ملف العدد :

الهيدروجين الأخضر: مصدر للطاقة في المستقبل

د.نعمة الله عبد الرحمن

رئيس قسم البيئة ومساعد رئيس تحرير جريدة الأهرام

الملخص:

الهيدروجين الأخضر نوع من الطاقة المتجددة منخفضة الكربون ، وتأتى أهميته فى قدرته على توفير طاقة هائلة القدرة وقليلة الانبعاثات من أجل حماية البيئة، لكن ارتفاع تكلفة إنتاجه من الطاقات المتجددة لثلاثة أضعاف المنتج من الوقود الأحفورى بجانب تحديات تخزينه ونقله من أهم التحديات التى تحتاج لتطوير التكنولوجيات للتسريع بالتوسع فى إنتاجه عالمياً .

وانتهجت مصرخطواتها الإنتاجية من خلال إعداد استراتيجية وطنية للهيدروجين الأخضر، وعقد اتفاقيات دولية مع جهات مختلفة بهدف تنويع مصادر الطاقة وتوطين صناعته بواسطة مشروعات تقام فى المنطقة الاقتصادية لقناة السويس. وأيضاً تعاون مصرى هندى لإقامة منشأة لإنتاج الهيدروجين الأخضر فى المنطقة الاقتصادية لقناة السويس، باعتبار الهند حققت خطوات ناجحة فى إنتاج الهيدروجين بالإضافة إلى تصنيعها لأول حافلة تعمل بتقنية خلايا وقود الهيدروجين، بجانب تطويرها لتكنولوجياتها وذلك لتوليد الهيدروجين من المخلفات الزراعية.

Abstract:

Green hydrogen is a type of low-carbon renewable energy, and its importance lies in its ability to provide huge energy with low emissions in order to protect the environment. The high cost of its production from renewable energies to three times the product of fossil fuels, in addition to the challenges of storage and transportation are among the most im-

portant challenges that need to develop technologies to accelerate by expanding its production globally. Egypt followed its productive steps by preparing a national strategy for green hydrogen. Also, Egypt concluding international agreements with various parties with the aim of diversifying energy sources and localizing its industry, through projects established in the economic zone of the Suez Canal. Also, an Egyptian-Indian cooperation to establish a green hydrogen production facility in the economic zone of the Suez Canal, given that India has made successful steps in hydrogen production in addition to manufacturing the first bus operating with hydrogen fuel cell technology, as well as developing its technologies to generate hydrogen from agricultural waste.

المقدمة

يتجه عدد مُتزايد من البلدان والحكومات إلى إنتاج الهيدروجين كوسيلة مُتاحة لإزالة الكربون ووصول إلى هدف صفر كربون، كُرست لذلك الإستراتيجيات الوطنية لتطوير تقنيات إنتاجه باعتباره مصدر للوقود الخالى من الانبعاثات، فهو غاز خام للصناعة أو مصدر للحرارة والطاقة للمبانى .

يلقى الهيدروجين محل اهتمام من قبل الخبراء والمتخصصين فى مجال الطاقة والكهرباء باعتباره حامل للطاقة وذلك وفق نوعية مصدر الطاقة التى ينتج منها، فالهيدروجين المنتج من الوقود الأحفورى يُشار إليه بالرمادى، على حين الذى يتم فصل ثانى أكسيد الكربون منه يُعتبر أزرق، أما الهيدروجين المنتج من فصل المياه يطلق عليه الأخضر ويكون منتج من طاقة متجددة حيث تتم عملية الفصل فى المياه باستخدام طاقة الشمس أو طاقة الرياح ، بمعنى أن تكون طاقة جديدة ومتجددة.

والهيدروجين الأخضر هو نوع ناشىء من الطاقة المتجددة منخفضة الكربون حيث يحتوى على انبعاثات كربون أقل بكثير من الهيدروجين الرمادى الذى ينتج عن طريق إعادة تشكيل الغاز الطبيعى بالبخار، وفى عام ٢٠٢٠ أنتج ٩٩% من الهيدروجين

باستخدام الوقود الأحفورى على مستوى العالم ، فى حين أن الهيدروجين الأخضر الناتج عن التحليل الكهربائى للمياه له فوائد بيئية واضحة فى تقليل انبعاثات الكربون خاصة فى صناعة الصلب والأسمنت، وترى بعض الآراء أنه لا يتطلب تطوير للبنية التحتية حيث يمكن استخدام خطوط أنابيب الغاز الطبيعى لنقله، لكن المخاوف من بعض التحديات لذلك لابد من تحديث خطوط الأنابيب المستعملة إلى جديدة متطورة من أجل إنتاج الهيدروجين، وقد قام برنامج تجريبى فى فرنسا بخلط الهيدروجين فى شبكة غاز فيما يقرب من ١٠٠ منزل بهدف تحويل محطات الطاقة التى تعمل بالغاز الطبيعى إلى حرق الهيدروجين لتوفير طاقة احتياطية وذلك خلال فترات ارتفاع الطلب، لذلك يمكن القول أن الهيدروجين الأخضر يمكن استخدامه فى النقل والتدفئة وصناعة الغاز الطبيعى كما يمكن استخدامه لإنتاج الأمونيا الخضراء .

أهمية الهيدروجين الأخضر

وتكمن أهمية الهيدروجين فى أنه أكثر استدامة حيث تقنياته المتطورة ساعدت على استخدامه كوقود للقطارات والناقلات العملاقة وسيارات الركوب ، أيضا يمكن أن يكون غاز وسيط للصناعات مثل الكيماويات والتكرير والصلب والمعادن والزجاج، كما يمكنه تخزين الطاقة المتولدة من المصادر المتجددة، ويمكن استخدامه كناقل للطاقة بمعنى وسيلة لتخزين الطاقة من مصادر متجددة (الشمس – الرياح) على نطاق واسع بدون بصمة كربونية.

ويتم دمج المواد الأولية مثل الغاز الطبيعى أو غاز البترول المُسال لإنتاج غاز تخليقى حيث تتم معالجة هذا الخليط من أول أكسيد الكربون والهيدروجين ويكون المنتج النهائى هو الهيدروجين الرمادى، كما يمكن إنتاج الهيدروجين الرمادى من خلال الأكسدة الجزئية لبقايا المصفاة وفى إزالة أكسيد الكربون فإن الهيدروجين الناتج يسمى الهيدروجين الأزرق، أما الأخضر فيتم الحصول عليه من إعادة تشكيل البخار أو عن طريق فصل الماء عن طريق التحليل الكهربى.

والهيدروجين فى ذاته هو مصدر للطاقة خالى من الكربون لكن ٩٥% من الإنتاج العالمى للهيدروجين ينتج من الغاز الأحفورى والفحم ، وتمثل استثماراته فى مصر حوالى ٤١ مليار دولار وتسعى الحكومة المصرية لزيادة ٢٥% من إجمالى المشروعات المخطط لها حتى عام ٢٠٣٠ .

محاور الدراسة

١. تحديات إنتاج الهيدروجين الأخضر

يمكن القول أن تكلفة إنتاج الهيدروجين الأخضر حاليا حوالى من ٥ إلى ٦ دولارات بينما يتكلف الهيدروجين الرمادى أقل من ٢ دولار لذلك تهدف التطويرات التكنولوجية إلى خفض تكلفة إنتاج الهيدروجين الأخضر، والمشكلة الرئيسية تكمن فى ارتفاع تكلفة الإنتاج ومع توقعات نمو سوق الهيدروجين يمكن أن يسهم ذلك فى انخفاض تكلفة الإنتاج من ٦ دولارات إلى ٢ دولار بحلول عام ٢٠٢٥، وبذلك يكون هذا السعر نقطة تحول متوقعة تجعل الهيدروجين الأخضر منافس قوى لمصادر الوقود الأخرى.

فى عام ٢٠٢١ أشار مجلس الهيدروجين العالمى إلى أن استخدام الهيدروجين الأخضر لإنتاج الأمونيا الخضراء (المكون الرئيسى لإنتاج الأسمدة) سيجعل تكلفة الأمونيا الخضراء أعلى تنافسية من الأمونيا المنتجة تقليديا وذلك بحلول عام ٢٠٣٠، وهذا يجعل لإنتاج الهيدروجين قيمة مضافة تزيد من أهميته الاقتصادية والصناعية وأيضاً الزراعية وسوق العمل .

٢. مراحل تخزين الهيدروجين

مراحل تخزين الهيدروجين تأخذ عدة أشكال وهى فى ذاتها ترفع من كفاءته كمصدر للطاقة حيث يتم تخزين الهيدروجين السائل المنتج بكفاءة فى خزانات معزولة ويمكن تركيبها عموديا أو أفقيا، ويتم تخزين الهيدروجين الغازى فى كهوف الملح تحت الأرض حيث يتم تنقية الغاز وضغطه قبل حقنه فى الكهوف.

ويتم تخزين الهيدروجين بثلاث طرق الضغط أو التبريد أو الهجين، كذلك يمكن

تخزينه فى شكل مواد صلبة أو سائلة أو مواد سطحية ويراعى عند تخزينه فى صورته السائلة فى كهوف الملح والمناجم المهجورة توفير عوامل الأمان، لأنه قد يؤدى التخزين فى المناطق الجغرافية مثل كهوف الملح أو المناجم القديمة إلى تلوث الهيدروجين بما يؤدى إلى ضرورة تنقيته قبل استخدامة .

والهيدروجين المضغوط قد يواجه بعض الصعوبات كأن تكون البنية التحتية ليست كافية ولا يمكن استخدام أنابيب الغاز الطبيعى بجانب قدرته على التبخر، كذلك لابد من التحكم فى تغيرات درجات الحرارة أثناء نقل الهيدروجين المضغوط لتقليل الخسائر مع ضرورة تزويد محطات الوقود بالهيدروجين اللازم .

٣. تجارب دولية لاستخدامات الهيدروجين

يمكن استخدام الهيدروجين كوقود لمحركات الاحتراق الداخلى وذلك للسيارات والشاحنات، وقد قامت بالفعل شركة إيرباص بتصميم طائرات تعمل بالهيدروجين ووفق خططها سوف يتم إطلاق أول طائرة تجارية تعمل بالهيدروجين عام ٢٠٣٥، وسيكون استخدام هذا النوع من الطائرات على نطاق واسع بحلول عام ٢٠٥٠.

ويحتوى الهيدروجين على طاقة هائلة فكل كيلوجرام يعادل جالون من البنزين، هذه القدرة شجعت الشركات العالمية على تطوير تكنولوجياتها لمواكبة السوق العالمى وتحقيق استفادة كاملة فقد طورت شركة Linde التكنولوجيا لتحديث البنية التحتية بهدف تسريع الانتقال إلى هيدروجين أكثر اخضرارا باستخدام الكهرباء لتقسيم الماء إلى هيدروجين وأكسجين، ويعتبر أكبر مصنع للتحليل الكهربائى الذى يعمل بأغشية تبادل البروتون فى العالم فى ليونا بألمانيا لإنتاج ٤٥٠٠ متر مكعب من الهيدروجين كل ساعة وذلك منتصف عام ٢٠٢٢ من خلال تقنية المحلل الكهربى (PEM) الذى يتم تشغيله بواسطة الطاقة المتجددة بواقع ٣٢٠٠ طن مترى من الهيدروجين الأخضر سنوياً وهذا يكفى لتشغيل ٦٠٠ حافلة تعمل بخلايا الوقود بما يمكنهم السير لحوالى ٤٠ مليون كيلومتر مع توفير ٤٠ ألف طن من انبعاثات ثانى أكسيد الكربون سنوياً.

وكانت شركة (Linde) قد قامت بتصميم وبناء ٢٠٠ محطة للتزود بوقود الهيدروجين فى جميع أنحاء العالم بهدف التزود بالوقود للسيارات والحافلات والرافعات حيث يمكن تزويد السيارات خلال ٥ دقائق للسيارات التى تعمل بالهيدروجين ويمكنهم القيادة لمسافة تصل إلى ٨٠٠ كيلومتر .

وفى المانيا توجد أكبر محطات الوقود الهيدروجينية فى العالم، حيث طورت شركة (Siemens) توربينات الرياح البحرية التى تم تجهيزها لخلط الهيدروجين بما يساعد على زيادة إنتاجه ، حيث وصلت قيمة سوق الهيدروجين إلى ٩٠٠ مليون دولار عام ٢٠٢٠ ومن المتوقع أن يقفز سوق الهيدروجين العالمى إلى ١٠% بحلول عام ٢٠٣٠ وأن يصل بحلول عام ٢٠٥٠ إلى ٣٠٠ مليار دولار .

وذلك يحتاج إلى تعزيز حركة الهيدروجين بما يعنى دخول هذا الوقود النظيف إلى البنية التحتية ، لذلك تم تطوير محطة وقود متنقلة (Fuel Box) وهى صغيرة الحجم وقابلة للنقل ومجهزة بتقنية Linde jonic compressor التى أثبتت كفاءتها مع صندوق الوقود والتى يمكنها من إعادة تعبئة حوالى ٣٥٠ كيلوجرام من وقود الهيدروجين يوميا، كما يمكنها أن تزود ٦٥ مركبة بوقود الهيدروجين يومياً، وتحتاج إلى مساحة أرضية ١٢ متر مربع فقط ، ويعتبر Fuel Box هو الحل الأمثل لتصميم النظام الجديد الحاصل على شهادة CE للسوق الأوروبية ويمكن استخدامة كوحدة للتزود بالوقود بشكل دائم وكلها تكنولوجيات عالمية تسعى لاستبدال النفط والغاز والفحم بالهيدروجين الأخضر والأمونيا الخضراء والكهرباء الخضراء، ويعتبر استخدام الهيدروجين كمادة أولية لإنتاج الأمونيا الخضراء مجال خصب لإنتاج الأسمدة والميثانول لشحن الوقود، ولا يمكن إغفال دور المجتمع العالمى فى تطوير صناعة الهيدروجين الأخضر من خلال الأبحاث والدراسات باعتبار أن سيناريو المناخ الأخضر وهو الوصول لصفر انبعاثات كربونية بحلول عام ٢٠٥٠ يتزايد معه الطلب على الهيدروجين الأخضر بكميات تصل إلى ١٣٠٠ مليون طن وهو ما يعادل ٦٠% من

الطاقة المستخدمة اليوم ، لذلك أهتم مركز المناخ فى كوبنهاجن التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة بتقنيات الهيدروجين الأخضر لهذا أنشىء مركز لكفاءة الطاقة كرس كل أبحاثه بهدف تسريع استيعاب سياسات وبرامج كفاءة الطاقة على المستوى العالمى وذلك وفق اتفاقية بين وزارة الخارجية الدنماركية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة وهو لديه حصيلة أكثر من ٣٠ عاما من البحوث والدراسات المهتمة بشأن المناخ والطاقة والتنمية المستدامة ولديه فرق من الباحثين والمهتمين فى مجال كفاءة الطاقة لنشر التكنولوجيا وخلق مطورين لتلك الطاقة الواعدة .

الاهتمام المصرى بالهيدروجين

ازداد الاهتمام العالمى بإنتاج الهيدروجين الأخضر أملاً فى تحقيق حماية كوكب الأرض من الانبعاثات الملوثة للبيئة ، ففى مصر بدأت الحكومة فى اتخاذ خطوات للاستفادة من زخم الاستثمار قبل COP٢٧ حيث أنشأت هيئة قناة السويس ضمن أنشطة منطقة القناة الاقتصادية (SC Zone) مركز أقليمى للطاقة الخضراء حيث وقعت الشركات العالمية على اتفاقيات أولية قدرت بحوالى ١٠ مليار دولار لإقامة مشروعات الهيدروجين الأخضر والأمونيا الخضراء فى منطقة العين السخنة .

وتبلغ الاستثمارات المقرر ضخها لتنفيذ المشاريع التجريبية لإنتاج الهيدروجين الأخضر خلال السنوات الأربع المقبلة حوالى ٧,٤ مليار دولار تنفذها ٨ شركات عربية وأجنبية حيث وقعت عدد من مذكرات التفاهم مع شركات عالمية وعربية باستثمارات ضخمة ، وتسعى الحكومة المصرية لتفعيل هذه المشاريع خلال قمة المناخ بشرم الشيخ .

لهذا تستهدف الحكومة المصرية إنتاج ١٠٠ ميجاوات سيتم تنفيذها من قبل الصندوق السيادى المصرى (SFE) وشركة Scatec النرويجية وشركة Fertiglobe المنتجة للأمونيا (نصيف ساويرس وأراسكوم) بما يجعل الهيدروجين مادة وسيطة لإنتاج الأمونيا الخضراء التى سيتم تصديرها ، وتوجد خطوات كانت

البداية منذ توقيع مذكرات تفاهم بين SC Zone وشركات الطاقة المتجددة فى شكل مشروعات صغيرة ومتوسطة لجذب القطاع الخاص لهذا الاستثمار .

لذلك يعتبر توقيع البنك الأوروبى لإعادة الإعمار والتنمية (EBRD) مذكرة تفاهم مع وزارتى الكهرباء والبترول للمساعدة فى إنشاء استرتيجية وطنية شاملة للهيدروجين ، لإشراك مطورين لتمويل مشروعات الهيدروجين الأخضر، خطوة لاستبدال الهيدروجين الأخضر بديلاً للوقود الأحفورى ، فهو له دور مهم فى إزالة الكربون من الاقتصاد العالمى .

وتساعد فرنسا فى هذا الشأن الحكومة المصرية لبناء القدرات التكنولوجية بشأن السياسة التنظيمية لمشاريع الهيدروجين التجريبية فى البدايات، وينتظر من الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين أنها ستغطى سوق العرض والطلب ومتطلبات البنية التحتية ، لذلك ترحب الحكومة بالمبادرات التى تهدف إلى إنتاج الهيدروجين الأخضر بهدف التصدير وليست المشاريع التى تستهدف السوق المحلى لحين تهيئة البيئة التنظيمية المحلية لبدء جلوس الهيدروجين الأخضر بديلاً لمقعد الوقود الأحفورى كمصدر أساسى للطاقة فى مصر

ويمكن لمصر أن تقود المنطقة فى مجال الهيدروجين الأخضر وهذا يحتاج إلى تكنولوجيا جديدة سريعة التطور، وأن تكون مشاريع الهيدروجين الأخضر من المتعهدين لمصادر الطاقة المتجددة، كذلك تركز الحكومة على تقديم حوافز للقطاع الخاص حيث بدأت الحكومة فى تقديم خصم ما بين ٣٠% إلى ٥٠% من تكاليف الاستثمار من فواتير الضرائب للشركات التى تعمل على إنتاج الهيدروجين الأخضر والأمونيا الخضراء وتخزينها وتصديرها بجانب إعفاء لمدة خمس سنوات من رسوم الدمغة والتوثيق على بعض النفقات لتذليل الإجراءات فضلاً عن دفع معدل الجمارك بنسبة ٢% على الآلات المستوردة، ومصر لديها أهداف طموحة لخفض الانبعاثات لذلك فإن مصر تسعى لتنظيم التسعير التنافسى للكهرباء المولدة من مشاريع الهيدروجين الأخضر بجانب أن معدات المنشآت المنتجة للهيدروجين الأخضر محدودة

لذلك لابد من التعاون مع أصحاب الرؤوس الاستثمارية فضلاًعن أن البنك الأوروبى لإعادة الإعمار والتنمية قد وضع جدول زمنى مدته خمس سنوات لوضع الإطار القانونى الذى يساعد الحكومة على تطوير استراتيجيتها الخاصة بالهيدروجين الأخضر.

تعاون مصر والهند فى مجال الهيدروجين الأخضر

التعاون بين مصر والهند يضرب بجذوره فى أعماق التاريخ منذ زمن بعيد فى مجالات متعددة وفى مجال الطاقة والبيئة وقعت الحكومة المصرية مذكرة تفاهم مع شركة الطاقة الهندية بهدف إقامة منشأة لإنتاج الهيدروجين الأخضر فى المنطقة الاقتصادية لقناة السويس بقيمة ٨ مليار دولار ، قيمة المرحلة الأولى من خطة التطوير للمنشأة تبلغ ٧١٠ مليون دولار على مساحة ٦٠٠ ألف متر مربع، وتستهدف تلك المشاريع سوق التصدير وكميات صغيرة من السوق المحلى وذلك بسعة إنتاجية تصل إلى ٢٠ ألف طن من الهيدروجين الأخضر و١٠٠ ألف طن من الأمونيا الخضراء وذلك بحلول عام ٢٠٢٥، وذلك لإمكانية خدمة قطاع النقل، وهذا المشروع يهدف إلى إنتاج ٢٢٠ ألف طن من الهيدروجين الأخضر و١,١ مليار طن من الأمونيا الخضراء.

حيث عقدت الحكومة المصرية اتفاقية مع شركة رينيوباور والتى تأتى من أهم الخطوات التى اتخذتها مصر لتنويع مصادر الطاقة المتجددة المنتجة، حيث تعتبر هذه الشركة الهندية مسئولة عن بناء وحدات قادرة على تحويل الكهرباء إلى هيدروجين بالإضافة إلى مشتقاته، وسيكون مقر المنشأة فى العين السخنة بالسويس بطاقة إنتاجية تصل إلى ١,٣٢ مليون طن سنويا وهذا سيجعله أحد أكبر مصانع الهيدروجين الأخضر فى مصر، وبذلك تكون تلك الشركة ثامن مولد للطاقة النظيفة ينتج الهيدروجين الأخضر فى خليج السويس بمصر ، وقد تم توقيع الاتفاقية بالشراكة بين رينيوباور والشركة المصرية لنقل الكهرباء (EETC) والهيئة العامة للمنطقة الاقتصادية لقناة السويس (SC Zone) وصندوق الثروة السيادية لمصر (TSFE) وهيئة الطاقة الجديدة والمتجددة .

التجربة الهندية فى إنتاج الهيدروجين

تمتلك الهند إمكانات هائلة من الموارد الطبيعية والبشري والتكنولوجية وضعها فى مصاف الدول المنتجة والمصدرة للتقنيات المتطورة بما جعلها تسعى لتحسين قدراتها لحماية البيئة حيث اتجهت فى سياساتها إلى تصنيع الهيدروجين وتسهيل عمليات إنتاجه من خلال توفير عدة آليات مثل منح تراخيص المشروعات نافذة التطبيق وأيضاً السماح لفائض الطاقة المتجددة بجانب توفير إمكانيات الوصول لأسواق وشبكات الكهرباء بين الولايات وأيضاً تسهيل إجراءات إنشاء الموانىء لتصدير الهيدروجين والأمونيا ، بجانب إنشاء شركات الشحن وتسعى الهند من خلال مشروعات إنتاج الهيدروجين الأخضر والأمونيا إلى تحقيق الأمن الطاقى لديها حيث أنها استوردت ٨٥% من استهلاكاتها من النفط و٥٦% من استهلاكاتها من الغاز وذلك عام ٢٠٢١ هذا بجانب تحقيق خطواتها نحو الحياد الكربونى على المدى الطويل ، لذلك يوجد فى الهند ٢٦ مشروع لإنتاج الهيدروجين بطاقة إنتاجية تصل إلى ٢٥٥ ألف طن وكلها مشروعات فى مراحلها التجريبية ومتوقع أن يقفز إلى ١١ مليون طن بحلول عام ٢٠٣٠.

مشروع لإنتاج الهيدروجين الأخضر وتخزينه فى الهند

وتركز الهند على إنتاج الهيدروجين النظيف أو الأخضر لاستخدامه فى قطاعات التكرير وصناعة الصلب حيث يمثل الهيدروجين الأخضر فى الهند ما بين ٥% إلى ١٠% من إجمالى الهيدروجين المنتج من الوقود الأحفورى ، لذلك تضع الهند استرتيجية لتحقيق الحياد الكربونى فى السكك الحديدية بحلول عام ٢٠٣٠ من خلال استخدامات طاقة الرياح والطاقة الشمسية ، وتعلق الهند آمالها لخفض الانبعاثات الكربونية وتطبيق الحياد الكربونى بحلول عام ٢٠٥٠ حيث تجتذب الهند أكثر من ١١ مليار دولار استثمارات أجنبية فى قطاع الطاقة النظيفة باعتبارها ثالث دولة على مستوى العالم مسببة لانبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون وتسعى الهند لاعتماد ٨٥% من مشروعات تصدير الهيدروجين لديها على تكنولوجيا دمج الأمونيا والهيدروجين معاً.

ومؤخراً احتفلت الهند بإنتاج أول حافلة تعمل بتقنية خلايا وقود الهيدروجين والتى يمكن تشغيلها لمدى ٤٥٠ كيلومتر بطاقة هيدروجينية تصل إلى ٣٠ كيلوجرام ، حيث يتصف شكلها بأنها مكيفة تستوعب حوالى ٣٢ راكب ويصل طول الحافلة لأكثر من ٩ أمتار ، واعتبرت الهند أن تلك الصناعة تضع الهيدروجين فى صدارة الوقود المستخدم لديها بديلاً للديزل والبنزين بما يجعله وقود واعد لدعم سياساتها للحد من انبعاثات غاز ثانى أكسيد الكربون خاصة وأن تلك الحافلة الهندية الصنع أخذ فى تصميمها أن تراعى متطلبات وظروف التشغيل حيث تعتمد على خلايا وقود مختلط من الهيدروجين والأكسجين لتوليد الكهرباء اللازمة لتشغيل الحافلة ، فهى صديقة للبيئة ولا يتدفق منها سوى المياه وتعتبر الهند هذا نجاح لها خاصة وأن لديها أكثر من مليون حافلة ديزل ينبعث من الحافلة الواحدة ما يقرب من ١٠٠ طن من غاز ثانى أكسيد الكربون سنويا، لذلك اعتبرت الهند أن التحول الطاقى لديها خاصة فى النقل المستدام تعوله على الهيدروجين والسيارات الكهربية .

حافلة تعمل بخلايا وقود الهيدروجين – الصورة من موقع "سنتيانت لابز"

وجدير بالذكر أن هناك مساعى حثيثة فى الهند حيث أعلنت إحدى شركاتها لتوليد الهيدروجين من المخلفات الزراعية بما يساعد الهند فى تقليل تكاليف حصتها من استيراد النفط ويضمن لها الوفاء بتقليل نسب تلوث الهواء لمدنها . وكانت شركة الكهرباء الوطنية الهندية قد طرحت مؤخراً مناقصة محلية لإنشاء أول محطة لديها للتزود بوقود الهيدروجين الأخضر وهو ما اعتبرته الهند دخول لها فى حقبة جديدة من النقل المستدام الخالى من الانبعاثات الكربونية بما يعزز لديها مشروعاتها السياحية ويخفف من نواتج النقل البرى على البيئة ، كذلك تركز الهند على استخدام الإيثانول بنسبة تصل إلى ٢٠% من استخدامات الطاقة لديها بحلول عام ٢٠٢٤ ، لذلك تركز سياسات الهند على تطبيق تكنولوجيات الرقمنة والتنظيم اللامركزى وإزالة الكبرون

لتحقيق أهداف النقل المستدام ، الأمر الذى تبعه إستعانتها بخبراء الطاقة والمطورين التجاريين فى مجال قطاع الهيدروجين الأخضر بدول البريكس (البرازيل – روسيا – الصين – جنوب أفريقيا) للوصول إلى رؤية مشتركة للتنمية المستدامة والنمو الاقتصادى الشامل لضمان إمدادات الطاقة المستدامة وتقليل التأثير السلبى على البيئة .

المراجع ومصادر

1. **A Wood Mackenzie Business,gtm, Energy (June,2020): So, What Exactly Is Green Hydrogen?**
2. **The Iberdrola group (2020): Green hydrogen, an alternative that reduces emissions and cares for our planet.**
3. SCIENCE (January, 2021): What is green hydrogen, how is it made and will it be the fuel of the future?
4. **https://www.petrofac.com/en-gb/media/our-stories/the-difference-between-green-hydrogen-and-blue-hydrogen/**

٥. مجلة الطاقة ، تقارير وحدة أبحاث الطاقة ٢٠٢١ عدد مارس ٢٠٢١

٦. مجلة الطاقة ، تقارير وحدة أبحاث الطاقة ٢٠٢١ عدد أبريل ٢٠٢١

٧. مجلة الطاقة ، تقارير وحدة أبحاث الطاقة ٢٠٢١ عدد يونيو ٢٠٢١

٨. مجلة الطاقة ، تقارير وحدة أبحاث الطاقة ٢٠٢١ عدد يوليو ٢٠٢١

٩. مجلة الطاقة ، تقارير وحدة أبحاث الطاقة ٢٠٢١ عدد ديسمبر ٢٠٢١

١٠. مجلة الطاقة ، تقارير وحدة أبحاث الطاقة ٢٠٢٢ عدد مارس ٢٠٢٢

١١. مجلة الطاقة ، تقارير وحدة أبحاث الطاقة ٢٠٢٢ عدد يوليو ٢٠٢٢

١٢. مجلة الطاقة ، تقارير وحدة أبحاث الطاقة ٢٠٢٢ عدد سبتمبر ٢٠٢٢