

## राजस्थान में पवन ऊर्जा : संभावनाएं एवं चुनौतियां

डॉ मधु सिंह

सहायक आचार्या भूगोल विभाग

सम्राट पृथ्वीराज चौहान राजकीय

महाविद्यालय अजमेर (राज.)

महिपाल सिंह कस्वां

शोधार्थी भूगोल विभाग

सम्राट पृथ्वीराज चौहान राजकीय

महाविद्यालय अजमेर (राज.)

**प्रस्तावना : -**

मनुष्य के जीवन को सुविधाजनक बनाने वाले तमाम साधन उद्योगों में उत्पादन के लिए लगी मशीनें कृषि यंत्र यातायात के साधन आदि सभी ऊर्जा से ही संचालित होते हैं जिसके लिए जीवाश्म ईंधन से प्राप्त ऊर्जा या गैर परंपरागत / नवीनीकरण स्रोतों से प्राप्त ऊर्जा का प्रयोग किया जाता है। परंपरागत जीवाश्म ईंधन ऊर्जा के ऐसे गैर नवीकरणीय स्रोत हैं जिनका उपयोग एक ही बार किया जा सकता है साथ ही यह वैश्विक तापन एवं पर्यावरणीय क्षरण के लिए भी जिम्मेदार होते हैं। इसके विपरीत गैर परंपरागत नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग बार-बार किया जा सकता है और यह पर्यावरण के लिए नुकसानदेह भी नहीं होते हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के अंतर्गत सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, जल विद्युत ऊर्जा, बायोमास ऊर्जा आदि सम्मिलित है। हाल के वर्षों में राजस्थान ने अक्षय ऊर्जा की पहुंच में काफी प्रगति की है और पूरे देश के लिए राजस्थान अक्षय ऊर्जा के क्षेत्र में रोल मॉडल की तरह उभरा है। विद्युत ऊर्जा आज की मूलभूत आवश्यकता और विकास का पर्याय है। आर्थिक विकास के लिए ऊर्जा एक महत्वपूर्ण निवेश है। देश में क्षयशील ऊर्जा स्रोतों के सीमित होने के कारण अक्षय ऊर्जा स्रोतों का विकास और ऊर्जा कुशल प्रौद्योगिकी के प्रयोग पर तत्काल ध्यान केन्द्रित करने की आवश्यकता है।

हमारे देश की भौगोलिक संरचना विभिन्न अपारंपरिक ऊर्जा स्रोतों से भरपूर है। नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा विभाग द्वारा ऐसी व्यवहार्य प्रौद्योगिकियों का संवर्धन करना होगा, जिससे देश के दूर-दराज की आबादी तक ऐसे स्रोतों के लाभ पहुंच सकेंगे।

**प्रमुख शब्दावली :** अक्षय ऊर्जा, सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, बायोमास ऊर्जा, ऊर्जा संकट, पवन शक्ति, पवन चक्की, आवृत्ति वितरण, हरित ऊर्जा।



विद्युत ऊर्जा की आपूर्ति में वृद्धि के परिणामस्वरूप कोयला, तेल और गैस जैसे जीवाश्म ईंधनों पर देश की निर्भरता बढ़ी है। तेल व गैस की दिनों-दिन घटती मात्रा और बढ़ती कीमतों के मद्देनजर आर्थिक वृद्धि को बनाए रखने के लिए ऊर्जा आपूर्ति की सुरक्षा को लेकर आशंका बनी रहती है।

जीवाश्म ईंधन के बढ़ते उपयोग के कारण पर्यावरणीय समस्याएं भी स्थानीय तथा वैश्विक दोनों स्तरों पर पैदा हैं। इस पृष्ठभूमि में देश को ऊर्जा विकास के सततमार्ग को तत्काल विकसित करने की जरूरत है। ऊर्जा संरक्षण को बढ़ावा देना तथा अक्षय ऊर्जा स्रोतों के उपयोग में वृद्धि करना सतत ऊर्जा आपूर्ति के दो फलक हैं। सौभाग्य से भारत को विभिन्न अक्षय ऊर्जा स्रोतों का वरदान प्राप्त है, इनमें से मुख्य हैं- बायोमास, बायोगैस, सूर्य, पवन एवं लघुपन-बिजली।

### शोध प्रविधि तथा तकनीकी –

यह शोध कार्य प्राथमिक व द्वितीयक आंकड़ों के आधार पर किया गया है। द्वितीयक आंकड़ों के स्रोत के रूप में राजस्थान अक्षय ऊर्जा लिमिटेड, आरआरईसीएल, भारतीय मौसम विभाग, इरेडा, नाइस, राष्ट्रीय पवन ऊर्जा संस्थान चेन्नई, राजस्थान राज्य नवीनीकरण ऊर्जा विभाग जयपुर, विभिन्न सरकारी व गैर सरकारी प्रकाशन, राजस्थान पत्रिका, राजस्थान सुजस, आर्थिक समीक्षा तथा आर्थिक व सांख्यिकी निदेशालय राजस्थान जयपुर, विभिन्न वेबसाइट, मौसम वेधशाला जयपुर, जोधपुर, जैसलमेर, बाड़मेर से प्राप्त सूचनाओं के आधार पर किया गया है।

इस शोध कार्य में मानचित्रण के लिए आर्क जीआईएस सॉफ्टवेयर, गणितीय सूत्रों द्वारा पवन ऊर्जा घनत्व की गणना की गई है। सांख्यिकी विधियों, ग्राफ, प्रतिशत के रूप में विकसित किया गया है। आरेख में क्षेत्रीय सर्वेक्षण से प्राप्त नवीनतम सूचनाओं का प्रयोग किया गया है।

**उद्देश्य :-** प्रस्तुत शोध पत्र का प्रमुख उद्देश्य हैं -

1. पवन ऊर्जा के विकास के लिए अध्ययन क्षेत्र में भौगोलिक दशाओं का परीक्षण करना।
2. अध्ययन क्षेत्र में पवन ऊर्जा संसाधन के वैकल्पिक स्रोत के रूप में विकास के लिए सुझाव प्रस्तुत करना।
3. पवन ऊर्जा संसाधन के विकास की विवेचना करना।

### परिकल्पनाएं –

प्रस्तुत शोध पत्र में शोधार्थी द्वारा जिन परिकल्पना का परीक्षण किया है वह निम्नलिखित हैं -

1. अध्ययन क्षेत्र में पवन ऊर्जा के संसाधन के विकास के लिए आवश्यक भौगोलिक दशाएं उपलब्ध है।
2. अध्ययन क्षेत्र में पवन ऊर्जा जैसे नवीकरणीय ऊर्जा संसाधन के विकास से ऊर्जा जनित पर्यावरणीय हास को नियंत्रित करने में मदद मिलेगी।

### राजस्थान में पवन के लिए आदर्श दशाएं -

बहती वायु से उत्पन्न की गई ऊर्जा को पवन ऊर्जा कहते हैं। यह ऊर्जा प्रकृति पर निर्भर रहती है और यह कभी ना खत्म होने वाली ऊर्जा होती है। पवन ऊर्जा बनाने के लिए हवादार जगहों पर पवन चक्कियों को लगाया जाता है जिनके द्वारा वायु की गतिज ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित हो जाती है। इस यांत्रिक ऊर्जा को जनरेटर की मदद से विद्युत में परिवर्तित किया जाता है। विद्युत उत्पादन के लिए नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों में से पवन ऊर्जा एक प्रमुख स्रोत है। सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि पवन की उपलब्धता निशुल्क और कभी समाप्त नहीं होने वाली है। किसी भी देश या वाणिज्यिक प्रतिष्ठान का इस पर एकाधिकार नहीं है ऊर्जा की मांग लगातार बढ़ती ही जा रही है। इसलिए कच्चे तेल के बढ़ते मूल्यों के बदले निश्चित रूप से पवन ऊर्जा एक आसान विकल्प साबित हो सकता है।

**पवन चक्की स्थापना के लिए राजस्थान में आदर्श दसाई उपलब्ध हैं जो इस प्रकार हैं-**

1. विस्तृत भौगोलिक क्षेत्र
2. सतत पवन की उपलब्धता

3. मरुस्थली तथा बंजर भूमि की अधिकता
4. राजनीतिक इच्छाशक्ति
5. नवीन तकनीकी का विकास

### 1. विस्तृत भौगोलिक क्षेत्र :-

राजस्थान भारत का क्षेत्रफल की दृष्टि से सबसे बड़ा राज्य है। राजस्थान का 60% क्षेत्र मरुस्थलीय प्रदेश के अंतर्गत आता है जिसमें धरातलीय अवरोध की कमी तथा कम वनस्पति आवरण के कारण पवन निरंतर गति से बहती रहती है जो पवन ऊर्जा के लिए सबसे महत्वपूर्ण है।

### 2. सतत पवन गति -

पश्चिमी राजस्थान में अधिक तापमान प्राप्त होने के कारण तापान्तर अधिक होता है जिसके परिणामस्वरूप निम्न वायुदाब का क्षेत्र विकसित होता है जो पवन वेग की निरंतरता को बनाए रखने में सहायक होता है।

### 3. पश्चिमी राजस्थान में प्राकृतिक अवरोध की कमी -

मरुस्थलीय क्षेत्र, कम वनस्पति आवरण, पेड़ पौधों की कमी के कारण तीव्रगति की निरंतर पवन प्रवाह उपलब्ध रहता है जिससे पवन चक्की की स्थापना में सहायक है।

### 4. नवीन तकनीकी -

वर्तमान समय में विश्व सहित भारत में भी पवन चक्की के विभिन्न कलपुर्जे, उच्च तकनीकी व गुणवत्ता तथा कम लागत में उपलब्ध होने से पवन से चक्कियों की स्थापना में आसानी हुई है।

### 5. राजनीतिक इच्छाशक्ति -

वर्तमान समय में ऊर्जा की बढ़ती खपत तथा जैविक ऊर्जा संसाधनों से बढ़ते पर्यावरण तथा जलवायु संबंधी समस्याओं के निराकरण के लिए राज्य सरकार द्वारा अक्षय ऊर्जा स्रोतों को प्रोत्साहित किया जा रहा है जिसके लिए राजस्थान में अक्षय ऊर्जा उत्पादन के लिए अक्षय ऊर्जा नीति - 2012 घोषित की गई जिसके तहत 2025 तक 8000 MW राजस्थान में पवन ऊर्जा स्रोतों द्वारा विद्युत ऊर्जा प्राप्त करने का लक्ष्य रखा गया है।

### 6. पवन प्रबलता तथा आवृत्ति -

राजस्थान एक विशाल भौगोलिक क्षेत्रफल वाला राज्य होने के कारण यहां पर पवन प्रबलता व आवृत्ति में विविधता पाई जाती है। राष्ट्रीय पवन ऊर्जा संस्थान द्वारा पवन की गति व घनत्व मापन के लिए भारत में 154 स्टेशन स्थापित किए गए हैं जिनमें 36 राजस्थान में स्थापित हैं। राजस्थान के चार प्रमुख शहरों जयपुर, जोधपुर, बाड़मेर तथा बीकानेर में मौसम वेधशाला स्थापित हैं। राजस्थान में पवन गति के आंकड़ों के आधार पर पवन प्रबलता के क्षेत्र को 5 श्रेणियों में विभाजित किया गया है

क्र.स	पवन प्रबलता श्रेणी (गति मि./सै.)	उपक्षेत्र	क्षेत्रफल	क्षेत्र
1.	न्यूनतम प्रबलता (2-3)	चुरू, झुंझुनू	1572	चुरू, झुंझुनू का निकटवर्ती क्षेत्र
2.	न्यून प्रबलता (3-4)	पश्चिमी राजस्थान	257705	उ. व द. पूर्वी राजस्थान
3.	मध्यम प्रबलता (4-5)	दक्षिणी - पश्चिमी राजस्थान	30671	द. राजस्थान व बीकानेर बाड़मेर पाली नागौर
4.	उच्च प्रबलता (5-6)	पश्चिमी राजस्थान जसवंतगढ़ सीकर	19420	जैसलमेर जोधपुर द. बाड़मेर, सीकर, पूर्वी उदयपुर, प्रतापगढ़ चित्तोडगढ़
5.	उच्चतम प्रबलता (7-8)	जैसलमेर	375	जैसलमेर बरोड़ गाँव से कोट के मध्य

7. **पवन का घनत्व** - पवन का घनत्व पवन चक्की की स्थापना के लिए सबसे महत्वपूर्ण है। पवन का घनत्व पवन चक्की द्वारा विद्युत उत्पादन की क्षमता किलो वाट में निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात की जाती है -

$$P = 0.393P;D2V3 \times 103$$

क्र.सं.	पवन ऊर्जा घनत्व श्रेणी वाट प्रति वर्गमीटर	क्षेत्र	क्षेत्रफल वर्ग किमी में
1.	सामान्य श्रेणी (< 100 )	पूर्वी – उतरी राजस्थान के समस्त जिले	235114
2.	व्यक्तिगत उत्पादन श्रेणी ( 100-200 )	पश्चिमी राजस्थान	81249
3.	व्यापारिक उत्पादन श्रेणी (> 200 )	दक्षिणी मध्य राजस्थान, पश्चिमी राजस्थान	29678

उपर्युक्त सारणी के अध्ययन से पता चलता है कि राजस्थान में पवन ऊर्जा उत्पादन के लिए 4 मीटर प्रति सेकंड गति या इससे अधिक वाला उत्कृष्ट क्षेत्र लगभग 8 लाख वर्ग किलोमीटर से भी अधिक है।

#### राजस्थान में पवन ऊर्जा की संभावनाएँ -

2022 तक नवीनीकरण ऊर्जा उत्पादन के लिए 175 गीगावाट के लक्ष्य को प्राप्त करने की दिशा में भारत में तेजी से आगे बढ़ रहा है। 2014 तक देश की नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन क्षमता 34000 मेगा वाट थी जो मार्च 2019 में बढ़कर 82580 मेगावाट हो गई है और 31150 मेगावाट की क्षमता स्थापित करने के लिए प्रयासरत विभिन्न चरणों में है। भारत सरकार ने 2022 के आखिर तक 60 गीगा वाट पवन ऊर्जा से 100 गीगा वाट सौर ऊर्जा से 10 गीगावाट बायोमास ऊर्जा से 5 गीगावाट लघु पनबिजली से नवीकरणीय ऊर्जा को स्थापित करने का लक्ष्य रखा है। राज्य सरकार ने प्रदेश में गैरपरम्परागत ऊर्जा स्रोतों के माध्यम से ऊर्जा संयंत्र स्थापित करने को उच्च प्राथमिकता दी है। इन स्रोतों से विद्युत उत्पादन को प्रोत्साहित करने हेतु राज्य सरकार द्वारा " गैर परम्परागत ऊर्जा स्रोतों से विद्युत उत्पादन को बढ़ावा देने हेतु निति - 1999 जरी की गयी। राजस्थान पवन एवं हाईब्रिड ऊर्जा नीति: 2019 का प्रारूप तैयार किया जा रहा है जिससे पवन ऊर्जा से विद्युत उत्पादन को गति मिलेगी।

"पवन ऊर्जा से विद्युत उत्पादन को बढ़ावा देने की नीति दिनांक 04 फरवरी 2000 जारी की गई। इस नीति को अप्रैल 2003 में पवन ऊर्जा नीति - 2003 द्वारा बदला गया। तत्पश्चात् पवन ऊर्जा नीति-2012 दिनांक 18.07. 2012 को जारी की गयी। पवन ऊर्जा नीति में राज्य सरकार द्वारा अपनी अधिसूचना दिनांक 04.03.14 के माध्यम से अधिमार्ग दरों पर आरपीओ सीमा मार्च , 2016 तक पवन ऊर्जा संयंत्र स्थापित करने की अनुमति प्रदान की गई थी।

**पवन ऊर्जा के माध्यम से मेगावाट स्तर पर विद्युत उत्पादन की वर्षवार स्थापित क्षमता का विवरण निम्न प्रकार है :**

क्र.सं. _	वित्तीय वर्ष	वित्तीय वर्ष में स्थापित क्षमता (मेगावाट में )	कुल संकलित स्थापित क्षमता (मेगावाट में )
1	1999 से 2011	-	1521.395
2	2011-12	545.65	2067.045
3	2012-13	632.00	2699.045
4	2013-14	98.80	2797.845
5	2014-15	523.50	3321.345
6	2015-16	685.50	4006,845
7	2016-17	285.70	4292,545
8	2017-18	16.00	4308.545
9	2018-19 (up dec 18)	2.00	4310.545

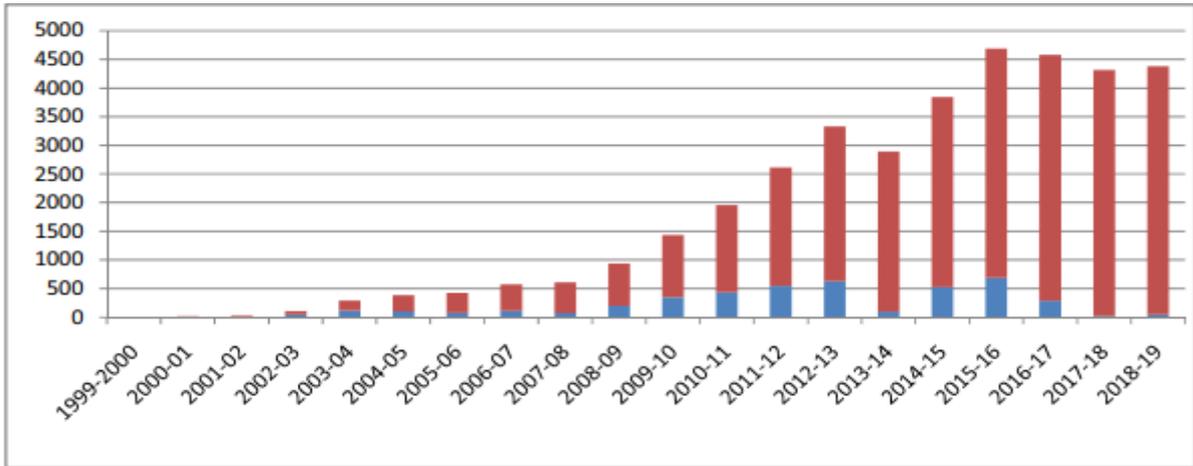
इस प्रकार राज्य में दिसम्बर 2018 तक 4310.5 मेगावॉट क्षमता के पवन ऊर्जा संयंत्रों की स्थापना की जा चुकी है।

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, भारत सरकार द्वारा स्वीकृत 120 मीटर ऊँचाई पर किये गये अध्ययन के अनुसार राज्य में पवन ऊर्जा की अनुमानित क्षमता 1,27,756 मेगावॉट है। राजस्थान अक्षय ऊर्जा निगम द्वारा स्वयं के 49.75 मेगावॉट क्षमता के पवन ऊर्जा संयंत्र स्थापित किये गये हैं। यह सभी पवन ऊर्जा संयंत्र अपनी पूर्ण क्षमता से कार्य कर रहे हैं तथा विगत तीन वर्षों एवं वर्तमान वर्ष के विद्युत उत्पादन का विवरण निम्नानुसार है:-

वित्तीय वर्ष	2.25 मेगावॉट क्षमता देवगढ )3x750) स्थापना तिथि 22.8.2000	2.10 मेगावॉट क्षमता फलौदी (6x350) स्थापना तिथि 15.4.2001	25 मेगावॉट क्षमता सोदा जैसलमेर )20x1250) स्थापना तिथि 28.6.2004	10.2 मेगावॉट क्षमता आकल जैसलमेर )17x600) स्थापना तिथि 27.5.06	102 मेगावाट क्षमता पोहरा, जैसलमेर स्थापना तिथि 28.03.10	संचित उत्पादन (यूनिट)
2017-18	1680980	2169270	28172508	4846800	4716218	41585776
2018-19 (up to dec.18)	1105020	2148570	29388160	3079600	4153916	4817265

राजस्थान में पवन ऊर्जा परियोजनाओं की जिलेवार स्थिति इस प्रकार है –

जिला	कुल क्षमता मेगा वाट में
जैसलमेर	3444.32
जोधपुर	416
सीकर	7.2
बाड़मेर	49.6
चित्तौड़गढ़	348
कुल मेगावाट में	4310



चित्र – राजस्थान में स्थापित पवन क्षमता की वर्षवार वृद्धि

175 GW लक्ष्य को पाने के लिए भारत निरंतर अग्रसर है। 2014 तक देश की नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन क्षमता 34000 मेगा वाट थी जो अप्रैल 2019 में बढ़कर 82580 मेगावाट हो गई है और 31150 मेगावाट की क्षमता स्थापित करने के लिए प्रयासरत विभिन्न चरणों में है। भारत सरकार ने 2022 के आखिर तक 60 गीगा वाट पवन ऊर्जा से 100 गीगा वाट सौर ऊर्जा से 10 गीगावाट बायोमास ऊर्जा से 5 गीगावाट लघु पनबिजली से नवीकरणीय ऊर्जा को स्थापित करने का लक्ष्य रखा है।

नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, भारत सरकार द्वारा स्वीकृत 120 मीटर ऊँचाई पर किये गये अध्ययन के अनुसार राज्य में पवन ऊर्जा की अनुमानित क्षमता 1,27,756 मेगावाट है। राजस्थान अक्षय ऊर्जा निगम द्वारा स्वयं के 49.75 मेगावाट क्षमता के पवन ऊर्जा संयंत्र स्थापित किये गये हैं। यह सभी पवन ऊर्जा संयंत्र अपनी पूर्ण क्षमता से कार्य कर रहे हैं।

पवन ऊर्जा सम्मेलन का प्रथम संस्करण 2018 को जर्मनी के हैम्बर्ग शहर में आयोजित किया गया था। वैश्विक पवन ऊर्जा शिखर सम्मेलन 2018 व्यापार, नेटवर्किंग तथा सूचना के लिहाज से पवन ऊर्जा इंडस्ट्री के लिए महत्वपूर्ण साबित हुआ।

पवन ऊर्जा से सम्बन्धित इस सम्मेलन में 1400 से अधिक प्रतिभागी शामिल हुए। यह विश्व का सबसे बड़ा पवन ऊर्जा कार्यक्रम था। इस सम्मेलन का मुख्य उद्देश्य नेटवर्क, व्यापार एवं दुनियाभर में लोगों के बीच पवन ऊर्जा का प्रसार करना था।

इस पवन ऊर्जा कार्यक्रम में 100 से अधिक देशों ने भाग लिया जिसमें भारत, चीन, अमेरिका, स्पेन एवं डेनमार्क आदि भी शामिल थे। इस सम्मेलन में दुनियाभर से आये विशेषज्ञों को इको-फ्रेंडली तकनीक के लिए प्लेटफॉर्म प्राप्त हो सका। वैश्विक पवन ऊर्जा सम्मेलन के तीन मुख्य विषय थे- **गतिशील बाजार, कम लागत, स्मार्ट ऊर्जा**। इस शिखर सम्मेलन में भारत की भूमिका महत्वपूर्ण थी क्योंकि भारत की कई कंपनियां हिस्सा ले रही थीं। यह कार्यक्रम पवन ऊर्जा की दिशा में सभी को आकर्षित करने में सफल रहा।

वर्तमान पर्यावरण ह्रास को देखते हुए इस बात की आवश्यकता है कि ऊर्जा उत्पादन हेतु नवीनीकृत ऊर्जा के संभाग को बढ़ाया जाए ताकि विकास एवं पर्यावरण के बीच संतुलन बना रहे।

इंटर गवर्नमेंटल पैनल ऑन क्लाइमेट चेंज की पाँचवीं आकलन रिपोर्ट के अनुसार जीवाश्म ईंधन दहन एवं उद्योगों के कारण लगभग 78 प्रतिशत तक ग्रीन हाउस गैस उत्सर्जन होता है। हाल ही में वैश्विक स्तर पर तटीय पवन ऊर्जा को बढ़ाने की ओर ध्यान केन्द्रित किया जा रहा है। इसके लिये उत्तरी सागर के डोगर बैंक पर कृत्रिम द्वीप बनाया जाना है।

भारत में पवन ऊर्जा विकास के लिये तटीय क्षेत्रों व बंजर व व्यर्थ भूमि में पवन चक्कियों को लगाया जाना होगा। पवन टॉवरों की उन्नत तकनीकी का प्रयोग करना होगा, साथ ही जैव-ऊर्जा, अपशिष्ट प्रबन्धन ऊर्जा एवं भूतापीय तथा समुद्री ऊर्जा के विकास के लिये नई प्रौद्योगिकी को बढ़ाना होगा जिससे पर्यावरणीय संतुलन भी बना रहे।

### पवन ऊर्जा के लाभ -

- **स्वच्छ ऊर्जा:**

पवन ऊर्जा, अन्य ऊर्जा की तुलना में काफी स्वच्छ है। पवन ऊर्जा को उत्पादित करने वाली टरबाइन किसी भी प्रकार का वायुमण्डलीय उत्सर्जन नहीं करती जिनसे ग्रीनहाउस गैस व एसिड वर्षा जैसी समस्या उत्पन्न हो।

- **सस्ती ऊर्जा:**

पवन ऊर्जा कम लागत प्रभावी ऊर्जा है, यह आज उपलब्ध सबसे कम कीमत वाली नवीकरणीय ऊर्जा प्रौद्योगिकियों में से एक है।

- **सुविधाजनक:**

टरबाइन को किसी भी स्थान पर स्थापित किया जा सकता है तथा इसके आस-पास के क्षेत्र में दैनिक कार्य किये जा सकते हैं। पवन ऊर्जा का उपयोग कई कार्यों के लिये किया जाता है, जैसे कि पानी की पंपिंग, बैटरी को चार्ज करने के लिये, बिजली का व्यापक उत्पादन करने के विकल्प के रूप में आदि।

- **यह सुरक्षित है:**

पवन ऊर्जा संयंत्रों का संचालन सुरक्षित है। आधुनिक एवं उन्नत माइक्रोप्रोसेसरों के प्रयोग से संयंत्र पूर्णतः स्वचालित हो गया है तथा संयंत्र के परिचालन के लिए अधिक श्रमिकों की आवश्यकता भी नहीं होती है।

- **अधिक स्थान की आवश्यकता नहीं:**

पवन चालित प्रणाली के लिए तुलनात्मक रूप से कम स्थान की आवश्यकता होती है और इसे हर स्थान पर जहाँ वायु की स्थिति अनुकूल होती है लगाया जा सकता है। उदाहरण के लिए इसे पहाड़ी के शिखर पर, समतल भू-प्रदेश पर, वनों तथा मरुस्थलों तक में लगाया जा सकता है। संयंत्र को अपतटीय क्षेत्रों तथा छिछले पानी के साथ कृषि योग्य भूमि पर भी लगाया जा सकता है।

### पवन ऊर्जा के विकास में बाधाएँ/ चुनौतियाँ -

नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन में वृद्धि के लिए केन्द्र सरकार के मजबूत सहयोग के बावजूद 2022 तक के लक्ष्य के प्राप्ति में पवन ऊर्जा के विकास में कई बाधाएँ हैं। चूँकि विद्युत क्षेत्र समवर्ती सूची का विषय है जिससे केन्द्र एवं राज्य सरकारों के मतभेद और स्थानीय मुद्दे को तरजीह दिये जाने से अवसंरचनात्मक विकास में बाधा आती है। इसके अलावा कुछ अन्य समस्याएँ हैं जिन्हें निम्न बिंदुओं के अंतर्गत देखा जा सकता है -

- दक्षिण के प्रमुख राज्यों के अंतर्विरोधों के चलते पारेषण लाइनों (Transmission Lines) के विकास में बाधाएँ उत्पन्न हुई हैं।

- अवसंरचना विकास के लिए किए जाने वाले भूमि अधिग्रहण भी एक बड़ी चुनौती के रूप में सामने आती है।

- बिजली उत्पादन कम्पनी में वित्त एवं तकनीकी की कमी ने भी पवन ऊर्जा के प्रभावी विकास में बाधा उत्पन्न की है।

- पवन ऊर्जा की उत्पत्ति और उपयोगिता की कुछ सीमाएँ हैं। पवन स्थल की दूरी शहरों से अधिक है। टरबाइनों से ध्वनि प्रदूषण की समस्या बनी रहती है। टरबाइनों के ब्लेड से स्थानीय वन्य जीवों को काफी नुकसान उठाना पड़ता है।

- केंद्रीय नोडल एजेंसियों और राज्य की वितरण कंपनियों ने फरवरी 2017 से 12,000 मेगावाट से अधिक क्षमता की पवन ऊर्जा का आवंटन किया है। हालांकि, जमीनी स्तर पर प्रगति धीमी रही है और वित्त वर्ष 2018-19 में केवल 1,600 मेगावाट का इजाफा हुआ।

- जमीन अधिग्रहण से जुड़े मुद्दे और पारेषण संपर्क के कारण परियोजनाओं के क्रियान्वयन में हुई देरी इसकी संभावनाओं को सीमित कर देती है।

**पवन ऊर्जा वृद्धि के लिये प्रयास –**

1. राजस्थान में पवन ऊर्जा की अपार संभावनाएँ हैं। वर्ष 2017-18 में कुल 4310 मेगावाट पवन ऊर्जा की क्षमता के साथ राजस्थान देश में पांचवें स्थान पर है। राजस्थान में स्थित जैसलमेर विंड पावर दुनिया के सबसे बड़े परिचालन पवन फार्म में से एक है 1064 मेगा वाट की स्थापित क्षमता के साथ भारत का दूसरा सबसे बड़ा कामकाजी अप तटीय विंड फॉर्म हैं।
2. निम्न कार्बन ऊर्जा स्रोतों की बढ़ती भूमिका प्रदेश की प्रतिबद्धता के मद्देनजर सौर ऊर्जा और पवन ऊर्जा क्षेत्र का विस्तार किया जा रहा है
3. देश में पवन ऊर्जा भी तीव्र गति से बढ़ रही है। भारत वर्तमान में USA, जर्मनी, स्पेन और चीन के बाद पवन ऊर्जा के क्षेत्र में पांचवा सबसे बड़ा उत्पादक देश है। पवन ऊर्जा का उपयोग पानी की पंपिंग, बैटरी चार्जिंग और बड़े विद्युत उत्पादन में किया जाता है। यह एक सरल संकल्पना पर कार्य करता है। बहती हुई हवा एक टरबाइन के पंखों को घुमा दी है जो एक जनरेटर में बिजली उत्पन्न करते हैं।
4. जनवरी 2016 तक देश में पवन ऊर्जा की कुल स्थापित क्षमता 28188 मेगा वाट रही। तमिलनाडु में सर्वाधिक 7555 मेगा वाट गुजरात में 3645 मेगावाट और राजस्थान में 3307 मेगावाट विद्युत उत्पादन पवन ऊर्जा के द्वारा किया जा रहा है।
5. राजस्थान सरकार द्वारा राजस्थान के विशाल मरुस्थलीय क्षेत्र को ऊर्जा क्षेत्र की समृद्धि का आधार बनाने के महत्वकांक्षी आयोजन के साथ नई पवन ऊर्जा नीति के तहत देश भर के विकासकारों को राजस्थान में विद्युत उत्पादन प्रोजेक्ट के लिए आकर्षित करने का उद्देश्य रखा गया है
6. राजस्थान सरकार की नवीन पवन ऊर्जा नीति के अनुसार विकासकार पवन ऊर्जा केंद्रों द्वारा विद्युत उत्पादन करेंगे और उत्पादित बिजली निम्न दर पर राजस्थान सरकार की विद्युत कंपनियों तथा अन्य विद्युत वितरण लाइसेंस धारकों को बेच सकेगी
7. विकासकारों को प्रोत्साहन स्वरूप पवन ऊर्जा के जरिए उत्पादित बिजली को विद्युत शुल्क से मुक्त रखने का प्रावधान नई नीति में किया गया है नई नीति के अनुसार राजस्थान के दूरदराज के इलाकों की सरकारी परती जमीनों में पवन ऊर्जा केंद्र स्थापित करने के लिए विकासकारों को जमीन आवंटन करने के प्रावधान का इस नीति में उल्लेख किया गया है इसके चलते परती एवं अनुपजाऊ जमीनें हरित ऊर्जा उत्पादन के लिए उपयोग में ली जा सकेगी

**सारांश -**

आज के युग में ऊर्जा की उपलब्धता किसी भी देश के विकास के लिए अनिवार्य अंग बन चुकी है। भारत जैसे विशाल जनसंख्या वाले देश के लिए ऊर्जा की कमी को किसी हद तक पूरा करना चुनौतीपूर्ण कार्य है। राजस्थान जैसे राज्य जिसमें ताप व जल विद्युत ऊर्जा की उपलब्धता बहुत कम है के लिए यह कार्य और अधिक चुनौतीपूर्ण हो जाता है। जीवाश्म ईंधन सीमित हैं और इनका निरंतर उपयोग वायु प्रदूषण एवं ग्लोबल वार्मिंग को बढ़ावा देता है। ऐसी स्थिति में राजस्थान में पवन ऊर्जा द्वारा विद्युत उत्पादन करना बेहतर विकल्प साबित हो सकता है जिसकी राजस्थान जैसे उष्णकटिबंधीय क्षेत्र वाले रेगिस्तानी क्षेत्र में अपार संभावनाएं व्याप्त हैं जहां वायु सूर्य की किरणों के साथ शीघ्र गर्म होकर कम दबाव का क्षेत्र बन आती है जिसके परिणाम स्वरूप बहुत तेज गति की पवन प्रारंभ हो जाती है।

राजस्थान के अरावली के पश्चिमी क्षेत्र में स्थित जिलों में मुख्यता सीमावर्ती रेगिस्तानी जिला जैसलमेर, बाड़मेर, बीकानेर, जोधपुर, सीकर तथा अरावली के दरो वाली स्थान चित्तौड़गढ़, प्रतापगढ़ में उचित प्रबंध स्थान में पवन चक्की की मशीन का चयन करके स्थापित करके विद्युत उत्पादन किया जा सकता है।

राजस्थान के पश्चिमी और दक्षिणी क्षेत्र में पवन प्रबलता का अधिक वेग पाया जाता है जो वायुमंडलीय परिस्थितियों के आधार पर पवन ऊर्जा घनत्व क्षेत्र की प्रधानता वाला क्षेत्र के अंतर्गत सम्मिलित है जिसे दो भागों में विभक्त किया गया है

1. व्यक्तिगत या सामूहिक आत्मनिर्भरता व्यापारिक

2. आर्थिक ऊर्जा उत्पादन क्षेत्र

इन दोनों श्रेणी की धरातल की परिस्थितियों का अवलोकन किया गया जिसमें धरातलीय स्वरूप भूमि की उपलब्धता को भूमि उपयोग के आधार पर देखा गया जिसमें कुल 33950 वर्ग किमी. भूमि पवन ऊर्जा उत्पादन के लिए उपलब्ध है जहां अनुकूलतम भौगोलिक दशाएं उपलब्ध हैं।

**सन्दर्भ ग्रंथ सूची -**

1. Misra, V. C (1967) Geography of Rajasthan National Book Trust, India
2. Mani, A., & Mooley, D. A. (1983) Wind energy data for India. Allied.
3. Sharma, H S., & Sharma, M L (1992). Geographical Facets of Rajasthan Kuldeep Publications
4. Mani, A (1992) Wind energy resource survey in India (Vol. 2) Allied publishers
5. Sharma, H S, Sharma, M L., & Bhalla, L. R. (1992). Geography of Rajasthan Kuldeep Publications.
6. Bii. A S. & आठवले सुनील बी (1996) पवन ऊर्जा 7 Bakshi, R. (2002). Wind energy in India IEEE Power Engineering Review, 22(9), 16-18.
7. Bansal, R C., Bhatti, T. S., & Kothari, D. P (2002) On some of the design
8. aspects of wind energy conversion systems Energy conversion and management, 43(16), 2175-2187 9 Singh, H, Mishra, D, Nahar, N M., & Ranjan, M. (2003) Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India part
9. Energy Conversion and Management, 44(7), 1053-1067
10. Patel, M. R. (2005). Wind and solar power systems design analysis, and operation CRC press 11 Khan, B H (2006) Non-conventional energy resources Tata McGraw-Hill Education
11. Herbert, G J. Iniyar, S. Sreevalsan. E. & Rajapandian, S (2007). A review of wind energy technologies Renewable and sustainable energy Reviews, 11(6), 1117-1145
12. Asif, M., & Muneer T (2007). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11(7), 1388-1413.
13. Bishnoi, B. N. Singh, Virendra, 2005 "wind analysis for wind power at Jaisalmer" Mausam 56, 904 - 907
14. Banerjee, Ramesh Chandra and Upadhyay, Daya Shankar 1991 "Mausam Vigyan tritiya Sanskran prashn sankhya 427
15. Centre for wind energy Technology Chennai wind energy resource survey in India volume 1st to 6th available online at [http www.google.com](http://www.google.com) last December 2018
16. department of non conventional energy 1990 to wind energy resource survey in India annamani India
17. Climate of rajasthan state, 1988 "india meteriological department page no – 66-69

18. Centre for wind energy Technology Chennai wind energy resources survey in India volume first 26 available on online at [http www.google.com](http://www.google.com)
19. Department of non conventional energy 1992 to wind energy resource survey in India anna mani India
20. American wind energy Association wind energy resources Atlas of the United States
21. सबसेना हरिमोहन राजस्थान का भूगोल राजस्थान हिंदी ग्रंथ अकादमी जयपुर राजस्थान सांख्यिकी 2018 – 19
22. Suzlon Energy Ltd. (2013, July 16). S66-1.25 MW Technical Overview [Online]. Available: [http://www.suzlon.com/pdf/566\\_product\\_brochure.pdf](http://www.suzlon.com/pdf/566_product_brochure.pdf).
23. Charles Rajesh Kumar. J, M. A. Majid 2018, "Renewable energy for sustainable development in India: current status, future prospects, challenges, employment, and investment opportunities", Sustainability and Society (2018), <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0600-0>
24. LE. Agency, Key World Energy Statistics, 2016. [Online] Available: [http://www.ica.org/publications/freepublications/publication/Keyworld\\_Statistics\\_2016](http://www.ica.org/publications/freepublications/publication/Keyworld_Statistics_2016).
25. Indian Renewable Energy Development Agency (IREDA). [Online] Available: <http://www.ireda.in/> [3] International Renewable Energy Agency, Renewable energy Statistics 2018. [Online] Available: [http://www.irena.org/publications/Statistics/Renewable energy Statistics 2018](http://www.irena.org/publications/Statistics/Renewable_energy_Statistics_2018).
26. 1016/j.rser.2010.04.003. "All India Installed Capacity of Utility Power Stations". Available at <http://www.cea.nic.in/monthlyinstalledcapacity.html>
27. Available: <http://www.inde.in/> [8] International Renewable Energy Agency, Renewable energy Statistics 2018. [Online] Available: [http://www.irena.org/publications/Statistics/Renewable energy Statistics 2018](http://www.irena.org/publications/Statistics/Renewable_energy_Statistics_2018),
28. Raghuwanshi S, Arya R. Renewable energy potential in India and future agenda of research, International