

## Green Hydrogen: The Key to a Balanced Future for the Earth

Deepak Kohli  
5/104, Vipul Khand, Gomti Nagar, Lucknow-226 010, U.P., India  
deepakkohli64@yahoo.in

Received: 14-10-2025, Accepted: 21-11-2025

**Abstract-** In the present era, human civilization stands at a turning point where development and establishing a balance between the environments became the greatest need. Increasing demand for energy, limitation of fossil fuels and climate change is serious challenges force us to think that in the times to come in which direction will the progress be? In this background, green hydrogen is a hope emerging as a ray. It is not only a source of energy, but also helps the earth. The key to moving on the path of pollution-free and sustainable development green hydrogen is a clean energy medium that produces no carbon emissions or does it harm the environment. Renewable energy in its production sources, such as solar, wind and hydropower, are used to thus become sustainable and eco-friendly. This energy not only presents a viable option for industry, transportation and power generation, but energy also opens new doors to self-reliance and economic development. Today, when the whole world is moving towards the goal of net zero carbon emissions, green hydrogen can become the most powerful basis for this effort. This technology leads humanity towards an energy culture where progress is the meaning will not be related to the destruction of nature, but to its conservation.

**Key words-** Green Hydrogen, technology, environment, Indian economy

### हरित हाइड्रोजन पृथ्वी के संतुलित भविष्य की कुंजी

दीपक कोहली  
5 / 104, विपुल खंड, गोमती नगर, लखनऊ-226010, उ०प्र०, भारत  
deepakkohli64@yahoo.in

**सार-**वर्तमान युग में मानव सभ्यता एक ऐसे निर्णायक मोड़ पर खड़ी है, जहाँ विकास और पर्यावरण के बीच संतुलन स्थापित करना सबसे बड़ी आवश्यकता बन गया है। ऊर्जा की बढ़ती मांग, जीवाश्म ईंधनों की सीमितता और जलवायु परिवर्तन की गंभीर चुनौतियाँ हमें यह सोचने पर विवश करती हैं कि आने वाले समय की प्रगति किस दिशा में होगी। इसी पृष्ठभूमि में हरित हाइड्रोजन एक आशा की किरण बनकर उभर रही है। यह केवल ऊर्जा का स्रोत नहीं, बल्कि पृथ्वी को प्रदूषण से मुक्त और स्थायी विकास की राह पर अग्रसर करने की कुंजी है। हरित हाइड्रोजन वह स्वच्छ ऊर्जा माध्यम है जो न तो कार्बन उत्सर्जन करता है, न ही पर्यावरण को क्षति पहुँचाता है। इसके उत्पादन में नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों, जैसे सौर, पवन और जलविद्युत का उपयोग किया जाता है, जिससे यह पूरी तरह सतत और पर्यावरण-हितैषी बन जाता है। यह ऊर्जा न केवल उद्योग, परिवहन और बिजली उत्पादन के लिए एक व्यावहारिक विकल्प प्रस्तुत करती है, बल्कि ऊर्जा आत्मनिर्भरता और आर्थिक विकास के नए द्वार भी खोलती है। आज जब पूरी दुनिया नेट जीरो कार्बन उत्सर्जन के लक्ष्य की ओर बढ़ रही है, हरित हाइड्रोजन इस प्रयास का सबसे सशक्त आधार बन सकता है। यह तकनीक मानवता को ऐसी ऊर्जा संस्कृति की ओर ले जाती है जहाँ प्रगति का अर्थ प्रकृति के विनाश से नहीं, बल्कि उसके संरक्षण से जुड़ा होगा।

**बीज शब्द-** हरित हाइड्रोजन, प्रौद्योगिकी, पर्यावरण, भारत की अर्थव्यवस्था

**1. परिचय-** हाइड्रोजन वह तत्व है जो ब्रह्मांड में सबसे अधिक मात्रा में पाया जाता है, परंतु पृथ्वी पर यह स्वतंत्र रूप में नहीं मिलता। इसे पानी या हाइड्रोजन कार्बन यौगिकों से अलग करना पड़ता है। पारंपरिक रूप से यह कार्य कोयले या प्राकृतिक गैस जैसे जीवाश्म ईंधनों की सहायता से किया जाता रहा है, जिससे बड़ी मात्रा में कार्बन डाईऑक्साइड का उत्सर्जन होता है। ऐसी हाइड्रोजन को ग्रे हाइड्रोजन कहा जाता है। यदि इस प्रक्रिया में उत्सर्जित कार्बन को पकड़ लिया जाए और उसे भूमिगत भंडारण में जमा कर दिया जाए, तो वह ब्लू हाइड्रोजन कहलाती है। लेकिन जब हाइड्रोजन का निर्माण पूरी तरह स्वच्छ स्रोतों, जैसे सौर, पवन या जलविद्युत से प्राप्त बिजली द्वारा जल के इलेक्ट्रोलिसिस से किया जाता है, तब वह हरित हाइड्रोजन कहलाती है। इस प्रक्रिया में कोई भी कार्बन उत्सर्जन नहीं होता, केवल ऑक्सीजन और हाइड्रोजन उत्पन्न होते हैं।

हरित हाइड्रोजन की सबसे बड़ी विशेषता यह है कि इसके उपयोग से केवल जलवाष्प उत्सर्जित होती है, न कि कार्बन डाईऑक्साइड या कोई अन्य प्रदूषक। जब इसे ईंधन सेल में प्रयोग किया जाता है, तो यह रासायनिक रूप से ऑक्सीजन के साथ प्रतिक्रिया कर बिजली

उत्पन्न करती है। यह बिजली किसी भी वाहन, उद्योग या मशीन को चला सकती है, और प्रक्रिया का एकमात्र उपोत्पाद होता है, शुद्ध जल। इसीलिए हरित हाइड्रोजन को भविष्य का जीरो-कार्बन फ्यूल कहा जा रहा है। ऊर्जा की दृष्टि से भी हाइड्रोजन अत्यंत प्रभावशाली है। एक किलोग्राम हाइड्रोजन से लगभग 33 किलोवॉट-घंटे तक ऊर्जा प्राप्त की जा सकती है, जो समान मात्रा के पेट्रोल या डीजल से तीन गुना अधिक है। यह उच्च ऊर्जा घनत्व इसे परिवहन और औद्योगिक उपयोग के लिए अत्यंत उपयोगी बनाता है। भारी वाहनों, जहाजों, रेलगाड़ियों और विमानों के लिए हाइड्रोजन ईंधन का उपयोग न केवल प्रदूषण घटा सकता है, बल्कि ऊर्जा दक्षता को भी बढ़ा सकता है। कई देशों में हाइड्रोजन ईंधन सेल आधारित बसें और ट्रक पहले से चलने लगे हैं। जापान और जर्मनी इस दिशा में अग्रणी हैं, और भारत भी अब इस तकनीक को अपनाने की तैयारी में है।<sup>1-2</sup>

**2. हरित हाइड्रोजन की उपयोगिता-** आज भारत विश्व की तीसरी सबसे बड़ी ऊर्जा उपभोक्ता अर्थव्यवस्था है, और इसकी ऊर्जा मांग निरंतर बढ़ रही है। देश अपनी आवश्यकताओं का लगभग 85 प्रतिशत हिस्सा आयातित तेल और गैस से पूरा करता है, जिससे विदेशी मुद्रा पर भारी दबाव पड़ता है और ऊर्जा सुरक्षा पर भी खतरा उत्पन्न होता है। इस परिप्रेक्ष्य में हरित हाइड्रोजन भारत के लिए ऊर्जा स्वतंत्रता की दिशा में एक ऐतिहासिक अवसर प्रस्तुत करता है। हरित हाइड्रोजन भारत को तीन प्रमुख लाभ प्रदान कर सकती है— ऊर्जा सुरक्षा, पर्यावरण संरक्षण और आर्थिक प्रगति। सबसे पहले, यह भारत को तेल और गैस के आयात पर निर्भरता से मुक्त कर सकती है। यदि भारत अपने विशाल सौर और पवन ऊर्जा संसाधनों का उपयोग करके हरित हाइड्रोजन का उत्पादन करता है, तो वह अपनी ऊर्जा आवश्यकताओं को घरेलू स्तर पर पूरा कर सकता है। इससे विदेशी मुद्रा की बचत के साथ-साथ ऊर्जा आपूर्ति भी स्थायी रूप से सुनिश्चित होगी। दूसरा, यह जलवायु परिवर्तन से निपटने का एक प्रभावी उपाय है। भारत ने 2070 तक नेट जीरो उत्सर्जन का लक्ष्य निर्धारित किया है। हरित हाइड्रोजन इस लक्ष्य को प्राप्त करने का प्रमुख साधन बन सकती है, क्योंकि इसके उपयोग से कोई भी कार्बन उत्सर्जन नहीं होता। यह उद्योगों, परिवहन और बिजली उत्पादन के क्षेत्रों में जीवाश्म ईंधनों का स्वच्छ विकल्प बनकर प्रदूषण को कम करेगी। तीसरा, हरित हाइड्रोजन भारत के लिए एक विशाल आर्थिक अवसर भी है। राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन के तहत भारत ने 2030 तक 5 मिलियन टन हरित हाइड्रोजन उत्पादन का लक्ष्य रखा है। इससे देश में अनुसंधान, विनिर्माण, इलेक्ट्रोलाइजर उत्पादन, ऊर्जा भंडारण और परिवहन के क्षेत्रों में लाखों नए रोजगार सृजित होंगे। गुजरात, राजस्थान, तमिलनाडु और लद्दाख जैसे राज्य इस हरित क्रांति के प्रमुख केंद्र बन रहे हैं, जहाँ विशाल सौर-पवन संयंत्र स्थापित हो रहे हैं। इसके अतिरिक्त, हरित हाइड्रोजन भारत को वैश्विक ऊर्जा निर्यातक देश के रूप में भी स्थापित कर सकती है। यूरोप, जापान और दक्षिण कोरिया जैसे देशों को भविष्य में स्वच्छ ऊर्जा की भारी आवश्यकता होगी, और भारत इस मांग को पूरा करने में अग्रणी भूमिका निभा सकता है। साथ ही यह ग्रामीण और तटीय क्षेत्रों के विकास का भी माध्यम बनेगी क्योंकि अधिकांश नवीकरणीय ऊर्जा संयंत्र इन्हीं क्षेत्रों में स्थापित होंगे। इससे ग्रामीण युवाओं को स्थानीय स्तर पर रोजगार मिलेगा और क्षेत्रीय असमानता घटेगी।

हरित हाइड्रोजन केवल एक ऊर्जा स्रोत नहीं बल्कि एक संपूर्ण आर्थिक अवसर है। इसके माध्यम से भारत में हजारों नए रोजगार उत्पन्न हो सकते हैं, विशेष रूप से ग्रामीण और तटीय क्षेत्रों में, जहाँ नवीकरणीय ऊर्जा संयंत्र स्थापित किए जा रहे हैं। इससे हरित प्रौद्योगिकी, अनुसंधान, इलेक्ट्रोलाइजर निर्माण और ऊर्जा भंडारण के क्षेत्र में नई औद्योगिक क्रांति संभव होगी। यह ग्रामीण अर्थव्यवस्था को भी सशक्त बना सकता है क्योंकि इससे जुड़े कार्यस्थल स्थानीय स्तर पर उपलब्ध होंगे। फिर भी, इस तकनीक के सामने कई चुनौतियाँ हैं। सबसे बड़ी चुनौती है लागत। वर्तमान में हरित हाइड्रोजन की कीमत पारंपरिक हाइड्रोजन की तुलना में दो से तीन गुना अधिक है। इसका कारण है इलेक्ट्रोलाइजर उपकरणों की ऊँची लागत और नवीकरणीय बिजली की सीमित उपलब्धता। परंतु जैसे-जैसे तकनीक में सुधार होगा और नवीकरणीय ऊर्जा का प्रसार बढ़ेगा, इसकी लागत में उल्लेखनीय गिरावट आएगी अंतर्राष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी के अनुसार, 2030 तक हरित हाइड्रोजन की लागत वर्तमान की आधी हो सकती है। दूसरी चुनौती है इसका भंडारण और परिवहन। हाइड्रोजन अत्यंत हल्की गैस है, जिसे उच्च दाब पर संपीड़ित करके या अत्यधिक ठंड में तरल रूप में संग्रहित किया जाता है। यह प्रक्रिया ऊर्जा-सघन और महंगी होती है। वैज्ञानिक अब ऐसे समाधानों पर काम कर रहे हैं जिनसे हाइड्रोजन को अमोनिया या तरल जैविक यौगिकों में परिवर्तित कर सुरक्षित रूप से स्थानांतरित किया जा सके। इससे इसका निर्यात भी आसान होगा। जल की उपलब्धता भी एक महत्वपूर्ण कारक है। हरित हाइड्रोजन उत्पादन के लिए पर्याप्त जल की आवश्यकता होती है, जबकि भारत के कई हिस्सों में पहले से ही जल संकट मौजूद है। इस समस्या के समाधान के लिए समुद्री जल से हाइड्रोजन बनाने की तकनीक विकसित की जा रही है। इसके साथ ही, जल पुनर्चक्रण संयंत्रों को भी इस प्रक्रिया का अभिन्न अंग बनाया जा सकता है ताकि पर्यावरणीय संतुलन बना रहे।

**3. भविष्य की आवश्यकतायें-** विश्व के अनेक देश आज हरित हाइड्रोजन को अपनी ऊर्जा नीति का प्रमुख आधार बना रहे हैं। विकसित राष्ट्रों से लेकर उभरती अर्थव्यवस्थाओं तक, सभी इस स्वच्छ ऊर्जा स्रोत में भविष्य की संभावनाएँ देख रहे हैं। यूरोपीय संघ ने हाइड्रोजन इकोनॉमी रोडमैप के अंतर्गत अरबों यूरो का निवेश आरंभ किया है, जिसके माध्यम से महाद्वीप को जीवाश्म ईंधनों पर निर्भरता से मुक्त करने का लक्ष्य निर्धारित किया गया है। जर्मनी और जापान जैसे तकनीकी रूप से उन्नत देशों ने हाइड्रोजन सोसाइटी की अवधारणा को अपनाते हुए परिवहन, उद्योग और घरेलू ऊर्जा प्रणालियों में हाइड्रोजन-आधारित समाधान लागू करना प्रारंभ कर दिया है। ऑस्ट्रेलिया, सऊदी अरब और संयुक्त अरब अमीरात जैसे ऊर्जा-संपन्न देश हरित अमोनिया के रूप में हाइड्रोजन के उत्पादन और निर्यात की दिशा में तेजी से कार्य कर रहे हैं, ताकि वैश्विक स्तर पर स्वच्छ ईंधन की आपूर्ति श्रृंखला स्थापित की जा सके। भारत ने भी इन देशों के साथ अनेक द्विपक्षीय समझौते किए हैं, जिनके अंतर्गत तकनीकी सहयोग, निवेश और ज्ञान-साझेदारी के प्रावधान शामिल हैं। इस अंतर्राष्ट्रीय सहभागिता से

## वैज्ञानिक ज्ञानवर्धक आलेख

भारत को न केवल आधुनिक इलेक्ट्रोलाइजर तकनीक और भंडारण प्रणालियों तक पहुँच मिलेगी, बल्कि वैश्विक हरित हाइड्रोजन आपूर्ति श्रृंखला में उसकी सक्रिय भागीदारी भी सुनिश्चित होगी। इन वैश्विक प्रयासों से यह स्पष्ट है कि हरित हाइड्रोजन केवल एक राष्ट्रीय पहल नहीं, बल्कि एक अंतर्राष्ट्रीय आंदोलन का रूप ले चुकी है या ऐसा आंदोलन जो आने वाले दशकों में पृथ्वी को ऊर्जा और पर्यावरणीय दृष्टि से आत्मनिर्भर बनाने की दिशा में निर्णायक भूमिका निभाएगा।

हरित हाइड्रोजन न केवल ऊर्जा सुरक्षा की दृष्टि से लाभकारी है, बल्कि यह पर्यावरणीय संतुलन को पुनः स्थापित करने में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है। यदि इसे व्यापक स्तर पर अपनाया गया, तो इससे कार्बन उत्सर्जन में भारी कमी आएगी, वायु गुणवत्ता सुधरेगी और पृथ्वी को ग्लोबल वार्मिंग से राहत मिलेगी। यह ऊर्जा का ऐसा माध्यम है जो विकास, उद्योग और पर्यावरण, तीनों को साथ लेकर चल सकता है। भविष्य की ऊर्जा नीति का आधार हरित हाइड्रोजन होना चाहिए। सरकार को अनुसंधान, निवेश और उत्पादन के क्षेत्र में निजी कंपनियों तथा स्टार्टअप्स को प्रोत्साहन देना चाहिए। विश्वविद्यालयों और वैज्ञानिक संस्थानों को भी इस दिशा में अनुसंधान बढ़ाने की आवश्यकता है। यदि यह सब योजनाबद्ध ढंग से किया गया, तो भारत आने वाले दशकों में न केवल अपनी ऊर्जा आवश्यकताओं को स्वदेशी रूप से पूरा करेगा, बल्कि विश्व को भी हरित ऊर्जा निर्यात कर सकेगा।

हरित हाइड्रोजन के माध्यम से मानव सभ्यता एक नए युग में प्रवेश करने जा रही है, ऐसा युग जहाँ प्रगति और पर्यावरण में कोई विरोध नहीं रहेगा। यह ईंधन केवल मशीनों को नहीं, बल्कि मानवता की आशाओं को भी ऊर्जा प्रदान करेगा। स्वच्छ हवा, निर्मल जल और सतत विकास की दिशा में हरित हाइड्रोजन वह सेतु बन सकता है जो हमें प्रदूषण से मुक्त, आत्मनिर्भर और समृद्ध भविष्य की ओर ले जाएगा। यह केवल तकनीक नहीं, बल्कि पृथ्वी के प्रति मानवता की नई प्रतिज्ञा है, एक हरित, संतुलित और टिकाऊ जीवन की प्रतिज्ञा। हरित हाइड्रोजन आज केवल एक ऊर्जा विकल्प नहीं, बल्कि मानव सभ्यता के सतत और संतुलित भविष्य की सबसे बड़ी आशा बन चुकी है। यह स्वच्छ, अक्षय और पर्यावरण-अनुकूल ऊर्जा का वह माध्यम है जो न केवल जलवायु परिवर्तन की गति को धीमा कर सकता है, बल्कि वैश्विक अर्थव्यवस्था को भी हरित मार्ग पर अग्रसर करने में सक्षम है। इसके माध्यम से हम ऊर्जा सुरक्षा, औद्योगिक प्रगति और पर्यावरणीय संरक्षण, तीनों उद्देश्यों को एक साथ प्राप्त कर सकते हैं। भारत जैसे विकासशील देश के लिए यह तकनीक आत्मनिर्भरता की दिशा में एक निर्णायक कदम है। राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन इस दिशा में एक दूरदर्शी पहल है जो आने वाले समय में भारत को वैश्विक ऊर्जा नेता बना सकती है। यदि अनुसंधान, निवेश और नीति-निर्माण के स्तर पर योजनाबद्ध सहयोग सुनिश्चित किया जाए, तो हरित हाइड्रोजन भारत की ऊर्जा आवश्यकताओं को स्वदेशी रूप से पूरा करने के साथ-साथ विश्व को स्वच्छ ऊर्जा निर्यात करने की क्षमता भी प्रदान करेगी।

**4. निष्कर्ष—** इस प्रकार यह कहा जा सकता है कि हरित हाइड्रोजन एक ऐसी ऊर्जा अवधारणा है जो प्रौद्योगिकी, पर्यावरण और मानवीय मूल्यों को एक सूत्र में बाँधती है। यह न केवल प्रदूषण-मुक्त भविष्य की नींव रखती है, बल्कि पृथ्वी के प्रति हमारी जिम्मेदारी का प्रतीक भी है। अब आवश्यकता है सामूहिक संकल्प, वैज्ञानिक नवाचार और वैश्विक सहयोग की, ताकि यह स्वच्छ ऊर्जा क्रांति केवल प्रयोगशालाओं तक सीमित न रहे, बल्कि जीवन के प्रत्येक क्षेत्र में व्यावहारिक रूप से लागू हो सके। वास्तव में, हरित हाइड्रोजन वह सेतु है जो हमें विकास और प्रकृति के मध्य संतुलन स्थापित करने में सहायता करेगा। यह ईंधन नहीं, बल्कि भविष्य की दिशा है, एक ऐसा भविष्य जहाँ प्रगति और पर्यावरण एक-दूसरे के पूरक बनेंगे। इसीलिए हरित हाइड्रोजन को सही अर्थों में पृथ्वी के संतुलित भविष्य की कुंजी कहा जा सकता है या एक ऐसी कुंजी जो हमें स्वच्छ वायु, निर्मल जल और सतत जीवन की ओर ले जाती है।

## References

1. <https://mnre.gov.in/en/national-green-hydrogen-mission/>
2. <https://www.iberdrola.com/sustainability/green-hydrogen>