطاقة. كما أعلنت شركة «اير برودكتس آند كيميكالز» الأمريكية مؤخراً أنها تعمل على إنشاء أكبر مشروع لإنتاج الهيدروجين في العالم في السعودية، في غضون أربع سنوات، كجزء من مشروع نيوم، ومن المخطط له أن تعمل المحطة بطاقة ٤ جيجاوات من مشاريع الرياح والطاقة الشمسية التي تمتد عبر الصحراء وتعمل شركة «أرامكو» السعودية منذ سنوات على استكشاف الطرق المحتملة لإنتاج الهيدروجين الأزرق -عالي النقاء- من المواد الهيدروكربونية، مع استخدام وسيط كيميائي لتحويل الديزل إلى هيدروجين، وتشير الشركة في بيان لها إلى أنها «تستطيع حالياً أن تحول نسبة تتراوح من ٨٠٪ إلى ٨٥٪ تقريباً من طاقة المواد الهيدروكربونية إلى وقود هيدروجين». أما الإمارات العربية المتحدة، فأطلقت أول مشروع تجريبي للهيدروجين الأخضر في مجمع محمد بن راشد للطاقة الشمسية، وهو مشروع مخطط له أن يولد ٢٠٠ كيلوجراماً من الهيدروجين الأخضر في الساعة، كما تنفذ الإمارات مشروعاً للهيدروجين الأخضر في مدينة «الرويس» التابعة لإمارة أبوظبي، والمرتبب تشغيله سنة ٢٠٢٥

تغير الجغرافيا السياسية

أن استخدام الهيدروجين الأخضر سيغير الجغرافيا السياسية للطاقة في المنطقة، بحيث تصبح مصر مركزاً إقليمياً للطاقة خاصة مع مشروعات

الطاقة المتجددة الأخرى التي تنفذها القاهرة إن الإجراءات التي اتخذت لدفع إنتاج الهيدروجين الأخضر هي جزء من رؤية أوسع لوضع مصر كمركز للطاقة في المنطقة. وتعتبر مصر مركزاً إقليمياً للطاقة المتجددة والهيدروجين الأخضر وحلقة وصل بين المنطقة العربية وأفريقيا من جهة، وأوروبا من جهة أخرى، موضعاً أن مصر تحتضن أكبر الاستثمارات الطاقية في المنطقة، وتحتضن مراكز إقليمية ذات إشعاع إقليمي ودولي في مجالات الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.

الطلب العالمي على الهيدروجين وفق القطاع في سيناريو التنمية المستدامة ٢٠٥٠

- ١- قطاع التكرير: ١٦,٩ ميغا طن في العام
- ٢- قطاع الطاقة: ٥٥ ميغا طن في العام
- ٣- قطاع النقل: ٦٦,٥ ميغا طن في العام
- ٤- قطاع البناء والتشييد: ٢٦,٦ ميغا طن في العام
- ٥- القطاع الصناعي: ٦٢,٩ ميغا طن في العام
- ٦- الوقود الصناعي: ٤٠,٨ ميغا طن في العام
- ٧- إنتاج الأمونيا: ١٨,٣ ميغا طن في العام

الطلب العالمي على الهيدروجين وفق القطاع في سيناريو التنمية المستدامة ٢٠٧٠

- ١- قطاع التكرير: ٧,٨ ميغا طن في العام
- ٢- قطاع الطاقة: ٧٢,٩ ميغا طن في العام
- ٣- قطاع النقل: ١٥٨,٢ ميغا طن في العام
- ٤- قطاع البناء والتشييد: ٢٧,٤ ميغا طن في العام
- ٥- القطاع الصناعي: ٧٧,٧ ميغا طن في العام
- ٦- الوقود الصناعي: ١٢١,٥ ميغا طن في العام

إنتاج الأمونيا:

٥٣,٦ ميغا طن في العام