

भारत में हरित नवाचार – वर्तमान रुझान और वि-कार्बनीकरण मार्ग

भागवती¹, संदीप कुमार दर्जी²

¹सहायक आचार्य भूगोल, ²सहायक आचार्य व्यावसायिक प्रशासन
राजकीय महाविद्यालय बीबीरानी खैरथल - तिजारा

शोध सार:

यह शोध पत्र भारत में हरित नवाचार (Green Innovation - GI) के वर्तमान रुझानों और रणनीतिक विकास का विश्लेषण करता है, जो देश के शुद्ध-शून्य 2070 के लक्ष्य को प्राप्त करने की प्रतिबद्धता और तीव्र, सतत आर्थिक विकास की उसकी समानांतर खोज के संदर्भ में है। भारत की अनूठी विकासात्मक चुनौतियों के लिए स्वच्छ प्रौद्योगिकी की ओर एक लक्षित बदलाव की आवश्यकता है, जिससे GI जलवायु शमन और ऊर्जा सुरक्षा दोनों के लिए एक महत्वपूर्ण उपकरण बन जाता है। अध्ययन तीन मुख्य, गतिशील और तेजी से विकसित हो रहे GI क्षेत्रों की पहचान करता है, जो वि-कार्बनीकरण के मार्ग को प्रशस्त कर रहे हैं: अक्षय ऊर्जा और उन्नत ग्रिड समाधान: सौर पीवी और पवन ऊर्जा की बड़े पैमाने पर तैनाती, बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणालियों (BESS) का प्रभावी एकीकरण, तथा कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) और IoT का उपयोग करके ग्रिड स्थिरता, ऊर्जा दक्षता, और मांग-पूर्वानुमान में सुधाराउद्योगों का लक्षित वि-कार्बनीकरण: राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन का कार्यान्वयन, जिसके तहत इलेक्ट्रोलाइजर के घरेलू उत्पादन को बढ़ावा दिया जा रहा है और इस्पात, सीमेंट और उर्वरक जैसे कठिन-से-अपमानित (hard-to-abate) क्षेत्रों को जीवाश्म-मुक्त करने का लक्ष्य रखा गया है। सतत गतिशीलता: इलेक्ट्रिक मोबिलिटी (EVs) में अभूतपूर्व वृद्धि, जो FAME जैसी सरकारी नीतियों, उन्नत चार्जिंग बुनियादी ढांचे, और बैटरी प्रौद्योगिकी में नवाचार द्वारा संचालित है। यह शोध पत्र निष्कर्ष निकालता है कि हरित नवाचार में वर्तमान रुझान भारत को एक वैश्विक "स्वच्छ प्रौद्योगिकी और नवाचार केंद्र" के रूप में स्थापित करने की क्षमता रखते हैं। हालांकि, इस सफलता को बनाए रखने के लिए वित्तीय बाजार की सीमाओं को दूर करना और सार्वजनिक-निजी जोखिम-साझेदारी तंत्रों के माध्यम से अनुसंधान और विकास (R&D) पारिस्थितिकी तंत्र को मजबूत करना तथा लक्ष्य-केंद्रित कौशल विकास कार्यक्रमों को बढ़ावा देना आवश्यक होगा।
मुख्य शब्द: हरित नवाचार, प्रौद्योगिकी, अक्षय ऊर्जा, ऊर्जा दक्षता, इलेक्ट्रिक मोबिलिटी

1. प्रस्तावना (Introduction)

भारत 21 वीं सदी में जलवायु परिवर्तन और ऊर्जा सुरक्षा की दोहरी चुनौती का सामना कर रहा है। तेजी से बढ़ते शहरीकरण, औद्योगीकरण और बढ़ती ऊर्जा मांग के संक्रमण अनिवार्य हो गया। भारत में ग्लासगो Cop 26 सम्मेलन 2070 नेट जीरो उत्सर्जन का लक्ष्य घोषित किया। जिसके लिए पारंपरिक ऊर्जा ढांचे में बड़े पैमाने पर परिवर्तन आवश्यक है। हरित नवाचार इस परिवर्तन की आधारशिला है क्योंकि यह निम्न कार्बन प्रौद्योगिकी, स्मार्ट ऊर्जा समाधान और सतत ऊर्जा विकास को संभव बनाता है।

2. साहित्यिक समीक्षा (Literature Review)

हरित नवाचार और वि-कार्बनीकरण से संबंधित साहित्य वैश्विक तथा राष्ट्रीय स्तर पर तीव्र गति से विकसित हुआ है। विभिन्न अध्ययनों में यह स्वीकार किया गया है कि हरित नवाचार जलवायु परिवर्तन शमन, ऊर्जा सुरक्षा और सतत आर्थिक विकास का एक प्रमुख साधन है।

IPCC (2021) की छठी आकलन रिपोर्ट में यह स्पष्ट किया गया है कि वैश्विक तापमान वृद्धि को 1.5°C तक सीमित करने के लिए ऊर्जा, उद्योग और परिवहन क्षेत्रों में तीव्र विकारबनीकरण आवश्यक है। रिपोर्ट में अक्षय ऊर्जा, ऊर्जा दक्षता और स्वच्छ प्रौद्योगिकी नवाचार को अनिवार्य समाधान के रूप में प्रस्तुत किया गया है।

नीति आयोग (2022) ने भारत में इलेक्ट्रिक मोबिलिटी पर अपने अध्ययन में यह दर्शाया कि EVs न केवल परिवहन क्षेत्र के उत्सर्जन को कम कर सकते हैं, बल्कि आयातित जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता भी घटाते हैं। अध्ययन में चार्जिंग अवसंरचना और बैटरी तकनीक को EV संक्रमण की प्रमुख चुनौती बताया गया है।

भारत सरकार के Economic Survey (2022–23) में हरित विकास को “Growth with Sustainability” के रूप में परिभाषित किया गया है। सर्वेक्षण के अनुसार अक्षय ऊर्जा क्षमता में वृद्धि, हरित हाइड्रोजन और ऊर्जा भंडारण प्रणाली भारत के विकारबनीकरण लक्ष्यों की रीढ़ हैं।

MNRE (2023) द्वारा प्रकाशित National Green Hydrogen Mission दस्तावेज़ में यह रेखांकित किया गया है कि हरित हाइड्रोजन इस्पात, सीमेंट और उर्वरक जैसे कठिन-से-अपमानित (hard-to-abate) क्षेत्रों के लिए एक व्यावहारिक समाधान है। हालांकि, इसकी लागत और तकनीकी परिपक्वता अभी विकासशील अवस्था में है।

कई अंतरराष्ट्रीय अध्ययनों में यह भी पाया गया है कि AI, IoT और डिजिटल ग्रिड समाधान ऊर्जा दक्षता को बढ़ाने में सहायक हैं, लेकिन विकासशील देशों में इनके सामाजिक-आर्थिक प्रभावों पर सीमित अध्ययन उपलब्ध हैं।

इस प्रकार उपलब्ध साहित्य यह स्पष्ट करता है कि हरित नवाचार भारत के सतत विकास पथ में एक केंद्रीय भूमिका निभा रहा है, किंतु इसके क्रियान्वयन से जुड़ी चुनौतियों पर और गहन अध्ययन की आवश्यकता है।

3. शोध अंतराल (Research gap)

उपलब्ध साहित्य के विश्लेषण से निम्नलिखित प्रमुख शोध अंतराल सामने आते हैं:

अधिकांश अध्ययन या तो नीति-आधारित हैं या प्रौद्योगिकी-केंद्रित, जबकि भारत के संदर्भ में हरित नवाचार के समग्र (integrated) प्रभाव—ऊर्जा, उद्योग और परिवहन को एक साथ जोड़कर—पर सीमित शोध उपलब्ध है।

हरित हाइड्रोजन, बैटरी भंडारण और CCUS जैसी उभरती प्रौद्योगिकियों पर सैद्धांतिक चर्चा तो है, किंतु इनके व्यावहारिक कार्यान्वयन और क्षेत्रीय असमानताओं पर पर्याप्त अध्ययन नहीं किया गया है।

साहित्य में ग्रामीण और अर्ध-शहरी भारत में हरित नवाचार के सामाजिक-आर्थिक प्रभावों (रोजगार, आजीविका, ऊर्जा पहुँच) पर अपेक्षाकृत कम ध्यान दिया गया है।

अधिकांश वैश्विक अध्ययन विकसित देशों पर केंद्रित हैं, जबकि भारत जैसे विकासशील देश के लिए कम-लागत, समावेशी और स्थानीय नवाचार मॉडल पर शोध की कमी है।

कौशल विकास, मानव संसाधन और हरित रोजगार (Green Jobs) को विकारबनीकरण से जोड़कर देखने वाले अध्ययनों की संख्या सीमित है।

4. हरित नवाचार: अवधारणा और महत्व

हरित नवाचार ऐसी तकनीकी प्रबंधकीय और संग्रणात्मक समाधानों को कहा जाता है जो उत्सर्जन घटाएं, ऊर्जा दक्षता बढ़ाएं, संसाधनों का संरक्षण करें और समग्र सतत विकास को प्रोत्साहित करें।

भारत के संदर्भ में इसका निम्न महत्व है-

1. ऊर्जा आयात पर निर्भरता में कमी
2. रोजगार सृजन विशेष का स्किल्ड सेक्टर में
3. वैश्विक स्वच्छ प्रौद्योगिकी की आपूर्ति श्रृंखला में भागीदारी
4. औद्योगिक प्रतिस्पर्धा में वृद्धि

5. भारत में हरित नवाचार के वर्तमान रुझान

5.1 अक्षय ऊर्जा और स्मार्ट ऊर्जा प्रणाली

1 भारत दुनिया का तीसरा सबसे बड़ा अक्षय ऊर्जा बाजार है।

मुख्य रुझान:-

(a) सौर व पवन ऊर्जा का विस्तार

- बड़े पैमाने पर सौर पार्क (भड़ला सोलर ऊर्जा पार्क जोधपुर)
- रूफटॉप सौर ऊर्जा का तेजी से अपनाना
- अपतटीय पवन ऊर्जा की दिशा में प्रारंभिक प्रयास

(b) बैटरी ऊर्जा भंडारण प्रणाली (BESS)

- ग्रिड संतुलन हेतु 4 - 8 घंटे की बैटरी बैकअप तकनीक
- ऊर्जा भंडारण नीति का निर्माण (Energy Storage policy)

(C) AI, IOT और स्मार्ट ग्रिड तकनीक

- स्मार्ट मीटरिंग
- डिमांड फोरकास्टिंग
- स्मार्ट लोड मैनेजमेंट और ऊर्जा दक्षता

5.2 उद्योगों का वि- कार्बनिकरण

भारत में कुल उत्सर्जन का बड़ा हिस्सा इस्पात, सीमेंट और उर्वरक जैसे Hard-to-abate क्षेत्र से आता है।

(a) राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन

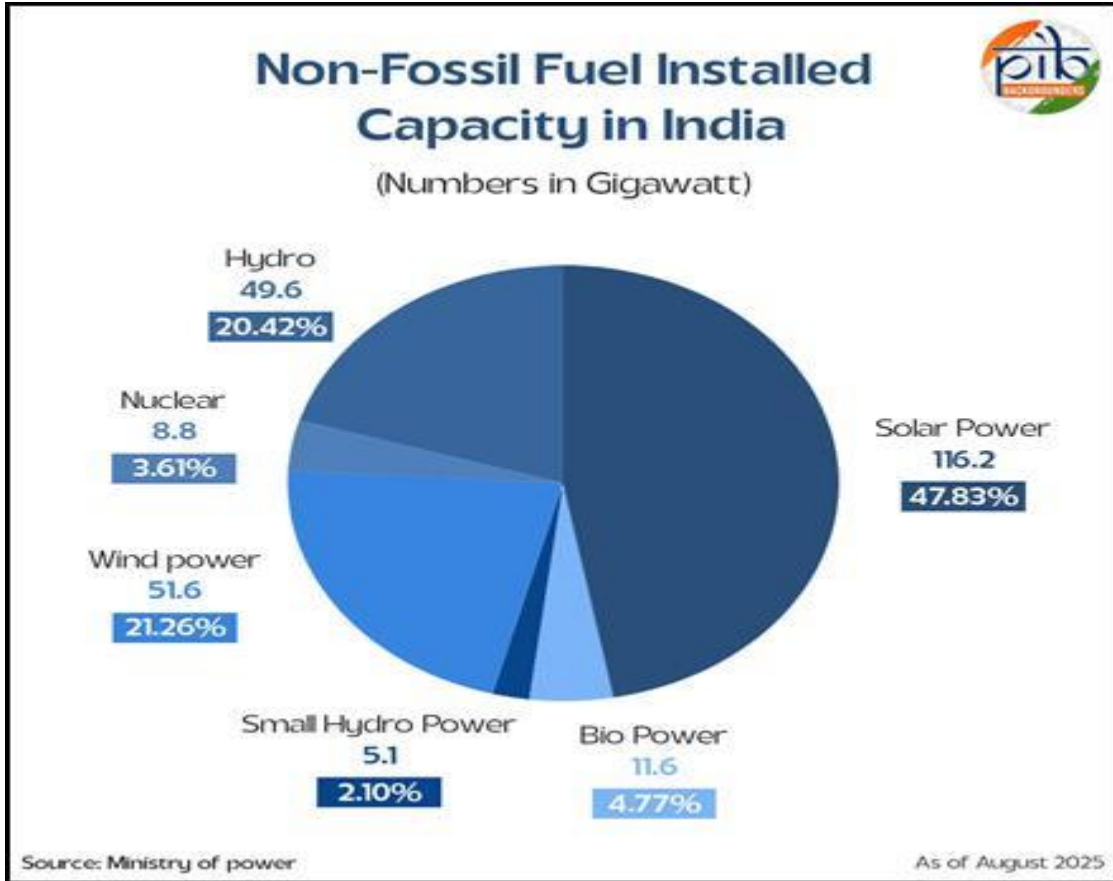
- 2030 तक भारत को वैश्विक ग्रीन हाइड्रोजन केंद्र बनाना
- कम लागत इलेक्ट्रोलाइजर के स्वदेशी उत्पादन पर जोर
- इस्पात उत्पादन में डायरेक्ट रिड्यूस्ड आयरन (DRI) का ग्रीन शिफ्ट
- ऊर्जा दक्षता मानक
- PAT (perform Achieve trade) योजना
- कार्बन क्रेडिट आधारित प्रोत्साह

(C) CCUS तकनीक का प्रयोग, कार्बन कैप्चर उपयोग व भंडारण करना

- प्रधानमंत्री सूर्य घर योजना
- 2030 तक का 500 गीगावॉट अक्षय ऊर्जा का लक्ष्य

5.3 सतत गतिशीलता :इलेक्ट्रिक मोबिलिटी का उदय

(a) EV अपनाने में तेजी



- दो पहिया और तिपहिया EV's में सबसे अधिक प्रति
- FAME-2 योजना के तहत सब्सिडी
- (b) चार्जिंग अवसंरचना
- हाईवे फास्ट चार्जर
- बैटरी स्वेपिंग मॉडल
- स्मार्ट चार्जिंग आधारित AI समाधान

(C) बैटरी नवाचार

- LPF, NMC और उभरती हुई सॉलिड स्टेट बैटरियां
- लिथियम के विकल्प जैसे सोडियम आयन बैटरी

5.4 कृषि और ग्रामीण क्षेत्र में हरित नवाचार

(a) सौर सिंचाई पंप (PM- KUSUM)

- कृषि क्षेत्र में डीजल निर्भरता कम कर रहे हैं
- (c) जैव ऊर्जा और बायोगैस
- गोबरधन योजना
- बायो -CNG संयंत्र
- (C) जल प्रबंधन
- माइक्रो इरिगेशन
- सेंसर आधारित कृषि

6. वि- कार्बनिकरण के प्रमुख मार्ग

1. ऊर्जा प्रणाली का डी- कार्बनिकरण

- सस्ती और उच्च क्षमता वाले अक्षय ऊर्जा
- कोयला आधारित संयंत्र का चरणबद्ध प्रतिस्थापन

2. परिवहन का विद्युतीकरण

- चार्जिंग नेटवर्क का विस्तार
- सार्वजनिक परिवहन में EV बसें

3. क्लीन हाइड्रोजन इकोसिस्टम

- उद्योगों में ग्रीन हाइड्रोजन की आपूर्ति
- निर्यात के लिए हाइड्रोजन वैल्यू- चेन का निर्माण

4. अवसंरचना और भवनों की ऊर्जा दक्षता

- ग्रीन बिल्डिंग कोड
- शीतलन दक्षता मिशन

7. चुनौतियां

(a) वित्तीय बधाएं

- बड़े निवेश की आवश्यकता
- ग्रीन फाइनेंस की सीमित उपलब्धता

(b) प्रौद्योगिकी अंतर

- उन्नत बैटरियां और इलेक्ट्रोलाइजर का सीमित घरेलू उत्पादन

(C) कौशल अंतराल

- नए हरित रोजगार हेतु प्रशिक्षित मानव संसाधन की कमी

(d) नीति स्थिरता

- राज्यवार नीति अंतर
- दीर्घकालिक विजन की आवश्यकता

8. निष्कर्ष (Conclusion)

भारत में हरित नवाचार तीव्र गति से आगे बढ़ रहा है और देश को वैश्विक स्वच्छ प्रौद्योगिकी केंद्र बनाने की क्षमता रखता है अक्षय ऊर्जा, इलेक्ट्रिक मोबिलिटी, स्मार्ट ग्रिड और ग्रीन हाइड्रोजन के क्षेत्र में भारत विश्व स्तर पर प्रतिस्पर्धात्मक बढ़त हासिल कर रहा है।

हालांकि सफलता की निरंतरता के लिए –

- वित्तीय ढांचे को मजबूत करना
- अनुसंधान और नवाचार में निवेश बढ़ाना
- कौशल विकास
- और सार्वजनिक निजी साझेदारी को विस्तार देना आवश्यक है

भारत का ग्रीन इकोनॉमी की ओर संक्रमण केवल पर्यावरण की आवश्यकता ही नहीं बल्कि 21वीं सदी के आर्थिक नेतृत्व का अवसर भी है।

संदर्भ सूची (Refrence)

1. Ministry of New and Renewable Energy Ministry of New and Renewable Energy. Annual Report 2023–24. Government of India, 2024. www.mnre.gov.in
2. National Green Hydrogen Mission. Ministry of New and Renewable Energy. National Green Hydrogen Mission: Mission Document. Government of India, 2023. <https://mnre.gov.in/hydrogen>
3. NITI Aayog – Electric Mobility Report NITI Aayog. India's Electric Mobility Transformation: Progress and Roadmap. Government of India, 2022. <https://www.niti.gov.in>
4. IPCC Sixth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. Sixth Assessment Report: Mitigation of Climate Change. IPCC, 2022. <https://www.ipcc.ch/report/ar6>
5. Economic Survey of India. Government of India. Economic Survey 2023–24. Ministry of Finance, 2024. <https://www.indiabudget.gov.in/economicsurvey>
6. Bureau of Energy Efficiency (PAT Scheme). Bureau of Energy Efficiency. PAT Cycle Performance Report. Ministry of Power, Government of India, 2023. <https://beeindia.gov.in>
7. Central Electricity Authority – Generation Capacity Mix. Central Electricity Authority. Optimal Generation Capacity Mix for 2030. Government of India, 2023. <https://cea.nic.in> अंतर्राष्ट्रीय संगठनों की रिपोर्ट (International Organization Reports)
8. International Energy Agency (IEA). (2021). *India Energy Outlook 2021*. Paris: IEA Publications.
9. IRENA. (2022). *Renewable Energy Statistics 2022: India Country Profile*. Abu Dhabi.
10. World Bank. (2023). *Climate and Development Report: India's Path to Net Zero*.
11. IMF. (2022). *India's Energy Transition: Challenges and Opportunities for Green Growth*.
12. IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. (Relevance to India's Decarbonization Pathways). शोध पत्र और जर्नल्स (Research Papers & Journals)
13. Garg, A., & Shukla, P. R. (2022). *Deep Decarbonization Pathways for India: Insights from Integrated Assessment Models*. Journal of Cleaner Production.
14. Kumar, A., & Singh, S. (2021). "Green Innovation in India: A Study of Clean-tech Startups." *International Journal of Environmental Studies*.
15. Sethi, M., & Mittal, S. (2023). "Transitioning to a Circular Economy: Case Studies from Indian Urban Sectors." *Sustainable Cities and Society*.
16. Reddy, B. S. (2022). "Technological Innovation and Energy Efficiency in Indian Manufacturing." *Energy Policy*.



17. Das, N., & Roy, J. (2021). "Decarbonizing India's Steel Sector: Innovation and Policy Interventions." *Resources, Conservation and Recycling*. पुस्तकें और अकादमिक लेख (Books & Academic Articles)
18. Saran, S. (2023). *How India Sees the World: Climate Change and the New Global Order*. Juggernaut Books.
19. Ramesh, J. (2021). *Green Signals: Ecology, Growth, and Democracy in India*. Oxford University Press.
20. Dubash, N. K. (Ed.). (2019). *India in a Warming World: Integrating Climate Change and Development*. Oxford University Press.
21. Khare, A., & Beckman, T. (2022). *Green Innovators: Success Stories from Emerging Markets (India Chapter)*. Springer. संस्थागत लेख और श्वेत पत्र (Institutional Whitepapers)
22. TERI (The Energy and Resources Institute). (2023). *Roadmap for India's Decarbonization by 2047*.
23. Council on Energy, Environment and Water (CEEW). (2021). *Jobs, Growth and Sustainability: A New Social Contract for India's Energy Transition*.
24. Observer Research Foundation (ORF). (2022). *Green Finance in India: Current Landscape and Way Forward*.
25. FICCI. (2023). *Greening the Supply Chain: Trends in Indian Corporate Sector*.
26. CII (Confederation of Indian Industry). (2022). *Role of Digital Technology in Decarbonizing Indian Industry*.