الهيدروجين الأخضر .. الخالي من الكربون
مصدر جديد في مجال الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة
ينضم الى أسرة الطاقة المتجددة (طاقة الرياح والطاقة الشمسية وغيرها)

مهندس إستشارى/ فاروق على الحكيم*

الأخضر، يأتى هذا تزامنا مع الإنتشار السريع لاستخدامه فى العديد من الدول الكبرى، وهو ما ينبئ عن تواجد وفرة كبيرة من الهيدروجين فى مجال الطاقة فى السنوات المقبلة، وتأتى أهمية اللجوء الى استخدام الهيدروجين الاخضر بإعتباره احد مصادر الطاقة النظيفة، وذلك نظرا للحاجة الملحة عالمياً لتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحرارى (وعلى رأسها غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2) وانخفاض تكلفة إمدادات الهيدروجين من مصادر الطاقة المتجددة يشهد العالم فى الفترة الاخيرة توجه سياسى واقتصادى غير مسبوق نحو استخدام تكنولوجيا الهيدروجين النظيف والهيدروجين بشكل ملحوظ.

ويعتبر الهيدروجين هو أحد الخيارات المهمة لتخزين الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة، كما يمكن للوقود الهيدروجينى نقل الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة لمسافات كبيرة، وتشير التوقعات المستقبلية لتحول الطاقة حتى عام ٢٠٥٠ الاعتماد بشكل كبير على الطاقات المتجددة ضمن مزيج الطاقة العالمى (Energy Mix)، بالإضافة الى أنه من المتوقع أن تبلغ نسبة الهيدروجين ضمن مزيج الطلب على الطاقة حوالى ٢٤% بالإتحاد الأوروبى عام٢٠٥٠، وهو مايعزز دور الهيدروجين الأخضرفى مجال الطاقة.

ما هى طاقة الهيدروجين؟

الهيدروجين الأخضر هو أنظف أنواع عائلة الهيدروجين (هناك أيضًا الأصفر والوردي- كلاهما قريب للأخضر)، لكن بتكلفة تصل الى نحو ٦ دولارات/ كجم، ويعتبرالهيدروجين الأخضر هو أغلى شكل من أشكال الهيدروجين في الإنتاج، الهيدروجين الأخضر أغلى مرتين إلى ثلاث مرات من الهيدروجين الأزرق، وفقًا للتقرير الصادر فى ديسمبر ٢٠٢٠ عن الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، لكن من المتوقع أن تنخفض تكلفة في السنوات المقبلة، مع تحسين تكنولوجيا التحليل الكهربائي وتوسيع نطاق هذه التكنولوجيا إلى مستويات الإنتاج الصناعية.

اليوم نحو ٩٩% من الهيدروجين المنتج للاستخدام الصناعي يسمى الهيدروجين "الرمادي"، ويُشتق بشكل أساسي من الغاز الطبيعي، وينتج عن ذلك كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون (تسعة أجزاء من ثاني أكسيد الكربون لكل جزء من الهيدروجين)، فيما يتطلب إنتاج الهيدروجين الأزرق الأكثر صداقة للبيئة التقاط ثاني أكسيد الكربون والتخلص منه بطريقة ما، مثل حبسه في أعماق الأرض، أو استخدامه بطريقة مفيدة، كما هو الحال في الاستخراج المتقدم للنفط، ومن ناحية أخرى، فإن إنتاج الهيدروجين الأخضر يتم عن طريق التحليل الكهربائي، وهي عملية فصل

الماء إلى هيدروجين وأكسجين، وعندما تأتي الكهرباء المستخدمة في العملية من مصادر متجددة، مثل الرياح أو الطاقة الشمسية، فإن النتيجة تكون هيدروجين خاليًا من الكربون تمامًا.

وقود المستقبل:

يُروج لإمكانيات الهيدروجين كمصدر للوقود لعقود من الزمن، لكن هذه التكنولوجيا لم تنطلق بعد ولسبب وجيه، ووفقا للمتشككين فإن وقود الهيدروجين يحتاج إلى طاقة متجددة ليكون أخضر، الأمر الذي يتطلب توسعًا هائلاً في توليد الطاقة المتجددة لتشغيل محطات التحليل الكهربائي التي تقوم بتحليل الماء إلى هيدروجين وأكسجين، يصعب أيضًا تخزين الهيدروجين الأخضر ونقله دون خط أنابيب، والآن في بعض الأماكن، مثل الولايات المتحدة، يعتبر الهيدروجين أغلى بكثير من أنواع الوقود الأخرى مثل الغاز الطبيعي.

على الجانب الأخر، يرى المؤيدون أن المستقبل المنتظر قبل سنوات بات في المتناول، حيث أطلق ٧ من أكبر مطوري مشاريع الهيدروجين الأخضر مبادرة "منجنيق الهيدروجين الأخضر" في محاولة لزيادة إنتاج الهيدروجين الأخضر ٥٠ ضعفًا في السنوات المقبلة، تهدف المبادرة الجديدة إلى خفض تكلفة الهيدروجين الأخضر إلى أقل من ٢ دولار/ كجم، مما يساعد على خفض الانبعاثات من الصناعات الأكثر كثافة في إطلاق الكربون عالميًا، بما في ذلك صناعة الصلب وصناعات وإنتاج المواد الكيميائية وتوليد الطاقة.

وقد تم أخيرا تأسيس أكبر تحالف عالمى من العديد من الكيانات وهم "أكوا باور" السعودية للطاقة النظيفة، وشركة "سي دبليو بي رينيوابلز" الأسترالية، وشركة "إنفيجن" الصينية لتصنيع توربينات الرياح، وعمالقة الطاقة الأوروبيون "إيبردرولا" و"أورستد"، ومجموعة الغاز الإيطالية "سنام"، و"يارا"، وهي شركة نرويجية منتجة للأسمدة، وتشير الدراسات الحديثة إلى أن سعر ٢دولار/ كجم ستكون نقطة تحول محتملة، تجعل الهيدروجين الأخضر وأنواع الوقود المشتقة منه قادرة على المنافسة في قطاعات صناعية متعددة، بما في ذلك إنتاج الصلب والأسمدة وتوليد الطاقة والشحن بعيد المدى.

وتتوافر في الشرق الأوسط، أرخص طاقة رياح وشمس في العالم، ويُعتقد أن المنطقة ستكون لاعبا رئيسيًا في سوق الهيدروجين الأخضر، ويقول رئيس برنامج الاختراق التكنولوجي بمعهد "روكي ماونتن" الأمريكي: ان السعودية تمتلك طاقة متجددة منخفضة التكلفة بشكل لا يصدق، حيث الشمس مشرقة طوال أيام السنة والرياح تهب بشكل موثوق كل ليلة، لذا من الصعب هزيمتها"، ويتوقع خبراء الطاقة ان بحلول عام ٢٠٥٠، ووفقا للمصرف الاستثماري الدولى "جولدمان ساكس"، يمكن أن يوفر الهيدروجين الأخضر ما يصل إلى ٢٥ في المئة من احتياجات الطاقة في العالم وينشأ سوقًا تصل قيمته الى حوالى١٠ تريليونات دولار، مع التغلب على العقبات المرتبطة بالتخزين والنقل.

تطبيقات تكنولوجيا الهيدروجين:

يمكن استخدام الهيدروجين بطريقتين على نطاق واسع، حيث يمكن حرقه لتوليد الحرارة أو تغذيته في خلية وقود لتوليد الكهرباء، ولذلك توجد تطبيقات عديدة يمكن أن يدعمها الهيدروجين الأخضر، من بين التطبيقات التي يمكن أن

يدعمها هذا الوقود؛ السيارات والشاحنات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود الهيدروجينية، وسفن الحاويات التي تعمل بالأمونيا السائلة المصنوعة من الهيدروجين، وهو أيضًا بديل موثوق للغاز الطبيعي للطبخ والتدفئة في المنازل.

ويمكن الاستفادة منه في تشغيل مصافي "الصلب الأخضر" التي تحرق الهيدروجين كمصدر للحرارة بدلاً من الفحم، وأيضًا يمكن للتوربينات الكهربائية التي تعمل بالهيدروجين، توليد الكهرباء في أوقات ذروة الطلب للمساهمة في استقرار الشبكة الكهربائية. وتصف الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) الهيدروجين بأنه "ناقل طاقة متعدد الاستخدامات"، إذ يحتوي الهيدروجين على مجموعة متنوعة من التطبيقات ويمكن نشره في قطاعات مثل الصناعة والنقل (القطارات والطائرات والحافلات التي تعمل بخلايا وقود الهيدروجين).

ومن الجدير بالذكر أن الماء هو الناتج الثانوي الوحيد لعملية احتراق الهيدروجين، ولهذا ظل الهيدروجين، على مدى عقود، مُغريًا للعلماء باعتباره مصدرًا للطاقة خاليًا من الكربون. إلا أن عملية إنتاج الهيدروجين التقليدية، التي تنطوي على تعريض الوقود الأحفوري للبخار، أبعد ما تكون عن الخلوِّ من الكربون. ويُطلق على الهيدروجين الناتج بهذه الطريقة الهيدروجين الرمادي، وفي حال عزل ثاني أكسيد الكربون عنه، يُعرف بالهيدروجين الأزرق، وتسعى الشركات سعيًا حثيثًا إلى تطوير آلات التحليل الكهربي التي بإمكانها إنتاج الهيدروجين الأخضر بالتكلفة ذاتها التي يُنتَج بها الهيدروجين الرمادي والأزرق، وهو الهدف الذي يتوقع المحللون أن تتمكن الشركات من تحقيقه في غضون السنوات العشر القادمة.

وفي الوقت نفسه، شرعت شركات الطاقة في الاستعانة بآلات التحليل الكهربي مباشرةً في مشروعات الطاقة المتجددة، فعلى سبيل المثال، ثمة ائتلاف من الشركات الراعية لمشروع يُسمى "جيجاستاك" Gigastack، يعتزم تزويد مزرعة الرياح البحرية "هورنزي تو" Hornsea Two، التابع لشركة "أورستد" Ørsted بمعدات تحليل كهربي تبلغ قدرتها ١٠٠ ميجاوات، من أجل توليد الهيدروجين الأخضر على نطاق صناعي.

من شأن أساليب التكنولوجيا الحالية، كتلك المستخدمة في إنتاج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، أن تَحُدَّ من الاعتماد على الكربون في قطاع الطاقة بنسبة تصل إلى نحو ٨٥%، عبر إحلال الكهرباء النظيفة محل كلٍّ من الغاز والفحم. أما بعض القطاعات الاقتصادية الأخرى ، فتواجه صعوبة أكبر في التحوُّل إلى الاعتماد على الكهرباء؛ إذ عادةً ما تتطلَّب وقودًا يتسم بارتفاع كثافة طاقته أو الحرارة الناتجة عنه عند درجات الحرارة العالية.

ومع ذلك، لا يزال هناك مستقبَل للهيدروجين الأخضر في تلك القطاعات؛ إذ تشير مجموعة "إنيرجي ترانزيشنس كوميشن" Energy Transitions Commission وهي ائتلاف يضمُّ عددًا من شركات الطاقة – إلى أن الهيدروجين الأخضر يُعَد واحدةً من أربع تقنيات ضرورية لتحقيق هدف "اتفاق باريس للمناخ"، المتمثل في تقليل ما يزيد على ١٠ مليارات طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنويًّا في القطاعات الصناعية التي تشكل التحدي الأكبر في هذا المضمار، مثل قطاعات التعدين، والتشييد والبناء، والصناعات الكيماوية.

ومع أن إنتاج الهيدروجين الأخضر ما زال يخطو خطواته الأولى، تضخ دولٌ عدةٌ استثماراتها في هذه

التكنولوجيا، لا سيّما تلك الدول التي تتوافر لها طاقة متجددة قليلة التكلفة، ومن هذه الدول أستراليا، التي تسعى إلى تصدير الهيدروجين المزمع إنتاجه عبر استغلال ما يتوافر لديها من طاقة شمسية وطاقة الرياح، في حين تخطط تشيلي لإنتاج الهيدروجين في المناطق القاحلة الواقعة في شمال البلاد، الغنية بالكهرباء المُوَلَّدة باستخدام الطاقة الشمسية، أما الصين فتعتزم إطلاق مليون مركبة تعمل بخلايا وقود الهيدروجين بحلول عام ٢٠٣٠.

وثمة مشروعات مماثلة يجري العمل عليها في كلٍّ من كوريا الجنوبية، والنرويج، والولايات المتحدة الأمريكية، حيث تُبذل جهود حثيثة في ولاية كاليفورنيا من أجل استبعاد الحافلات التي تُدار بالوقود الأحفوري بحلول عام ٢٠٤٠. ومن جهتها، نشرت المفوضية الأوروبية مؤخرًا خطة إنتاج الهيدروجين لعام ٢٠٣٠، التي تدعو فيها إلى زيادة قدرات إنتاج الهيدروجين لتصل إلى ٥٠٠ جيجاوات بحلول عام ٢٠٥٠ (علمًا بأن القدرات الحالية لا تزيد على ٠,١جيجاوات)، وهذا ما دفع مؤسسات الخدمات المالية العالمية في أوائل العام الجاري، إلى التنبؤ بأن قيمة الاستثمارات السوقية في إنتاج الهيدروجين الأخضر سوف تبلغ ١٢ تريليون دولار بحلول عام ٢٠٥٠.

ويمكن القول أن الهيدروجين الأخضر هو وقود المستقبل والذى سيساهم بقدر كبير في تحسين المناخ الذى تسعى اليه كل دول العالم.

*رئيس جمعية المهندسين الكهربائيين
ورئيس اللجنة الإستشارية لشعبة الكهرباء بنقابة المهندسين
عضو مجلس إدارة المجلس العربى للطاقة المستدامة