

## पेरोवस्काइट सौर सेल और भारत का सौर ऊर्जा विकास

### प्रलिस के लिये:

[सौर ऊर्जा, रूफटॉप सोलर प्रोग्राम, पीएम सूर्य घर मुफ्त बजिली योजना, उत्पादन-संबद्ध प्रोत्साहन योजना, अंतरराष्ट्रीय सौर गठबंधन](#)

### मेन्स के लिये:

भारत में सौर ऊर्जा अंगीकरण की चुनौतियाँ, नवीकरणीय ऊर्जा को बढ़ावा देने में सरकारी पहल

[स्रोत: TH](#)

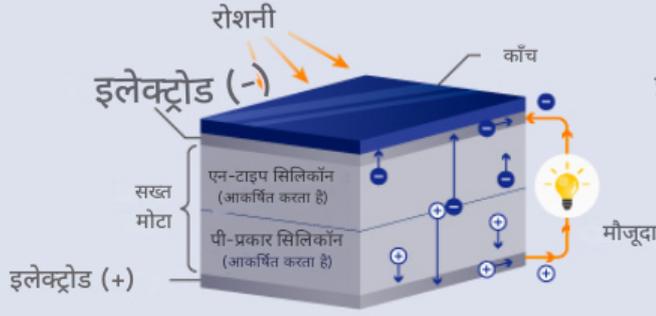
### चर्चा में क्यों?

नेचर पत्रिका में प्रकाशित एक अध्ययन में पेरोवस्काइट सौर सेल (PSC) के पुनर्र्चरण के लिये एक संधारणीय, जल-आधारित वधि का उल्लेख किया गया है, जो सौर ऊर्जा दक्षता को बढ़ाता है और भारत के हरति ऊर्जा के लिये प्रयास को समर्थन प्रदान कर सकता है।

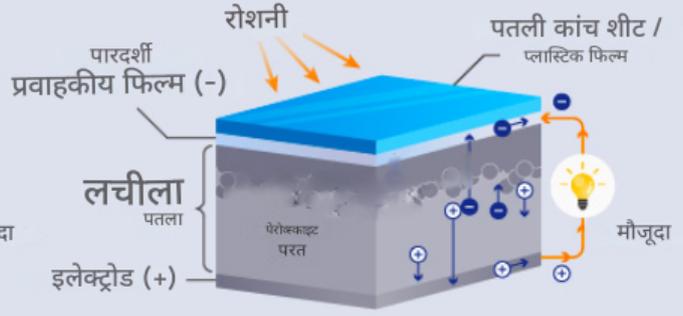
### पेरोवस्काइट सौर सेल क्या हैं?

- **PSC के संदर्भ में:** PSC एक प्रकार की पतली फलिम वाला सौर सेल है, जो सूर्य के प्रकाश को अवशोषित करने और प्रकाशवदियुत प्रभाव के माध्यम से बजिली उत्पन्न करने के लिये प्रकाश-अवशोषित सक्रिय परत के रूप में **पेरोवस्काइट पदार्थ का उपयोग** किया जाता है, जिससे **उच्च दक्षता प्राप्त होती और उत्पादन लागत भी कम होती है।**
- **पेरोवस्काइट सामग्री:** यह कसिी भी ऐसे यौगिक को संदर्भित करता है जो खनजि **पेरोवस्काइट (CaTiO<sub>3</sub>)** के समान क्रसिटल संरचना साझा करता है।
  - सौर प्रौद्योगिकी में, यह सामान्यतः धातु-हैलाइड पेरोवस्काइट्स का द्योतक है, जो एक धातु धनायन (जैसे **सीसा**), एक हैलाइड ऋणायन (जैसे **आयोडाइड**) और एक कार्बनिक अणु (जैसे **मथिाइलमोनियम**) से बने संकर कार्बनिक-अकार्बनिक पदार्थ हैं।
  - ये सामग्रियाँ अपने उत्कृष्ट प्रकाश अवशोषण, आवेश अभगमन गुणधर्मों और ट्यूनेबलिलिटी के लिये जानी जाती हैं, जो उन्हें फोटोवोल्टिक और ऑप्टोइलेक्ट्रॉनिक अनुप्रयोगों के लिये आदर्श बनाती हैं।
- **मुख्य चतिएँ:** PSC में वषिकृत सीसा होता है, जो पुनर्र्चरण के दौरान गंभीर पर्यावरणीय जोखमि उत्पन्न करता है।
  - परंपरागत रूप से, इन सेल के पुनर्र्चरण में **?** जैसे हानकारक कार्बनिक वलियायकों का उपयोग होता था, जिससे यह प्रक्रिया और भी अधिक संकटजनक हो जाती थी।
- **पेरोवस्काइट कोशिकाओं का हरति पुनर्र्चरण (नेचर सटडी):** इस अध्ययन में PSC को पुनर्र्चरति करने हेतु जल-आधारित वधि प्रस्तुत की गई, जिससे डाइमथिाइलफॉर्मामाइड जैसे वषिले वलियायकों की आवश्यकता समाप्त हो गई।
  - इस प्रक्रिया में सीसा को सुरक्षित रूप से निकालने के लिये सोडियम एसिटेट का उपयोग किया जाता है, जबकि सोडियम आयोडाइड और हाइपोफॉस्फोरस एसडि पेरोवस्काइट क्रसिटल को पुनर्योजति करने में मदद करते हैं।
    - अन्य परतों को इथेनॉल और एथलि एसिटेट का उपयोग करके पुनः प्राप्त किया जाता है।
  - यह वधि के प्रयोग से 99% सामग्री पुनः प्राप्त कर ली जाती है तथा पाँच चक्रों तक इसकी दक्षता बनी रही है, जिससे **सर्कुलर इकोनॉमी** को बढ़ावा मलिता है तथा पर्यावरणीय प्रभाव कम होता है।

## सिलिकॉन आधारित सौर सेल



## पेरोव्काइट सौर सेल



20% या अधिक	रूपांतरण दक्षता	20% या अधिक
अनम्य	FLEXIBILITY	उच्च
भारी	वज़न	रोशनी
उच्च	लागत	सस्ता
उच्च	सहनशीलता	कम

## भारत की वर्तमान सौर क्षमता कतिनी है?

- **सौर क्षमता:** अप्रैल 2025 तक कुल संस्थापित सौर क्षमता **105.65 गीगावाट** है।
  - इसमें थल आधारित संस्थापनाओं से **81.01 गीगावाट**, रूफटॉप सोलर से **17.02 गीगावाट**, हाइड्रडि परियोजनाओं के सौर घटकों से **2.87 गीगावाट** तथा ऑफ-ग्रिड प्रणालियों से **4.74 गीगावाट** शामिल है।
  - भारत की कुल संस्थापित नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता में सौर ऊर्जा का योगदान **47%** है, जिससे देश में नवीकरणीय ऊर्जा विकास को बढ़ावा मिला रहा है।
  - भारत की सौर मॉड्यूल उत्पादन क्षमता वर्ष **2014** में **2 गीगावाट** थी जो वर्ष **2024** में बढ़कर **60 गीगावाट** हो गई है, जिससे देश संबद्ध क्षेत्र में एक अग्रणी देश बन गया है। इसका लक्ष्य वर्ष **2030** तक **100 गीगावाट** का लक्ष्य प्राप्त करना है।
- **भारत की प्रमुख सौर पहल:** **रूफटॉप सौर कार्यक्रम** को **SUPRABHA** (भारत में RTS त्वरण के लिये सतत भागीदारी) और **SRISTI** (भारत के सौर परिवर्तन के लिये सतत रूफटॉप कार्यान्वयन) जैसी पहलों द्वारा समर्थित किया गया है, जिसका उद्देश्य RTS अपनाने में तेज़ी लाना है। वर्ष 2024 में 4.59 गीगावाट की नई संस्थापनाओं के साथ इसमें 53% की वृद्धि दर्ज की गई।
  - विश्व की सबसे बड़ी घरेलू रूफटॉप सौर पहल, **प्रधानमंत्री सूर्य घर मुफ्त बजिली योजना (PMSGMBY)** के तहत वर्ष **2025** तक **10 लाख** आवासों पर सौर पैनल संस्थापित किये गए।
    - इस योजना के तहत छतों पर सहायिकी प्राप्त सौर पैनल संस्थापित कर आवासों को निःशुल्क बजिली उपलब्ध कराई जाती है।
    - **PMSGMBY** के अंतर्गत **"आदर्श सौर ग्राम"** पहल का उद्देश्य प्रति ज़िले एक सौर ऊर्जा संचालित ग्राम की स्थापना करना है, जिससे ऊर्जा आत्मनिर्भरता को बढ़ावा मिलेगा।
  - **प्रधानमंत्री किसान ऊर्जा सुरक्षा एवं उत्थान महाभियान** के अंतर्गत कृषि में स्वच्छ ऊर्जा को बढ़ावा देने के लिये **सौर पंप और ग्रिड संसकृत संयंत्रों** के लिये सब्सिडी के साथ किसानों को सहायता प्रदान की जाती है। वर्ष 2024 तक, 6.1 लाख पंप स्थापित किये गए, 35 लाख सौर ऊर्जा से संचालित किये गए, जिससे 4 लाख से अधिक किसानों को लाभ हुआ।
- **अग्रणी राज्य:** राजस्थान, गुजरात और तमिलनाडु भारत के कुल उपयोगिता-स्तरीय सौर संस्थापनाओं में 71% का योगदान देकर अग्रणी रहे।

## भारत में सौर उद्योग के सामने प्रमुख चुनौतियाँ क्या हैं?

- **भूमि अधिग्रहण संबंधी विवाद:** उपयोगिता-स्तरीय सौर संयंत्रों को प्रति हेक्टा **~5 एकड़** भूमि की आवश्यकता होती है। ऐसे देश **में जहाँ कृषि मुख्य आधार है**, सौर ऊर्जा के लिये भूमि अधिग्रहण से प्रायः **वसिस्थापन, वरिोध (जैसे, धोलरा पार्क)** और खाद्य सुरक्षा पर समझौता होता है।
  - रूफटॉप सोलर के लिये **छाया-मुक्त स्थान (3 किलोवाट के लिये ~300 वर्ग फुट)** की आवश्यकता होती है, जो कई शहरी घरों या अपार्टमेंट परिसरों में उपलब्ध नहीं है।
  - भूमि अधिग्रहण में देरी और संबंधित कार्यान्वयन बाधाओं के कारण, वर्ष 2030 तक 100 गीगावाट सौर लक्ष्य के तहत वर्ष 2022 तक 40 गीगावाट छत सौर क्षमता का लक्ष्य पूरा नहीं हो सका, जिसके कारण समय सीमा को बढ़ाकर वर्ष 2026 कर दिया गया।
  - जागरूकता की कमी और **लागत, रखरखाव और स्थापना के बारे में गलत धारणाएँ** अपनाने में बाधा डालती हैं।
- **बुनियादी ढाँचे की कमी:** भारत का मौजूदा ग्रिड बुनियादी ढाँचा, जो मुख्य रूप से केंद्रीकृत ताप वदियुत के लिये डिज़ाइन किया गया है, सौर ऊर्जा की अस्थायी और वकेंद्रीकृत प्रकृति को संभालने के लिये अपर्याप्त है।

- यद्यपि टिरांसमशिन और वतिरण घाटे में सुधार हुआ है (वत्तित वर्ष 2016 में 23.7% से वत्तित वर्ष 2023 में 15.37%), फरि भी यह वैश्वकि औसत से अधिक है, जसिसे एकीकरण में बाधा उत्पन्न हो रही है।
- **नविश संबंधी बाधाएँ: 3-5 कलिवोट की छत पर सौर ऊर्जा प्रणाली के लिये 2.2 लाख रुपए से लेकर 3.5 लाख रुपए तक की शुरुआती स्थापना लागत, सरकारी सब्सिडी के बावजूद एक महत्त्वपूर्ण बाधा बनी हुई है।**
  - सौर परियोजनाओं के लिये पर्याप्त पूंजी नविश की आवश्यकता होती है, जो छोटे उद्यमियों के लिये बाधा उत्पन्न करता है।
  - इसके अतिरिक्त, नमिन आय वाले परिवारों से ऋण वतिरण और वसूली में ऋण जोखमि वत्तितपोषकों के लिये चिता का वषिय बना हुआ है।
- **घरेलू वनिरिमाण अंतराल:** भारत मुख्य रूप से चीन से आयातति सौर मॉड्यूल और घटकों पर बहुत अधिक निर्भर है, जसिसे आपूर्ति शृंखला व्यवधानों के प्रत सिंवेदनशीलता बढ़ जाती है।
  - वर्ष 2023-24 में, भारत ने 7 बलियिन अमेरिकी डॉलर मूल्य के सौर उपकरण आयात कयि, जसिमें चीन ने 62.6% की आपूर्ति की।
  - **उत्पादन आधारति प्रोत्साहन (PLI)** योजना जैसी नीतियों के बावजूद, स्वदेशी सौर वनिरिमाण की वृद्धिधीमी है।
- **पर्यावरणीय और सामाजकि प्रभाव:** भादला (राजस्थान) जैसे बड़े सौर पार्क जैववविधिता के लिये खतरा है, जबकि भारत में वर्ष 2030 तक 34,600 टन सौर अपशषिट उत्पन्न होने की संभावना है। पुनर्रचकरण नीतियों की कमी पर्यावरणीय चुनौतियों को और बढ़ा देती है।
- **सीमति बैटरी भंडारण क्षमता:** भारत में बैटरी भंडारण प्रौद्योगिकियाँ महँगी और अवकिसति हैं, जसिसे 24x7 सौर उपलब्धता सुनिश्चित करना कठनि हो जाता है।
  - भारत में बैटरी भंडारण क्षमता केवल 20 मेगावाट घंटा है, जबकि वर्ष 2032 तक इसकी अनुमानति आवश्यकता 74 गीगावाट होगी।

## भारत अपनी सौर ऊर्जा वृद्धिको कैसे बनाए रख सकता है और उसमें तेज़ी ला सकता है?

- **भूमि उपयोग का अनुकूलन:** चूँकि बड़े पैमाने पर सौर परियोजनाओं के लिये महत्त्वपूर्ण भूमि की आवश्यकता होती है, इसलिये सौर प्रतषिठानों को **कृषिगतविविधियों (Agrivoltaics)** के साथ एकीकृत करने से भूमि उपयोग का अनुकूलन कयि जा सकता है, जसिसे स्वच्छ ऊर्जा उत्पन्न करते हुए खादय सुरक्षा सुनिश्चित की जा सकती है।
  - जल नकियों पर सौर पैनल लगाने से (जैसा कि केरल में कायमकुलम फ्लोटिंग सौर परियोजना और तेलंगाना में 100 मेगावाट रामागुंडम फ्लोटिंग सौर संयंत्र में देखा गया है) भूमि अधगिरहण की चुनौतियों को कम कयि जा सकता है और जल वाष्पीकरण को कम कयि जा सकता है, जसिसे जल संरक्षण में योगदान मलिया।
- **ग्रडि आधुनिकीकरण और ऊर्जा भंडारण:** **उन्नत रसायन सेल (ACC) बैटरी भंडारण पर राष्ट्रीय कार्यक्रम** के तहत सौर ऊर्जा की अनयिमतिता को दूर करने के लिये स्केलेबल, लागत प्रभावी भंडारण समाधान को बढ़ावा देने की आवश्यकता है।
  - लोड प्रबंधन में सुधार के लिये मांग पूरवानुमान और वास्तविक समय नगरानी के साथ **AI-सक्षम ग्रडि विकास** को एकीकृत करना।
- **डसिकॉम सुधार:** सौर ऊर्जा उत्पादकों को समय पर भुगतान सुनिश्चित करने के लिये **वतिरण कंपनियों (डसिकॉम)** की वत्तित्तीय स्थिति में सुधार आवश्यक है, जसिसे नविशकों का वशिवास बढ़ेगा।
- **सौर अपशषिट के लिये सर्कुलर इकोनॉमी:** भारत को वर्ष 2022 के ई-कचरा प्रबंधन नियमों के अनुरूप एक राष्ट्रीय सौर पैनल रीसाइकलिंग नीति लागू करनी चाहिये।
  - इस नीति से नजिी कषेत्र को सौर अपशषिट के प्रबंधन, पर्यावरणीय खतरों को कम करने तथा सौर पैनल घटकों के लिये सर्कुलर इकोनॉमी को बढ़ावा देने के लिये सतत् तरीके वकिसति करने हेतु प्रोत्साहन मलिया।
- **घरेलू वनिरिमाण को बढ़ावा देना:** यद्यपि PLI योजनाओं ने मॉड्यूल उत्पादन को बढ़ावा दिया है, फरि भी एक लचीली सौर आपूर्ति शृंखला बनाने के लिये पॉलीसिलिकॉन, इन्गॉट्स और वेफर्स जैसे अपस्ट्रीम खंडों पर ध्यान केंद्रति करना महत्त्वपूर्ण है।
- **अंतरराष्ट्रीय सहयोग:** **अंतरराष्ट्रीय सौर गठबंधन (ISA)** जैसे मंचों का लाभ उठाकर प्रौद्योगिकी हस्तांतरण, क्षमता नरिमाण और अंतरराष्ट्रीय वत्तितपोषण तक पहुँच को सुगम बनाया जा सकता है, जसिसे भारत की सौर महत्त्वकांक्षाओं को बढ़ावा मलिया।

## नषिकरष

भारत का सौर ऊर्जा भवषिय एक एकीकृत दृष्टिकोण पर निर्भर करता है जो तकनीकी, आर्थकि, पर्यावरणीय और शासन चुनौतियों से नपिटता है। **सतत् विकास लक्ष्य (SGD) 7** के साथ स्थापति करके, जो सभी के लिये सस्ती, वशि्वसनीय, सतत् और आधुनकि ऊर्जा तक पहुँच सुनिश्चित करने पर केंद्रति है, भारत अपने घरेलू ऊर्जा लक्ष्यों को प्राप्त कर सकता है तथा स्वच्छ ऊर्जा संक्रमण में वैश्वकि नेता बन सकता है, जो इसकी जलवायु प्रतबिद्धताओं और सतत् विकास दृष्टिको दर्शाता है।

?????? ???? ???? ???? ???? :

**प्रश्न:** भारत में सौर ऊर्जा उद्योग के समक्ष आने वाली प्रमुख चुनौतियों पर चर्चा कीजिये तथा उनसे नपिटने के उपाय सुझाएँ।

## UPSC सविलि सेवा परीक्षा, वगित वर्ष के प्रश्न

????????? :

**प्रश्न. नमिनलखिति कथनों पर वचिार कीजिये: (2016)**

1. अंतरराष्ट्रीय सौर गठबंधन को 2015 में संयुक्त राष्ट्र जलवायु परिवर्तन सम्मेलन में लॉन्च कयि गया था।
2. गठबंधन में संयुक्त राष्ट्र के सभी सदस्य देश शामिल हैं।

उपर्युक्त कथनों में से कौन-सा/से सही है/हैं?

- (a) केवल 1
- (b) केवल 2
- (c) 1 और 2 दोनों
- (d) न तो 1 और न ही 2

उत्तर: (a)

?????

प्रश्न. भारत में सौर ऊर्जा की प्रचुर संभावनाएँ हैं, हालाँकि इसके विकास में क्षेत्रीय भिन्नताएँ हैं। वस्तुतः वर्णन कीजिये। (2020)

PDF Reference URL: <https://www.drishtias.com/hindi/printpdf/perovskite-solar-cells-and-india-s-solar-energy-growth>

