

लेख 5 • इकाई V

ऊर्जा और पर्यावरण



सूर्य उपासना से सौर ऊर्जा तक

ऋग्वेद ने सूर्य को "जगत की आत्मा" कहा। आज वही सूर्य भारत के बिजली घरों का सबसे तेज़ी से बढ़ता स्रोत है। उपासना से उपयोग तक की यह यात्रा कैसे हुई, और इसकी चुनौतियाँ क्या हैं?

लेखक: डॉ. प्रशांत शर्मा | शोधार्थी, ऑर्चिड यूनिवर्सिटी, सिक्किम

सारांश

भारतीय परंपरा में सूर्य को जीवन का आधार माना गया; ऋग्वेद उसे चर और अचर जगत की आत्मा कहता है, और कोणार्क तथा मोढेरा जैसे मंदिर उसकी गति के सावधान अवलोकन के स्मारक हैं। प्रकाश को सीधे बिजली में बदलने का विज्ञान उन्नीसवीं और बीसवीं सदी की देन है। भारत ने 2010 के राष्ट्रीय सौर मिशन से जो यात्रा शुरू की, उसमें सौर क्षमता 2014 के लगभग 3 गीगावाट से बढ़कर अक्टूबर 2025 में 129.92 गीगावाट हो गई और देश ने गैर-जीवाश्म क्षमता का 50 प्रतिशत लक्ष्य पाँच वर्ष पहले पा लिया। लेख अंतरराष्ट्रीय सौर गठबंधन, पेरिस समझौते और सतत विकास लक्ष्य 7 के साथ-साथ ज़मीन, भंडारण और कचरे की चुनौतियों पर भी बात करता है।

मुख्य शब्द: सूर्य सूक्त, कोणार्क, मोढेरा, प्रकाश-वोल्टीय सेल, राष्ट्रीय सौर मिशन, अंतरराष्ट्रीय सौर गठबंधन, पेरिस समझौता, SDG 7

सतत विकास लक्ष्य: SDG 7 (सस्ती और स्वच्छ ऊर्जा) • SDG 13 (जलवायु कार्रवाई)

सुबह का पहला अर्घ्य

बिहार और पूर्वी उत्तर प्रदेश में छठ के दिन लाखों लोग नदी-तालाब में कमर तक पानी में खड़े होकर डूबते और उगते सूर्य को अर्घ्य देते हैं। तमिलनाडु में पोंगल, पंजाब में लोहड़ी और पूरे देश में मकर संक्रांति सूर्य की गति से जुड़े पर्व हैं। घरों में हर सुबह ताँबे के लोटे से सूर्य को जल चढ़ाने की परंपरा आज भी जीवित है।

यह उपासना कोई अंधविश्वास नहीं, एक सीधे अनुभव की स्वीकृति है: खेत की फ़सल, बारिश के बादल, ऋतुओं का चक्र और स्वयं जीवन, सब सूर्य पर टिका है। आधुनिक विज्ञान भी यही कहता है। कोयला और तेल करोड़ों वर्ष पहले के पौधों में बंधी सौर ऊर्जा है। हवा सूर्य की गर्मी से चलती है। नदियों में पानी सूर्य के उठाए बादलों से आता है।

ग्रंथों और पत्थरों में सूर्य

ऋग्वेद में सूर्य पर कई सूक्त हैं। पहले मंडल का 50वाँ सूक्त सूर्य के उदय का वर्णन करता है:

उदु त्वं जातवेदसं देवं वहन्ति केतवः।

दृशे विश्वाय सूर्यम्॥

— ऋग्वेद 1.50.1

अर्थात् किरणें उस सर्वज्ञ देव सूर्य को ऊपर उठाए ला रही हैं ताकि समस्त जगत उसे देख सके। और 115वें सूक्त की प्रसिद्ध पंक्ति है:

सूर्य आत्मा जगतस्तस्थुषश्च॥

— ऋग्वेद 1.115.1

अर्थात् सूर्य चलने वाले और स्थिर रहने वाले, दोनों प्रकार के जगत की आत्मा है। गायत्री मंत्र (ऋग्वेद 3.62.10) भी सविता यानी सूर्य के तेज का ही ध्यान है।

यह भावना आगे चलकर वास्तुकला में उतरती। भारत के तीन प्रसिद्ध सूर्य मंदिर तीन अलग दिशाओं में हैं:

भारत के तीन प्रसिद्ध सूर्य मंदिर

 मार्तंड अनंतनाग, कश्मीर 8वीं शताब्दी, ललितादित्य मुक्तापीड ऊँचे पठार पर; अब खंडहर	 मोढेरा मेहसाणा, गुजरात 1026-27, चौलुक्य राजा भीम प्रथम विषुव पर पहली किरण गर्भगृह तक	 कोणार्क पुरी, ओडिशा 13वीं शताब्दी, गंग राजा नरसिंहदेव प्रथम रथ के आकार का; 24 पहिये; यूनेस्को धरोहर (1984)
---	--	--

रेखाचित्र: IKS JOURNAL

चित्र 1: भारत के तीन प्रसिद्ध सूर्य मंदिर।

कोणार्क के पहिये केवल सजावट नहीं हैं। इनकी तीलियों पर पड़ने वाली छाया से दिन का समय पढ़ा जा सकता है। यानी ये मंदिर उपासना के साथ-साथ सूर्य की गति के सावधान **अवलोकन** के भी स्मारक हैं। यही अवलोकन भारतीय पंचांग और खगोल की नींव बना।

घरों की बनावट में भी सूर्य का ध्यान रखा गया। पूर्वमुखी द्वार, बीच का खुला आँगन, जाली और मोटी दीवारें ऐसी युक्तियाँ हैं जिन्हें आज के वास्तुकार 'निष्क्रिय सौर वास्तु' (passive solar design) कहते हैं: बिना बिजली के रोशनी और तापमान का प्रबंध।

सूर्य की घड़ी: संक्रांति से जंतर मंतर तक

सूर्य की उपासना के पीछे सदियों का धैर्यपूर्ण अवलोकन था। भारतीय खगोलविदों ने देखा कि वर्ष में सूर्योदय का स्थान क्षितिज पर उत्तर और दक्षिण की ओर खिसकता रहता है। छह महीने की उत्तर की ओर यात्रा **उत्तरायण** कहलाई और छह महीने की दक्षिण की ओर यात्रा **दक्षिणायन**। सूर्य का एक राशि से दूसरी में प्रवेश **संक्रांति** है, और मकर संक्रांति का पर्व इसी खगोलीय घटना से जुड़ा है। खेती के सारे काम, बुवाई से कटाई तक, इसी सौर चक्र से बँधे थे।

इस अवलोकन की सबसे भव्य अभिव्यक्ति अठारहवीं सदी में मिलती है। जयपुर के राजा सवाई जयसिंह द्वितीय ने दिल्ली, जयपुर, उज्जैन, मथुरा और वाराणसी में पत्थर की विशाल वेधशालाएँ बनवाई, जिन्हें **जंतर मंतर** कहा जाता है। जयपुर का

'सम्राट यंत्र' लगभग 27 मीटर ऊँची धूपघड़ी है। इसकी छाया हर सेकंड में लगभग एक मिलीमीटर खिसकती है, और इससे स्थानीय समय लगभग दो सेकंड की शुद्धता से पढ़ा जा सकता है। जयपुर का जंतर मंतर 2010 में यूनेस्को की विश्व धरोहर सूची में शामिल हुआ।

धूप का पारंपरिक उपयोग

बिजली बनने से बहुत पहले भारतीय घर और गाँव सौर ऊर्जा का सीधा उपयोग करते रहे हैं, और इनमें से कई तरीके आज भी सबसे सस्ते और कारगर हैं।

- **सुखाकर सहेजना।** पापड़, बड़ी, अचार, आम पापड़, लाल मिर्च और अनाज को धूप में सुखाना खाद्य संरक्षण की सबसे पुरानी तकनीक है। नमी हटने से जीवाणु और फफूँद नहीं पनपते।
- **नमक बनाना।** कच्छ के रण और सांभर झील में खारे पानी को धूप में सुखाकर नमक निकाला जाता है। इसमें सूर्य के अलावा कोई ईंधन नहीं लगता।
- **शरीर का स्वास्थ्य।** सुबह की धूप में बैठने की परंपरा का वैज्ञानिक आधार है: त्वचा पर पड़ने वाली सूर्य की पराबैंगनी किरणें शरीर में विटामिन डी बनाती हैं, जो हड्डियों के लिए ज़रूरी है।
- **भवन।** पुराने घरों का आँगन सदियों में धूप समेटता है और गरमी में गरम हवा को ऊपर निकलने देता है।

बिजली से पहले की सौर ऊर्जा



सुखाकर सहेजना

पापड़, बड़ी, अचार, अनाज, लाल मिर्च



नमक बनाना

कच्छ का रण, सांभर झील



विटामिन डी

त्वचा पर धूप से शरीर में बनता है



आँगन और जाली

बिना बिजली के रोशनी और ताप का प्रबंध

रेखाचित्र: IKS JOURNAL

चित्र 2: बिजली से पहले की सौर ऊर्जा: धूप के चार पारंपरिक उपयोग।

स्वतंत्र भारत में सौर तकनीक पर काम भी जल्दी शुरू हुआ। 1950 के दशक में दिल्ली की राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला ने डिब्बानुमा सौर कुकर का नमूना विकसित किया था।

सावधानी: उपासना और तकनीक एक चीज़ नहीं

कभी-कभी यह दावा सुनने को मिलता है कि प्राचीन भारत में सूर्य से बिजली बनाने का ज्ञान था। इसका कोई प्रमाण नहीं है। वैदिक ऋषियों ने सूर्य का महत्त्व पहचाना और उसकी गति को बारीकी से नापा, पर प्रकाश को बिजली में बदलना उन्नीसवीं और बीसवीं सदी के भौतिक विज्ञान की देन है।

इसी तरह 'सूर्य नमस्कार' का आज प्रचलित बारह आसनों वाला रूप बीसवीं सदी के आरंभ में औंध रियासत के राजा भवानराव पंत प्रतिनिधि ने लोकप्रिय किया। सूर्य को नमन की भावना प्राचीन है, पर यह व्यायाम-क्रम अपेक्षाकृत नया है। परंपरा का सही इतिहास जानना उसका सम्मान ही है।

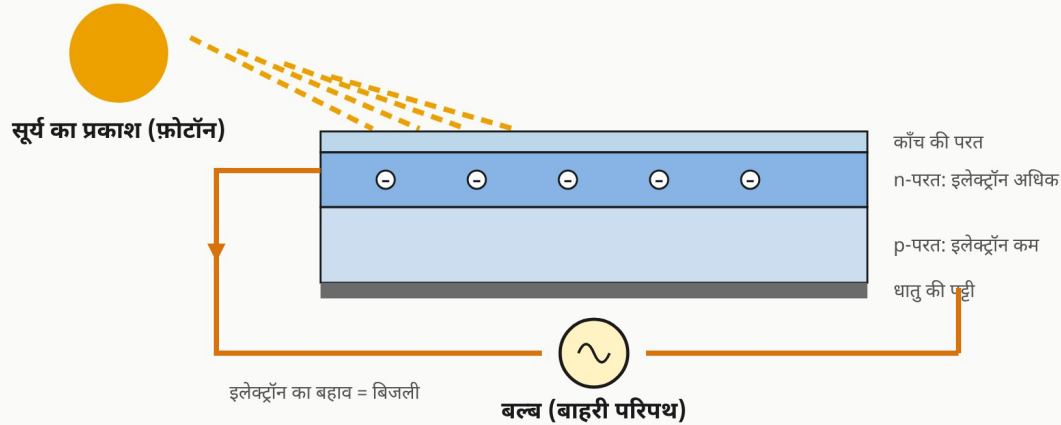
प्रकाश से बिजली: आधुनिक विज्ञान

1839 में फ़्रांस के उन्नीस वर्षीय वैज्ञानिक एडमंड बेकरेल ने देखा कि कुछ पदार्थों पर रोशनी पड़ने से विद्युत धारा पैदा होती है। इसे **प्रकाश-वोल्टीय प्रभाव** (photovoltaic effect) कहा गया। 1905 में आइंस्टाइन ने प्रकाश-विद्युत प्रभाव की व्याख्या की, जिसके लिए उन्हें नोबेल पुरस्कार मिला। 1954 में अमेरिका की बेल प्रयोगशाला ने सिलिकॉन का पहला व्यावहारिक सौर सेल बनाया।

सौर सेल का सिद्धांत सरल है। सिलिकॉन की दो परतें होती हैं, एक में इलेक्ट्रॉन ज़्यादा और दूसरी में कम। सूर्य के प्रकाश का कण (फ़ोटॉन) जब सिलिकॉन से टकराता है तो एक इलेक्ट्रॉन को ढीला कर देता है। दोनों परतों के बीच का विद्युत क्षेत्र उस इलेक्ट्रॉन को एक दिशा में धकेलता है, और यही बहाव बिजली है। इसमें न कुछ जलता है, न धुआँ निकलता है, न कोई पुर्ज़ा घूमता है।

सौर सेल के भीतर

न कुछ जलता है, न कोई पुर्जा घूमता है



रेखाचित्र: IKS JOURNAL (सरलीकृत)

चित्र 3: सौर सेल कैसे काम करता है। प्रकाश का कण सिलिकॉन में इलेक्ट्रॉन को मुक्त करता है और दो परतों के बीच का विद्युत क्षेत्र उसे एक दिशा में बहाता है।

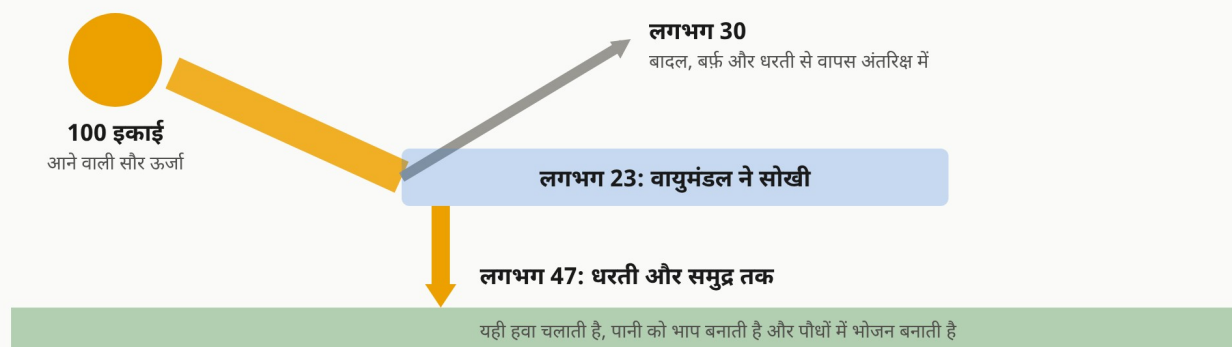
सूर्य की ऊर्जा का गणित

सूर्य के केंद्र में हाइड्रोजन के नाभिक जुड़कर हीलियम बनाते हैं। इस प्रक्रिया को नाभिकीय संलयन कहते हैं, और इसमें थोड़ा-सा द्रव्यमान ऊर्जा में बदल जाता है। यही ऊर्जा प्रकाश के रूप में चलकर लगभग सवा आठ मिनट में पृथ्वी तक पहुँचती है।

पृथ्वी के वायुमंडल के ऊपर सूर्य की ओर सीधे रखे हर वर्ग मीटर पर लगभग 1,361 वॉट ऊर्जा गिरती है; इसे 'सौर स्थिरांक' कहते हैं। इसका लगभग 30 प्रतिशत बादलों, बर्फ और धरती से टकराकर वापस अंतरिक्ष में लौट जाता है। शेष ऊर्जा ही हवाओं को चलाती है, पानी को भाप बनाती है और पौधों में भोजन बनाती है।

सौर ऊर्जा का हिसाब

पृथ्वी के वायुमंडल के ऊपर पहुँचने वाली हर 100 इकाई ऊर्जा का बँटवारा



आधार: NASA का पृथ्वी ऊर्जा-बजट (पूर्णांकित)

चित्र 4: पृथ्वी तक पहुँचने वाली सौर ऊर्जा का हिसाब (लगभग)।

आज के सामान्य सिलिकॉन पैनल अपने ऊपर गिरने वाली धूप का लगभग 18 से 22 प्रतिशत हिस्सा बिजली में बदलते हैं।

भारत की धूप में एक किलोवाट का पैनल दिन भर में औसतन लगभग चार यूनिट बिजली देता है।

भारत इस मामले में भाग्यशाली है। देश के अधिकांश हिस्सों में वर्ष के लगभग 300 दिन धूप रहती है और प्रति वर्ग मीटर रोज़ 4 से 7 यूनिट (किलोवाट-घंटा) सौर ऊर्जा धरती पर पहुँचती है। राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान ने देश की सौर क्षमता लगभग 748 गीगावाट आँकी है।

भारत की सौर यात्रा

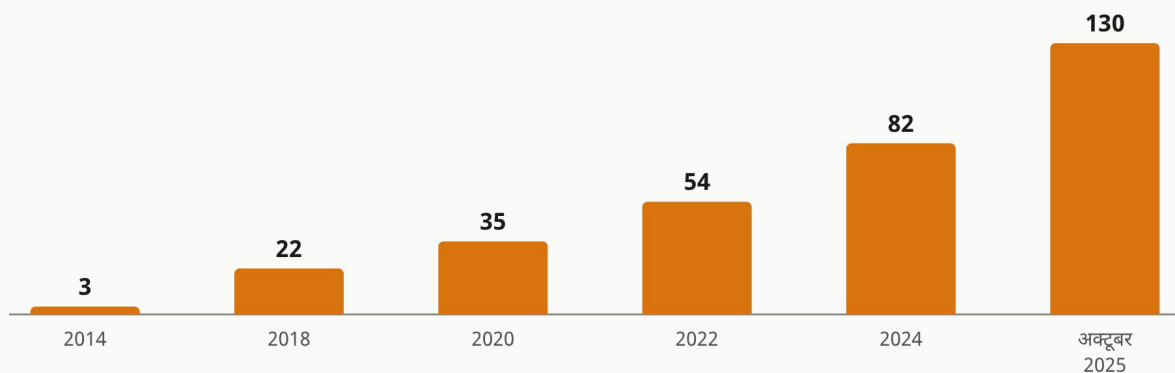
जनवरी 2010 में **जवाहरलाल नेहरू राष्ट्रीय सौर मिशन** शुरू हुआ। तब लक्ष्य था 2022 तक 20 गीगावाट। 2015 में यह लक्ष्य पाँच गुना बढ़ाकर 100 गीगावाट किया गया।

ग्यारह वर्षों में यह **चालीस गुना से अधिक की वृद्धि** है। अंतरराष्ट्रीय नवीकरणीय ऊर्जा एजेंसी (IRENA) के 2025 के आँकड़ों के अनुसार सौर क्षमता में भारत दुनिया में **तीसरे स्थान** पर है।

इससे भी बड़ी उपलब्धि 2025 के मध्य में दर्ज हुई। पेरिस समझौते के अंतर्गत भारत ने वचन दिया था कि 2030 तक उसकी कुल स्थापित बिजली क्षमता का 50 प्रतिशत गैर-जीवाश्म स्रोतों से होगा। यह लक्ष्य **पाँच वर्ष पहले पूरा हो गया**। अक्टूबर 2025 तक लगभग 500 गीगावाट की कुल क्षमता में गैर-जीवाश्म स्रोतों (सौर, पवन, जल, परमाणु और जैव ऊर्जा) का हिस्सा करीब 259 गीगावाट था।

भारत की स्थापित सौर क्षमता

गीगावाट में, पूर्णांकित; 2018 से 2024 के आँकड़े मार्च के अंत के हैं

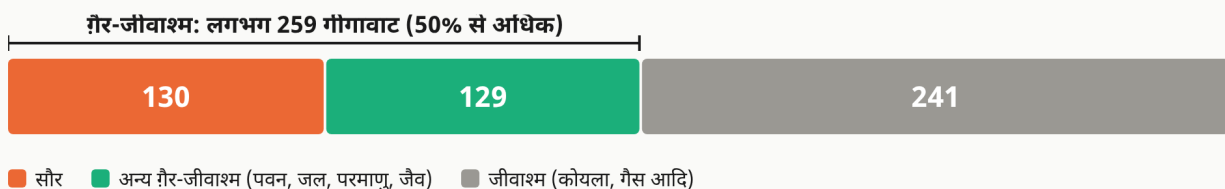


स्रोत: नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE)

चित्र 5: भारत की स्थापित सौर क्षमता की वृद्धि (गीगावाट में, पूर्णांकित)।

भारत की कुल स्थापित बिजली क्षमता, अक्टूबर 2025

लगभग 500 गीगावाट में किसका कितना हिस्सा (गीगावाट, पूर्णांकित)



स्रोत: MNRE / प्रेस सूचना ब्यूरो, दिसंबर 2025। यह स्थापित क्षमता है, वास्तविक उत्पादन नहीं।

चित्र 6: अक्टूबर 2025 में भारत की कुल स्थापित बिजली क्षमता में गैर-जीवाश्म स्रोतों और सौर ऊर्जा का हिस्सा।

यहाँ एक बारीकी समझना ज़रूरी है। **क्षमता और उत्पादन अलग चीज़ें हैं**। सौर संयंत्र रात में और बादल वाले दिन बिजली नहीं बनाते, इसलिए 50 प्रतिशत क्षमता का अर्थ 50 प्रतिशत

बिजली नहीं है। देश में वास्तव में बनने वाली बिजली का बड़ा हिस्सा अब भी कोयले से आता है।

आम घरों तक सौर ऊर्जा पहुँचाने के लिए दो योजनाएँ प्रमुख हैं। फ़रवरी 2024 में शुरू हुई **पीएम सूर्य घर: मुफ्त बिजली**

योजना का लक्ष्य एक करोड़ घरों की छत पर सौर पैनल लगाना है; दिसंबर 2025 तक लगभग 24 लाख घर इससे जुड़ चुके थे।

पीएम-कुसुम योजना किसानों को सौर पंप देती है। गुजरात का मोढेरा, वही गाँव जहाँ हजार वर्ष पुराना सूर्य मंदिर है, अक्टूबर 2022 में देश का पहला ऐसा गाँव घोषित हुआ जो चौबीसों घंटे सौर ऊर्जा से चलता है।

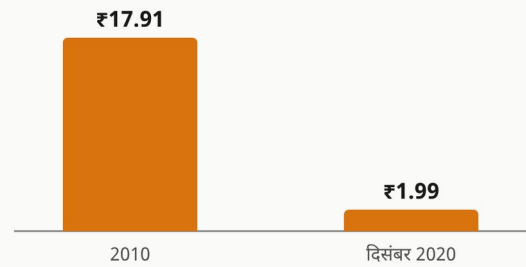
सस्ती होती धूप: क्रीमत की कहानी

सौर ऊर्जा के फैलाव के पीछे सबसे बड़ा कारण नीति से अधिक उसकी गिरती क्रीमत है। 2010 में जब राष्ट्रीय सौर मिशन शुरू हुआ, तब सौर बिजली की निर्धारित दर लगभग 18 रुपये प्रति यूनिट थी, जो कोयले की बिजली से कई गुना महँगी थी। दिसंबर 2020 में गुजरात की एक नीलामी में यह दर गिरकर 1.99 रुपये प्रति यूनिट तक आ गई, जो नए कोयला संयंत्र की बिजली से सस्ती है।

यह गिरावट दुनिया भर में पैनलों के बड़े पैमाने पर निर्माण से आई। अंतरराष्ट्रीय नवीकरणीय ऊर्जा एजेंसी के अनुसार 2010 से 2020 के बीच सौर पैनलों की क्रीमत लगभग 90 प्रतिशत घटी।

सौर बिजली की दर

रुपये प्रति यूनिट

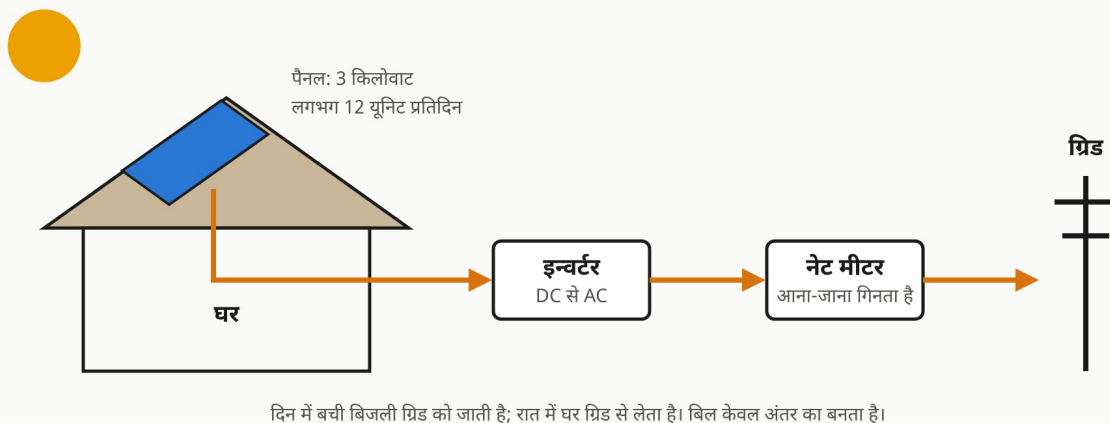


स्रोत: CERC (2010); गुजरात की नीलामी (2020)

चित्र 7: भारत में सौर बिजली की दर, 2010 और 2020।

घर की छत का हिसाब भी समझ लें। तीन किलोवाट का संयंत्र रोज़ औसतन लगभग 12 यूनिट, यानी महीने में लगभग 360 यूनिट बिजली बनाता है। पीएम सूर्य घर योजना में इस आकार के संयंत्र पर 78,000 रुपये तक की सहायता मिलती है। जो बिजली घर में खर्च न हो, वह 'नेट मीटरिंग' के ज़रिए ग्रिड को चली जाती है और बिल में घट जाती है।

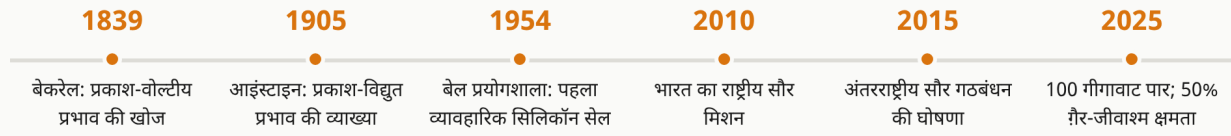
छत पर सौर संयंत्र: बिजली का रास्ता



रेखाचित्र: IKS JOURNAL (सरलीकृत)

चित्र 8: छत पर सौर संयंत्र कैसे काम करता है।

प्रकाश से बिजली तक



चित्र 9: प्रकाश से बिजली तक: विज्ञान और नीति के प्रमुख पड़ाव।

दुनिया के मंच पर: सौर गठबंधन

30 नवंबर 2015 को पेरिस जलवायु सम्मेलन के पहले दिन भारत और फ़्रांस ने मिलकर **अंतरराष्ट्रीय सौर गठबंधन (ISA)** की घोषणा की। इसका विचार सरल था: कर्क और मकर रेखा के बीच के देशों के पास धूप सबसे अधिक है पर पूँजी और तकनीक सबसे कम, इसलिए वे मिलकर काम करें।

इसका मुख्यालय हरियाणा के गुरुग्राम में है। यह भारत में मुख्यालय वाला **पहला संधि-आधारित अंतर-सरकारी संगठन** है। बाद में इसकी सदस्यता संयुक्त राष्ट्र के सभी सदस्य देशों के लिए खोल दी गई। अक्टूबर 2025 में नई दिल्ली में इसकी आठवीं सभा हुई, जिसमें 125 से अधिक सदस्य और हस्ताक्षरकर्ता देशों ने भाग लिया।

भारत ने 2021 में ग्लासगो में पाँच वचन दिए जिन्हें 'पंचामृत' कहा गया। इनमें 2030 तक 500 गीगावाट गैर-जीवाश्म क्षमता और 2070 तक 'नेट जीरो' उत्सर्जन शामिल हैं। ये सभी **SDG 7** (सबके लिए सस्ती, भरोसेमंद और स्वच्छ ऊर्जा) और **SDG 13** (जलवायु कार्रवाई) से सीधे जुड़ते हैं।

खेत, नहर और जलाशय: सौर ऊर्जा की नई दिशाएँ

ज़मीन की कमी सौर ऊर्जा की सबसे बड़ी सीमा है। इसके उत्तर में भारत में कई नए प्रयोग हो रहे हैं, जिनमें पैनल के लिए अलग ज़मीन नहीं लेनी पड़ती।

- **नहर के ऊपर पैनल।** गुजरात ने 2012 में मेहसाणा ज़िले में नर्मदा की एक शाखा नहर को पैनलों से ढकने का प्रयोग

किया। इससे ज़मीन बची, और नहर के पानी का वाष्पीकरण भी घटा।

- **पानी पर तैरते पैनल।** तेलंगाना के रामागुंडम में राष्ट्रीय ताप विद्युत निगम के जलाशय पर 100 मेगावाट का तैरता संयंत्र लगा है। पानी पैनलों को ठंडा रखता है, जिससे उनकी क्षमता थोड़ी बढ़ जाती है।
- **खेत में फ़सल और पैनल साथ-साथ।** ऊँचे खंभों पर लगे पैनलों के नीचे ऐसी फ़सलें उगाई जाती हैं जिन्हें हल्की छाया सुहाती है। इसे 'कृषि-वोल्टीय' खेती कहते हैं। किसान को एक ही खेत से अनाज और बिजली, दोनों की आय मिलती है।
- **सौर पंप।** डीज़ल पंप की जगह सौर पंप किसान का खर्च घटाते हैं। पर यहाँ एक सावधानी ज़रूरी है: जब पानी निकालना लगभग मुफ़्त हो जाए, तो भूजल के अति-दोहन का खतरा बढ़ता है (लेख 4)। इसीलिए पीएम-कुसुम योजना में किसान की बची हुई बिजली ग्रिड को बेचने का प्रावधान है, ताकि पानी बचाना उसके लिए कमाई का साधन बने।
- **हरित हाइड्रोजन।** जनवरी 2023 में शुरू हुए राष्ट्रीय हरित हाइड्रोजन मिशन का लक्ष्य 2030 तक हर वर्ष 50 लाख टन हाइड्रोजन बनाना है। इसमें सौर और पवन बिजली से पानी को तोड़कर हाइड्रोजन निकाली जाती है, जो इस्पात और उर्वरक जैसे उद्योगों में कोयले और गैस की जगह ले सकती है।

भारत के पाँच जलवायु-वचन: कहाँ तक पहुँचे

2021 में ग्लासगो में घोषित 'पंचामृत' और 2022 में संयुक्त राष्ट्र को सौंपे गए भारत के औपचारिक वचनों की स्थिति नीचे की सारणी में है।

वचन	लक्ष्य वर्ष	स्थिति
500 गीगावाट गैर-जीवाश्म क्षमता	2030	अक्टूबर 2025 में लगभग 259 गीगावाट
स्थापित क्षमता का 50% गैर-जीवाश्म स्रोतों से	2030	2025 में पूरा, पाँच वर्ष पहले

वचन	लक्ष्य वर्ष	स्थिति
अर्थव्यवस्था की उत्सर्जन-तीव्रता में 2005 की तुलना में 45% कमी	2030	2020 तक 36% कमी (भारत की संयुक्त राष्ट्र को रिपोर्ट, 2024)
अनुमानित उत्सर्जन में 1 अरब टन की कमी	2030	प्रगति पर
नेट ज़ीरो उत्सर्जन	2070	दीर्घकालिक लक्ष्य

चुनौतियाँ जिन पर बात होनी चाहिए

सौर ऊर्जा स्वच्छ है, पर समस्या-रहित नहीं।

- **ज़मीन।** एक मेगावाट के लिए लगभग चार-पाँच एकड़ ज़मीन चाहिए। बड़े सौर पार्क अक्सर उन चरागाहों और 'बंजर' कही जाने वाली ज़मीनों पर बनते हैं जिन पर पशुपालक और वन्यजीव निर्भर हैं। राजस्थान के ओरणों का विवाद (इसी अंक का लेख 3) इसका उदाहरण है।
- **भंडारण।** सूरज ढलने के बाद की बिजली के लिए बैटरी या पंप-भंडारण चाहिए, जो अभी महँगा है।
- **पैनलों का कचरा।** एक पैनल 25-30 वर्ष चलता है। आज लग रहे करोड़ों पैनल 2050 के आसपास कचरा बनेंगे। 2022 के ई-कचरा नियमों में सौर पैनलों को शामिल किया गया है, पर पुनर्चक्रण का ढाँचा अभी बनना है।
- **आयात पर निर्भरता।** सौर सेल और उनके कच्चे माल के लिए भारत अब भी काफ़ी हद तक आयात पर निर्भर है, हालाँकि घरेलू निर्माण तेज़ी से बढ़ रहा है।

सौर भारत के पाँच ठिकाने

- **भड़ला, राजस्थान।** जोधपुर ज़िले के रेगिस्तान में 2,245 मेगावाट का सौर पार्क, जो दुनिया के सबसे बड़े सौर पार्कों में गिना जाता है।
 - **पावगड़ा, कर्नाटक।** सूखाग्रस्त तुमकुरु ज़िले में लगभग 2,000 मेगावाट का पार्क। यहाँ ज़मीन किसानों से ख़रीदी नहीं गई, किराये पर ली गई है, जिससे उन्हें हर वर्ष निश्चित आय मिलती है।
 - **कोच्चि हवाई अड्डा, केरल।** 2015 में यह पूरी तरह सौर ऊर्जा से चलने वाला दुनिया का पहला हवाई अड्डा बना।
 - **मोदेरा, गुजरात।** सूर्य मंदिर वाला यह गाँव 2022 में चौबीसों घंटे सौर ऊर्जा से चलने वाला देश का पहला गाँव घोषित हुआ; रात की बिजली बैटरी भंडारण से आती है।
 - **दीव।** यह केंद्रशासित क्षेत्र दिन के समय अपनी पूरी बिजली की माँग सौर ऊर्जा से पूरी करने वालों में अग्रणी रहा है।
- इन पाँचों में एक साझी सीख है: सौर ऊर्जा केवल बड़े पार्कों की चीज़ नहीं है। वह गाँव, हवाई अड्डे, खेत और घर की छत, हर पैमाने पर काम करती है।

क्या आप जानते हैं?

- सौर मंडल के कुल द्रव्यमान का लगभग 99.8 प्रतिशत अकेले सूर्य में है।
- सूर्य के केंद्र का तापमान लगभग डेढ़ करोड़ डिग्री सेल्सियस है।
- कोणार्क के सूर्य मंदिर को यूरोपीय नाविक 'ब्लैक पैगोडा' कहते थे और उसे दिशा-चिह्न के रूप में काम में लेते थे।
- अंतरराष्ट्रीय सौर गठबंधन का मुख्यालय गुरुग्राम में राष्ट्रीय सौर ऊर्जा संस्थान के परिसर में है।
- एक यूनिट बिजली का अर्थ है एक किलोवाट-घंटा: एक हज़ार वॉट का उपकरण एक घंटे चले तो एक यूनिट खर्च होती है।

पाठकों के चार प्रश्न

क्या बादल और बारिश में सौर पैनल काम करता है? हाँ, पर कम। पैनल बादलों से छनकर आने वाली बिखरी रोशनी से भी बिजली बनाता है, हालाँकि घने बादल में उत्पादन साफ़ दिन के चौथाई हिस्से या उससे भी कम रह सकता है। इसीलिए मानसून

के महीनों में उत्पादन घटता है और सालाना औसत के आधार पर हिसाब लगाया जाता है। बारिश का एक लाभ भी है: वह पैनल की धूल धो देती है।

पैनल कितने वर्ष चलता है? अधिकांश निर्माता 25 वर्ष की वारंटी देते हैं। पैनल अचानक बंद नहीं होता; उसकी क्षमता हर वर्ष लगभग आधा प्रतिशत घटती जाती है। भारत की धूल भरी

हवा में नियमित सफ़ाई सबसे ज़रूरी रखरखाव है; धूल की परत उत्पादन को काफ़ी घटा देती है।

रात में बिजली कहाँ से आती है? छत के अधिकांश संयंत्र ग्रिड से जुड़े होते हैं। दिन में जो बिजली घर में खर्च नहीं होती, वह ग्रिड में चली जाती है, और रात में घर ग्रिड से बिजली लेता है। मीटर दोनों का हिसाब रखता है और बिल केवल अंतर का बनता है। जहाँ ग्रिड नहीं है, वहाँ बैटरी लगानी पड़ती है, जो खर्च बढ़ाती है।

क्या पैनल बनाने में प्रदूषण नहीं होता? होता है। सिलिकॉन को शुद्ध करने और पैनल बनाने में बहुत ऊर्जा लगती है। पर हिसाब साफ़ है: एक पैनल अपने निर्माण में लगी ऊर्जा सामान्यतः एक से तीन वर्ष में लौटा देता है और उसके बाद बीस से अधिक वर्ष बिजली देता है। जलवायु परिवर्तन पर अंतर-सरकारी पैनल के आकलन के अनुसार पूरे जीवन-चक्र को गिनें तो सौर बिजली की हर यूनिट पर लगभग 40 से 50 ग्राम कार्बन डाइऑक्साइड निकलती है, जबकि कोयले की बिजली पर लगभग 800 ग्राम से अधिक।

कक्षा में चर्चा के लिए

- "क्षमता" और "उत्पादन" का अंतर अपने शब्दों में समझाइए। 50 प्रतिशत गैर-जीवाश्म क्षमता का अर्थ 50 प्रतिशत स्वच्छ बिजली क्यों नहीं है?
- सौर पार्क के लिए 'बंजर' कही जाने वाली ज़मीन लेना ठीक है या नहीं? उस ज़मीन पर कौन निर्भर हो सकता है?
- अपने विद्यालय या घर की छत का क्षेत्रफल नापिए। उस पर कितने किलोवाट का संयंत्र लग सकता है, और वह साल में कितनी बिजली देगा?
- सूर्य की उपासना और सूर्य का उपयोग: क्या दोनों में कोई साझा मूल्य है?

निष्कर्ष

जिस सभ्यता ने सूर्य को जगत की आत्मा कहा, उसके लिए सौर ऊर्जा की ओर मुड़ना एक तरह से घर लौटना है। पर यह वापसी भावना से नहीं, भौतिकी और इंजीनियरी से हो रही है। परंपरा ने हमें सूर्य का महत्व सिखाया; विज्ञान ने उसकी किरण को

बिजली में बदलना सिखाया। अब समझदारी इसमें है कि हम यह काम इस तरह करें कि ज़मीन, जीव-जंतु और समुदायों का भी ध्यान रहे। सूर्य की ऊर्जा सबकी है, यह बात ऋग्वेद का "दृशे विश्वाय" भी कहता है और सौर गठबंधन का 'एक सूर्य, एक विश्व, एक ग्रिड' भी।

मुख्य बातें: याद रखने के लिए

- ऋग्वेद का सूर्य सूक्त (1.115) सूर्य को चर और अचर जगत की आत्मा कहता है।
- अक्टूबर 2025 तक भारत की सौर क्षमता 129.92 गीगावाट पहुँची; 2014 में यह लगभग 3 गीगावाट थी।
- देश की कुल स्थापित बिजली क्षमता में गैर-जीवाश्म स्रोतों का हिस्सा 50% से ऊपर हो गया, लक्ष्य से पाँच वर्ष पहले।
- अंतरराष्ट्रीय सौर गठबंधन भारत में मुख्यालय वाला पहला संधि-आधारित अंतर-सरकारी संगठन है।

अभ्यास प्रश्न

1. "सूर्य आत्मा जगतस्तस्थुषश्च" किस ग्रंथ की पंक्ति है?
(क) ऋग्वेद (ख) अथर्ववेद (ग) सूर्य सिद्धांत (घ) आर्यभटीय
2. प्रकाश-वोल्टीय प्रभाव की खोज 1839 में किसने की?
(क) आइंस्टाइन (ख) एडमंड बेकरेल (ग) फ़ैराडे (घ) एडिसन
3. अंतरराष्ट्रीय सौर गठबंधन का मुख्यालय कहाँ है?
(क) पेरिस (ख) नई दिल्ली (ग) गुरुग्राम (घ) अबू धाबी

4. भारत ने गैर-जीवाश्म स्रोतों से 50% स्थापित क्षमता का लक्ष्य किस वर्ष तक पाने का वचन दिया था?

(क) 2025 (ख) 2030 (ग) 2047 (घ) 2070

5. कोणार्क का सूर्य मंदिर किस राजा ने बनवाया?

(क) भीम प्रथम (ख) ललितादित्य (ग) नरसिंहदेव प्रथम (घ) राजराज चोल

उत्तर: 1 (क) • 2 (ख) • 3 (ग) • 4 (ख) • 5 (ग)

संदर्भ

1. ऋग्वेद, मंडल 1, सूक्त 50 और 115; मंडल 3, सूक्त 62, मंत्र 10।

2. UNESCO World Heritage Centre (1984). Sun Temple, Konârak. विश्व धरोहर सूची, क्रमांक 246।
3. Becquerel, A.E. (1839). Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires. Comptes Rendus 9: 561–567.
4. Chapin, D.M., Fuller, C.S. and Pearson, G.L. (1954). A new silicon p–n junction photocell for converting solar radiation into electrical power. Journal of Applied Physics 25: 676–677.
5. नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, भारत सरकार (2025). India's Solar Momentum. प्रेस सूचना ब्यूरो, दिसंबर 2025।
6. International Renewable Energy Agency (2025). Renewable Energy Statistics 2025. IRENA, Abu Dhabi.
7. International Solar Alliance (2015). Framework Agreement on the Establishment of the International Solar Alliance.
8. United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). Paris Agreement.
9. Government of India (2022). India's Updated First Nationally Determined Contribution under Paris Agreement (2021–2030).
10. International Renewable Energy Agency (2021). Renewable Power Generation Costs in 2020. IRENA, Abu Dhabi.
11. Schlömer, S. et al. (2014). Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change (IPCC AR5 WG III). Cambridge University Press.
12. Government of India (2024). India's Fourth Biennial Update Report to the UNFCCC. पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय।