

सौर कृषी पंप : ऊर्जा अपव्ययातून ऊर्जा संजीवनीकडे

अरजित अमोल मोरे

विद्यार्थी, स्वामी विवेकानंद हायस्कूल, मुंबई, भारत

सारांश

भारताच्या कृषिप्रधान अर्थव्यवस्थेत शेतकऱ्यांसाठी नियमित वीजपुरवठा हा एक गंभीर प्रश्न आहे. महाराष्ट्रातील ४५ लाखांहून अधिक कृषी ग्राहकांना चक्राकार पद्धतीने दिवस-रात्र वीजपुरवठा होत असल्यामुळे रात्री सिंचन करावे लागते. यामुळे अपरात्री अपघात होण्याची शक्यता वाढते तसेच उत्पादनक्षमतेवर नकारात्मक परिणाम होतो. या समस्येवर उपाय म्हणून राज्य शासनाने "मागेल त्याला सौर कृषी पंप योजना" आणि केंद्र शासनाने "प्रधानमंत्री कुसुम योजना" सुरु केली. यामुळे शेतकऱ्यांना दिवसा सौर ऊर्जेद्वारे वीज उपलब्ध होऊन सिंचन सुलभ झाले. मात्र, प्रत्यक्षात सौर कृषी पंपातून निर्माण होणारी DC वीज दिवसातून फक्त ३-५ तास वापरली जाते, तर उर्वरित वेळेत निर्माण होणारी वीज वाया जाते. या वाया जाणाऱ्या उर्जेचा कार्यक्षम वापर करण्यासाठी विविध पर्यायांचा अभ्यास करणे आणि DC ते AC रूपांतरण प्रणाली विकसित करणे हा या संशोधनाचा मुख्य हेतू आहे. या अनुषंगाने मी बुलढाणा, वाशीम आणि हिंगोली जिल्ह्यांतील शेतकऱ्यांची प्रत्यक्ष भेट घेऊन त्यांच्या गरजा जाणून घेतल्या. या संवादातून स्पष्ट झाले की अतिरिक्त उर्जेचा उपयोग घरगुती व पूरक उद्योगांसाठी (धान्य मळणी, आटाचक्की, दुग्धशाळा, कोल्ड स्टोरेज, ई-वाहन चार्जिंग इ.) होऊ शकतो. प्रस्तावित सार्वत्रिक सौर पंप नियंत्रक (Universal Solar Pump Controller - USPC) प्रणाली ही DC ऊर्जा AC मध्ये रूपांतरित करून या सर्व उपक्रमांना ऊर्जा उपलब्ध करून देतो. या प्रणालीमुळे वाया जाणारी ६०-७०% ऊर्जा उपयुक्त ठरते. परिणामी शेतकऱ्यांना पूरक उत्पन्नाचे नवे स्रोत मिळतात, ग्रामीण भागाला दिवसभर वीज उपलब्ध होते, रोजगारनिर्मिती वाढते आणि शासनावरील आर्थिक भार कमी होतो. तसेच, ई-वाहन चार्जिंगची सोय केल्यास ग्रामीण भाग हरित वाहतुकीसाठी सज्ज होऊ शकतो. पर्यावरणीय दृष्टिकोनातूनही हा उपक्रम महत्त्वाचा आहे, कारण कोळसा व डिझेलवरील अवलंबित्व कमी होऊन कार्बन उत्सर्जन घटण्यास मदत होईल. सारांशतः, सौर कृषी पंपातून निर्माण होणाऱ्या उर्जेचा बहुउद्देशीय वापर केल्यास सौर उर्जेचा कार्यक्षम वापर, शाश्वत ग्रामीण विकास, ऊर्जा स्वावलंबन व शेतकऱ्यांचे उत्पन्नवाढ ही उद्दिष्टे साध्य होतात. तसेच ऊर्जा अपव्ययातून ऊर्जा संजीवनीकडे वाटचाल करणारे महाराष्ट्राचे हे मॉडेल इतर राज्यांसाठी आणि विकसनशील देशांसाठी अनुकरणीय ठरू शकते.

कीवर्ड्स: सौर कृषी पंप, मागेल त्याला सौर कृषी पंप योजना, ऊर्जा कार्यक्षमतेचा वापर, ग्रामीण ऊर्जा स्वावलंबन, युनिव्हर्सल सोलार पंप कंट्रोलर, USPC, PM-KUSUM, शाश्वत ग्रामीण विकास;

१. प्रस्तावना

भारताची अर्थव्यवस्था मूलतः कृषिप्रधान असून देशातील सुमारे ५५ टक्के लोकसंख्या थेट किंवा अप्रत्यक्षपणे शेतीवर अवलंबून आहेत. महाराष्ट्र राज्यात १.५ कोटीहून अधिक शेतकरी आहेत, त्यापैकी सुमारे ४५ लाख शेतकरी राज्याच्या वीज वितरण कंपनीचे कृषी ग्राहक म्हणून नोंदणीकृत आहेत. सिंचनासाठी नियमित वीजपुरवठा ही त्यांच्या जीवनमानाशी निगडित प्राथमिक गरज आहे. तथापि, गेल्या अनेक दशकांपासून कृषी पंपांना विजेचा पुरवठा "चक्राकार पद्धतीने" दिवसा व रात्री केला जात आहे. या पद्धतीमुळे अनेक शेतकऱ्यांना रात्रीच्या वेळी सिंचन करावे लागते, ज्यामुळे अनेक समस्यांना सामोरे लागते, तसेच रात्रीच्या वेळेत अपघातांचा धोका पत्करावा लागते आणि परनामी उत्पादनक्षमतेत घट देखील दिसून येते.

या समस्येवर उपाय म्हणून महाराष्ट्र शासनाने "मागेल त्याला सौर कृषी पंप योजना" राबविली, तर केंद्र शासनाने "प्रधानमंत्री कुसुम योजना (PM-KUSUM)" सुरु केली. या उपक्रमांमुळे मोठ्या प्रमाणावर शेतकऱ्यांना दिवसाच्या वेळेत मोफत सौरऊर्जेवर आधारित सिंचनाची सुविधा उपलब्ध झाली. यामुळे पिकांना वेळेवर पाणीपुरवठा करणे शक्य झाले आणि उत्पादनक्षमतेत लक्षणीय वाढ देखील

झाली. तथापि, या योजनांमधून बसविल्या गेलेल्या ६ लाखाहून अधिक DC सौर पंपांचा वापर प्रत्यक्षात दिवसातून फक्त ३ ते ५ तासांपुरताच मर्यादित राहतो. उर्वरित वेळेत ६ ते ८ तास सौर पॅनलमधून निर्माण होणारी मोठ्या प्रमाणातील DC ऊर्जा वापरात न आणता पूर्णतः वाया जाते.

सौरऊर्जेचा हा अपव्यय ग्रामीण समाजासाठी गमावलेली संधी आहे. शाश्वत ग्रामीण विकासाच्या दृष्टीने ही अतिरिक्त ऊर्जा फक्त सिंचनापुरती मर्यादित न ठेवता बहुउद्देशीय स्वरूपात वापरणे आवश्यक आहे. ग्रामीण भागातील धान्य प्रक्रिया, आटाचक्की, ई-वाहन चार्जिंग, दुग्धशाळा, मिनी कोल्ड स्टोरेज, घरगुती वीजपुरवठा आणि लघुउद्योग अशा विविध उपक्रमांना ऊर्जा पुरवठ्याची गरज असते. परंतु या उपक्रमांसाठी प्रामुख्याने AC ऊर्जेची आवश्यकता भासते. त्यामुळे सौर पॅनलमधून उपलब्ध होणाऱ्या DC ऊर्जेचे AC ऊर्जेमध्ये कार्यक्षम रूपांतरण करण्यासाठी तंत्रज्ञानाची आवश्यकता भासते.

या संशोधनाचा केंद्रबिंदू म्हणजे सौर कृषी पंपातून निर्माण होणाऱ्या DC ऊर्जेचे AC ऊर्जेमध्ये रूपांतर करून वाया जाणाऱ्या ऊर्जेचा कार्यक्षम वापर करणे होय. या पार्श्वभूमीवर सार्वत्रिक सौर पंप नियंत्रक किंवा युनिव्हर्सल सोलार पंप कंट्रोलर (USPC) ही संकल्पना पुढे आली आहे. यामुळे केवळ शेतकऱ्यांचे उत्पादन व उत्पन्न वाढणार नाही, तर ग्रामीण भागात ऊर्जा स्वावलंबन, रोजगारनिर्मिती आणि हरित विकासास चालना मिळेल. या मॉडेलचा अवलंब केल्यास शासनावरील वीज अनुदानाचा भार कमी होईल, कोळसा आणि डिझेलवरील अवलंबित्व घटेल, तसेच कार्बन उत्सर्जनात लक्षणीय घट होईल.

याशिवाय, शेतकरी समुदायाला पूरक उत्पन्नाचे नवे स्रोत उपलब्ध होतील, विद्यार्थ्यांना अभ्यासासाठी नियमित वीज मिळेल, घरगुती उपकरणांचा वापर सुलभ होईल आणि ग्रामीण उद्योगांना स्थिर ऊर्जा पुरवठ्यामुळे गती मिळेल. परिणामी ग्रामीण जीवनमान उंचावेल आणि आर्थिक विषमता कमी होण्यास मदत होईल.

म्हणूनच हे संशोधन केवळ तांत्रिक प्रयोगापुरते मर्यादित नसून प्रत्यक्ष संवाद व अनुभवातून ग्रामीण समाजाच्या ऊर्जा स्वावलंबनासाठी शाश्वत आणि अनुकरणीय ऊर्जा अपव्ययातून ऊर्जा संजीवनीकडे वाटचालीचे मॉडेल विकसित करण्याचा प्रयत्न आहे.

२. पार्श्वभूमी

शेतकऱ्यांना चक्राकार पद्धतीने वीजपुरवठा केला जातो. म्हणजे काही भागात दिवसा तर काही भागात रात्री वीज दिली जाते. यामुळे शेतकऱ्यांना रात्री अंधारात शेतात जावे लागते, अपघातांचा धोका वाढतो तसेच पिकांना वेळेवर पाणी देता येत नाही. परिणामी उत्पादनक्षमतेवर नकारात्मक परिणाम होतो.

या मागणीच्या अनुषंगाने राज्य शासनाने पर्यायी उपाय म्हणून सौर कृषी पंपांचा वापर सुचवला आणि “अटल सौर पंप योजना” व “मुख्यमंत्री सौर कृषी पंप योजना” राबवली. या योजनेअंतर्गत महाराष्ट्रात सुमारे १ लाखाहून अधिक सौर पंप बसवले गेले. या दिशेने केंद्र सरकारने देखील पुढाकार घेतला आणि प्रधानमंत्री कुसुम योजना (PM-KUSUM) जाहीर केली. या योजनेत देशभर ऑफ-ग्रिड सौर पंप उभारण्याचे लक्ष्य ठेवण्यात आले. महाराष्ट्राने सौर पंप स्थापनेत देशात आघाडी घेतली असून “मागेल त्याला सौर कृषी पंप” योजनेद्वारे सौर पंप बसविण्यात येत आहेत.

तथापि, या यशामागे एक मोठे आव्हान अजूनही आहे. शेतकरी पंप प्रत्यक्षात दिवसातून फक्त ३ ते ५ तासच चालवतात. उर्वरित वेळेस सौर पॅनलमधून तयार होणारी वीज वाया जाते आणि ती DC स्वरूपात असल्याने इतर उपयोगांसाठी वापरणे देखील कठीण होते. ही वीज केवळ सिंचनापुरती मर्यादित न ठेवता, जर इतर ग्रामीण व घरगुती उपक्रमांसाठी वापरली गेली तर तिचा परिणाम अनेक पटींनी वाढू शकतो. उदाहरणार्थ :

- **घरगुती प्रकाशयोजना व पंखे (Household Lighting & Fans)** - शेतात घर असल्यास दिवसभर आणि बॅटरीच्या सहय्याने रात्री गावात देखील वीज उपलब्ध होईल.
- **धान्य मळणी (Thresher Machine)** - शेतमाल प्रक्रिया स्थानिक पातळीवर करता येईल.

- **अटाचक्की (Flour Mill)** – शेतकरी व ग्रामस्थांसाठी स्थानिक धान्य दळण सुविधा उपलब्ध होईल.
- **ई-वाहन चार्जिंग (EV Charging)** – ग्रामीण भागात ई-ट्रॅक्टर, ई-स्कूटर, ई-रिक्षा यांची चार्जिंग सुविधा उपलब्ध होईल.
- **दुग्धशाळा व कोल्ड स्टोरेज (Dairy & Mini Cold Storage)** – दूध, फळे व भाज्यांचे साठवण सोपे होईल.
- **लहान उद्योग (Small Agro-Processing Units)** – चारा कटर, ऑइल घाणी, पॅकेजिंग युनिट्स इत्यादी.

अशा प्रकारे सौर उर्जेचा कार्यक्षम वापर केल्यास शेतकऱ्यांना पूरक उत्पन्नाचे नवे स्रोत निर्माण होतील, शासनाच्या अनुदानाचा जास्तीत जास्त फायदा होईल आणि ग्रामीण अर्थव्यवस्था अधिक सक्षम बनेल.

३. समस्या निवेदन

महाराष्ट्रात शेतकऱ्यांना दिवसा मोफत वीज पुरवठा व्हावा म्हणून विविध योजने अंतर्गत आजवर सुमारे ६ लाख सौर पंप बसवले गेले आहेत. परंतु, प्रत्यक्षात हे पंप दिवसातून फक्त ३ ते ५ तास सिंचनासाठी वापरले जातात. उर्वरित वेळेत सौर पॅनलमधून निर्माण होणारी मोठ्या प्रमाणातील DC ऊर्जा वाया जाते. एवढ्या मोठ्या प्रमाणावर सौर पंपांची स्थापना झाल्यानंतरही ऊर्जा कार्यक्षमतेने वापरली जात नाही, ही एक गंभीर समस्या आहे. ही गमावलेली ऊर्जा ग्रामीण समाजासाठी नुकसानकारक ठरते, कारण घरगुती, शैक्षणिक आणि पूरक औद्योगिक उपक्रमांसाठी अजूनही विजेची टंचाई आहे.

शासनाकडून मोठ्या प्रमाणावर गुंतवणूक होऊनही उर्जेचा अपव्यय होत असल्याने शाश्वत ऊर्जा व्यवस्थापनाचा व कार्यक्षम ऊर्जा वापराचा उद्देश अपूर्ण राहतो. जर वाया जाणारी DC ऊर्जा AC मध्ये रूपांतरित करून घरगुती व कृषी पूरक वापरासाठी उपलब्ध झाली, तर शेतकऱ्यांचे उत्पन्न वाढेल, ग्रामीण अर्थव्यवस्था बळकट होईल आणि ऊर्जा स्वावलंबन साध्य होईल. म्हणून सौर पंपाद्वारे निर्माण होणारी ऊर्जा AC मध्ये रूपांतरित करणे व इतर उपयोगासाठी वापरणे तसेच त्यासाठी आवश्यक तंत्रज्ञानाचा अभ्यास करून विकसित करणे अत्यंत महत्वाचे आहे.

४. संशोधन उद्दिष्टे

या संशोधनाचे प्रमुख उद्दिष्ट म्हणजे सौर उर्जेचा अपव्यय थांबवून तिचा जास्तीत जास्त कार्यक्षम वापर करणे. हे साध्य झाले तर शेतकरी व ग्रामीण समाजासाठी नवे विकासाचे मार्ग खुले होतील.

१. **ऊर्जा कार्यक्षमतेत वाढ** : सौर कृषी पंपातून निर्माण होणारी ऊर्जा सिंचनाबरोबरच घरगुती, औद्योगिक व पूरक उपक्रमांसाठी वापरणे.
२. **DC ते AC सौर ऊर्जा रूपांतरण**: DC सौरउर्जेचे AC उर्जेत रूपांतरण करण्यासाठी आवश्यक पर्यायांचा अभ्यास करणे व सर्वसमावेशक पर्याय सुचवणे.
३. **ग्रामीण अर्थव्यवस्थेला चालना**: सौर उर्जेचा वापर करून धान्य मळणी, अन्न प्रक्रिया, पॅकेजिंग, दुग्धशाळा, कोल्ड स्टोरेज आणि ई-वाहन चार्जिंग यांसारखे उपक्रम वाढवणे.
४. **शेतकऱ्यांचे उत्पन्न व आत्मनिर्भरता**: शेती पूरक उद्योग व सेवांमुळे शेतकऱ्यांना अतिरिक्त उत्पन्नाचे स्रोत निर्माण करणे व आत्मनिर्भर भारत उपक्रमाशी थेट जोडणे.
५. **ऊर्जा स्वावलंबन**: ग्रामीण भागात स्थानिक पातळीवरच ऊर्जा निर्माण व वापर करून वीज वितरण कंपन्यांवरील भार कमी करणे.
६. **शाश्वत विकास**: अक्षय ऊर्जेचा कार्यक्षम वापर करून कार्बन उत्सर्जन कमी करणे व पर्यावरण संरक्षण साध्य करणे.
७. **जागतिक दृष्टिकोन**: ग्रामीण भागातील सौर ऊर्जा व्यवस्थापनाचे हे मॉडेल विकसित करून इतर राज्ये व विकसनशील देशांना अनुकरणीय दिशा देणे.

५. साहित्य परिक्षण

शेतीसाठी दिवसा मोफत वीज पुरवठा या समस्येच्या निराकरणासाठी महाराष्ट्र राज्य वीज वितरण कंपनीने २०१४-१५ मध्ये सौर कृषी पंपांचा वापर करण्याचा प्रस्ताव मांडला व “अटल सौर पंप योजना”(१) सुरु केली. कालांतराने २०१८-१९ मध्ये “मुख्यमंत्री सौर कृषी पंप”(२) योजना देखील राबविण्यात आली. या योजनेअंतर्गत महाराष्ट्रात सुमारे १ लाखपेक्षा अधिक सौर पंप बसविण्यात आले. शेतकऱ्यांना दिवसा सिंचनासाठी ऊर्जा उपलब्ध करून देण्यात ही योजना यशस्वी ठरली. केंद्र शासनाने देखील पुढे “प्रधानमंत्री कुसुम योजना” (३) (Pradhan Mantri Kisan Urja Suraksha Evam Utthaan Mahabhiyan - PM-KUSUM) सुरु केली. या योजनेचे उद्दिष्ट देशभरात लाखो सौर कृषी पंप बसवून ग्रामीण भागातील ऊर्जा स्वावलंबन साध्य करणे हे आहे.

महाराष्ट्राने या योजने अंतर्गत मोठ्या प्रमाणावर सौर पंप बसवले असून राज्यभरातून सौर कृषी पंपाची मागणी लक्षात घेऊन स्वतःची “मागेल त्याला सौर कृषी पंप” योजना सुरु केली. आज महाराष्ट्र राज्य या क्षेत्रात देशात आघाडीवर आहे.

मात्र, साहित्य परिक्षणात दिसते की विद्यमान सौर पंप योजनांमध्ये काही गंभीर मर्यादा आहेत. उदाहरणार्थ, बहुतेक अभ्यास (७) दर्शवतात की सौर पंप प्रत्यक्षात दिवसातून फक्त ३ ते ५ तास वापरले जातात. उर्वरित वेळेस निर्माण होणारी वीज वाया जाते. ग्रामीण अर्थव्यवस्था वीजेच्या अभावाने त्रस्त असताना ही ऊर्जा उपयोगात न आणणे ही मोठी तफावत आहे.

याशिवाय संशोधन (६) दाखवते की ग्रामीण भागात ई-वाहनांचा वापर वाढत आहे परंतु चार्जिंगसाठी आवश्यक व्यवस्था नाही. त्याचप्रमाणे, धान्य मळणी यंत्र, अटाचक्की, दुग्धव्यवसायातील शीतगृह, तसेच लहान उद्योगांना वीज उपलब्ध नसल्याने त्यांचा विस्तार मर्यादित राहतो. काही संशोधन (७) सूचित करतात की जर सौर DC उर्जेला ACमध्ये रूपांतरित करून बहुउद्देशीय वापरासाठी (multi-purpose utilization) उपलब्ध केले, तर ग्रामीण भागातील वीजटंचाई लक्षणीयरीत्या कमी होईल.

आंतरराष्ट्रीय स्तरावरही काही यशस्वी प्रयोग दिसतात. आफ्रिकेतील केनिया, टांझानिया व युगांडा येथे सौर पंपाचा वापर केवळ सिंचनापुरता न ठेवता घरगुती व लघुउद्योगांसाठी केला जात आहे. (८). यामुळे शेतकऱ्यांचे उत्पन्न वाढते, रोजगारनिर्मिती होते व स्थानिक अर्थव्यवस्थेला चालना मिळते. सारांशतः, उपलब्ध साहित्य दर्शवते की:

- महाराष्ट्र सौर पंप स्थापनेत देशात आघाडीवर आहे.
- विद्यमान योजनांमुळे दिवसा सिंचन सुलभ झाले आहे.
- मात्र, ऊर्जा वाया जाण्याची समस्या अजूनही मोठ्या प्रमाणात आहे.
- या ऊर्जेचा उपयोग घरगुती व पूरक उद्योगांसाठी केल्यास ग्रामीण अर्थव्यवस्था बळकट होईल.
- DC सौर ऊर्जा AC मध्ये रूपांतरित करणे आवश्यक आहे.
- DC ते AC रूपांतरण करिता USPC नावाचे बहुउपयोगी तंत्रज्ञान उपलब्ध आहे.
- जागतिक पातळीवरील अनुभव याची पुष्टी करतात.

म्हणूनच हे संशोधन विद्यमान योजनांमध्ये सुधारणा सुचवून सौर ऊर्जेचा कार्यक्षम व बहुउद्देशीय वापर कसा साधता येईल यावर लक्ष केंद्रित करते.

६. संशोधन पद्धत

या संशोधनात सौर ऊर्जेचा कार्यक्षम उपयोग आणि तिचे बहुविध अनुप्रयोग यांचा अभ्यास करण्यासाठी विविध टप्प्यांत पद्धतशीर दृष्टिकोन अवलंबण्यात आला. शेतकऱ्यांशी चर्चा करून त्यांच्या दैनंदिन गरजांची माहिती घेण्यात आली. खालीप्रमाणे काही प्रश्न विचारण्यात आले.

1. आपला सौर कृषी पंप किती HP चा आहे?

2. आपण सौर कृषी पंपाचा वापर किती तास करता ?
3. इतर वेळी निर्माण होणाऱ्या उर्जेचा आपण उपयोग करता का ?
4. उर्वरित उर्जेचा वापर तुम्ही इतर उपयोगासाठी करू शकता, हे तुम्हाला माहित आहे का ?
5. इतर उपयोगासाठी आपण सौर ऊर्जा वापरण्यास आपण इच्छुक आहात का ?
6. कोणत्या उपयोगासाठी आपण सौर ऊर्जा वापराल ?
7. वापरासाठी आवश्यक तंत्रज्ञान तुम्हाला माहित आहे का ?
8. तंत्रज्ञान उपलब्ध करून दिल्यास आपण ते बसवाल का ?
9. सौर उर्जेच्या अतिरिक्त वापरामुळे आपले मासिक खर्च कमी होतील, असे आपल्याला वाटते का ?
10. जर शासनाकडून किंवा संस्थेमार्फत तांत्रिक व आर्थिक सहाय्य मिळाले, तर आपण ही प्रणाली स्वीकाराल का ?

१. क्षेत्रभेटी व प्राथमिक निरीक्षण

सुरुवातीस महाराष्ट्रातील बुलढाणा, हिंगोली आणि वाशीम जिल्ह्यांतील काही शेतकऱ्यांच्या शेतांवर भेटी दिल्या गेल्या. येथे स्थापित ३ HP, ५ HP आणि ७.५ HP क्षमतेचे ऑफ-ग्रिड सौर पंप प्रत्यक्षात पाहिले गेले. या पंपांचा उपयोग केवळ ३ ते ५ तास सिंचनासाठी होत असल्याचे स्पष्ट शेतकऱ्यांशी संवादातून स्पष्ट झाले. उर्वरित वेळेस सौर पॅनलमधून निर्माण होणारी वीज वाया जात असल्याचे वास्तव अधोरेखित झाले.

या संवादातून असेही लक्षात आले की ग्रामीण कुटुंबांना घरगुती वीजेची मोठी कमतरता आहे. त्यांना शेतामध्ये पंखे, दिवे, टीव्ही, मिक्सर यांसाठी वीज हवी होती, परंतु सौर ऊर्जा या कारणांसाठी वापरता येत नाही कारण ती DC स्वरूपाची आहे. तसेच शेतकऱ्यांनी धान्य मळणी, आटाचक्की, चारा कटर, दुग्धशाळेतील रेफ्रिजरेशन आणि ई-वाहन चार्जिंग यांसारख्या उपक्रमांसाठी ऊर्जेची गरज असल्याचे देखील सांगितले.



(छायाचित्र १ : ५ HP सौर कृषी पंप - श्री. हरिभाऊ गणपत उलेमाले, आजेगाव, जिल्हा हिंगोली यांच्या शेतात भेट)
(छायाचित्र २ : ५ HP सौर कृषी पंप - श्री. अमित ओमप्रकाश तोष्णीवाल, लोणार, जिल्हा बुलढाणा यांच्या शेतात भेट)
(छायाचित्र ३ : ५ HP सौर कृषी पंप - श्री. वसंता पुंडलिक गोरे, पंचाळा, जिल्हा वाशीम यांच्या शेतात भेट)

२. समस्या संरचना व उद्दिष्ट निर्धारण

या सर्व निरीक्षणांच्या आधारे मुख्य समस्या म्हणून सौर उर्जेचा अपव्यय ओळखण्यात आला. त्यावर उपाय म्हणून उद्दिष्ट निश्चित करण्यात आले की उपलब्ध DC ऊर्जेला AC मध्ये रूपांतरित करून विविध क्षेत्रात वापरण्यायोग्य करणे व ठोस पर्याय सुचविणे.

३. तांत्रिक डिझाईन व संकल्पना

यासाठी DC-AC कन्व्हर्टर प्रणाली विकसित करण्याचा विचार करण्यात आला. ही प्रणाली सौर पॅनलमधून येणारी DC वीज उच्च दर्जाच्या इन्व्हर्टरमार्फत AC मध्ये रूपांतरित करेल. या प्रक्रियेत सुरक्षा, कार्यक्षमता आणि किफायतशीरता यावर विशेष लक्ष केंद्रित करण्यात आले. रूपांतरणानंतर निर्माण होणारी AC वीज घरगुती व औद्योगिक उपकरणांसाठी थेट उपलब्ध होईल. उपलब्ध सर्व उपकरणांची माहिती यांचा सखोल अभ्यास करण्यात आला.

४. प्रायोगिक प्रणाली व अंमलबजावणी

प्रोटोटाईप स्तरावर सौर पंपाशी जोडलेली नागपूर जिल्ह्यातील एक सार्वत्रिक सौर पंप नियंत्रक किंवा युनिव्हर्सल सोलर पंप कंट्रोलर (USPC) ही प्रायोगिक कन्व्हर्टर प्रणाली तपासण्यात आली. दिवसातील वेगवेगळ्या वेळांना निर्माण होणारी ऊर्जा, तिचा वापर व वाया जाणारा हिस्सा यांचा डेटा संकलित केला गेला. त्यानुसार AC वीजेचा वापर दिवसभर घरगुती उपकरणे, मळणी यंत्र, कडबा कटर, अन्नप्रक्रिया यंत्रे आणि ई-वाहन चार्जिंगसाठी करता येतो हे सिद्ध झाले.



(छायाचित्र ४ : शेतकरी श्री. प्रमोद दशरथराव डियंकर यांच्या सौर कृषी पंपावरील सार्वत्रिक सौर पंप नियंत्रक प्रणाली व त्या मार्फत बहुपयोग कार्य.)

५. डेटा विश्लेषण व परिणाम मूल्यांकन

संकलित आकडेवारीतून असे दिसून आले की पूर्वी जिथे ऊर्जा केवळ सिंचनापुरती वापरली जात होती, तिथे आता अतिरिक्त ६०-७०% वीज इतर क्षेत्रांसाठी वापरणे शक्य झाले. यामुळे शेतकऱ्यांचे पूरक उत्पन्न वाढले, वीज वितरण कंपनीवरील आर्थिक भार कमी झाला आणि ग्रामीण समाजाला सातत्याने वीज मिळाली.

६. शाश्वततेचा विचार

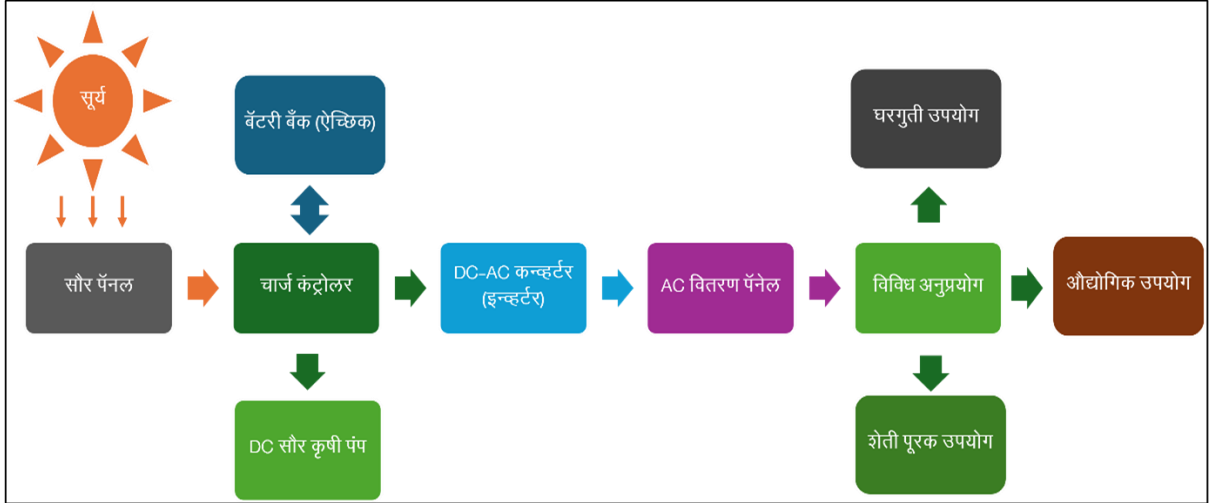
या संपूर्ण प्रक्रियेत पर्यावरणीय व सामाजिक शाश्वततेचा विचार करून योजना आखण्यात आली. अपव्यय टाळल्याने कार्बन उत्सर्जन कमी होईल आणि स्थानिक पातळीवर ऊर्जा स्वावलंबनाचा पाया रचला जाईल.

७. तांत्रिक पडताळणी व उपकरणे

सौर कृषी पंपांमधून निर्माण होणारी वीज ही मूलतः DC स्वरूपात असते. सिंचनासाठी वापरले जाणारे पंप हे बहुतांश DC मोटर-आधारित असतात. त्यामुळे उर्जा थेट सिंचनासाठी वापरता येते. मात्र, ही उर्जा इतर घरगुती वा औद्योगिक उपकरणांसाठी वापरण्यासाठी आवश्यक असते ती AC उर्जा. भारतातील बहुतेक घरगुती व औद्योगिक उपकरणे (फ्रिज, टीव्ही, मिक्सर, आटाचक्की, पंखे, श्रेशर, कोल्ड स्टोरेज, ई-वाहन चार्जिंग स्टेशन्स इ.) AC वर चालतात. म्हणूनच सौर DC उर्जेचे AC मध्ये रूपांतर हा संपूर्ण डिझाईनचा गाभा आहे.

सौर कृषी पंप व विविध अनुप्रयोग मूलभूत रचना

खालील आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे सौर पॅनलमधून मिळणारी ऊर्जा प्रथम चार्ज कंट्रोलर मधून जाते. तिथे ती स्थिर केली जाते व आवश्यक असल्यास बॅटरी बँकेत साठवली जाते. दोन भागात विभागली जाते एक सौर कृषी पंपाकरिता व दुसरी AC कन्व्हर्टर करिता. त्यानंतर DC-AC कन्व्हर्टर द्वारे वीजेचे AC मध्ये रूपांतर केले जाते. अखेरीस AC वितरण पॅनेलमार्फत घरगुती व औद्योगिक उपकरणांना वीजपुरवठा केला जातो.



आकृती १ : सौर DC ते AC रूपांतरण प्रणाली

संरचना सौर पॅनल - चार्ज कंट्रोलर - बॅटरी बँक (ऐच्छिक) - DC-AC कन्व्हर्टर (इन्व्हर्टर) - AC वितरण पॅनेल - विविध अनुप्रयोग (घरगुती, शेती पूरक, औद्योगिक इ.)

तांत्रिक घटकांचे वर्णन

१. सौर पॅनल (Solar PV Array)

- प्रकार: Polycrystalline / Monocrystalline
- क्षमता: ३ kW - ७.५ kW (३ HP किंवा ५ HP पंपासाठी)
- कार्य: दिवसा सूर्यप्रकाशातून DC वीज निर्मिती करणे.

२. चार्ज कंट्रोलर (MPPT आधारित)

- कार्य: सौर पॅनलचे आउटपुट स्थिर ठेवणे व ओव्हरलोड/ओव्हरव्होल्टेज संरक्षण.
- Maximum Power Point Tracking वापरून २०-२५% जास्त कार्यक्षमतेसह ऊर्जा रूपांतरण.

३. बॅटरी बँक (Battery Storage – Optional)

- प्रकार: LiFePO_4 किंवा उन्नत Lead-Acid
- उपयोग: उर्जेचा अतिरिक्त वापर रात्री वा ढगाळ वातावरणात.
- भविष्यातील स्मार्ट मायक्रोग्रिड साठी आवश्यक.

४. DC-AC कन्व्हर्टर (Inverter)

- इन्व्हर्टर प्रकार: Pure Sine Wave Inverter
- इनपुट: 48V / 96V DC
- आउटपुट: 220V / 50Hz AC
- कार्य: सौर DC उर्जेचे AC मध्ये रूपांतर करून घरगुती व औद्योगिक उपकरणांसाठी उपयुक्त करणे.

५. AC वितरण पॅनेल (Distribution Panel)

- कार्य: सुरक्षिततेसाठी MCB, RCD, Surge Protector सह घरगुती वा औद्योगिक लोडकडे वीजवाटप करणे.

६. संभाव्य अनुप्रयोग (Applications)

या प्रणालीतून निर्माण होणारी वीज पुढील कार्यांसाठी वापरता येईल:

- धान्य मळणी यंत्र (Thresher Machine)
- घरगुती उपकरणे (Fans, Lights, Mixer, Refrigerator, TV)
- आटाचक्की (Flour Mill)
- ई-वाहन चार्जिंग (Electric Tractor, Scooter, Rickshaw)
- दुग्धशाळा व मिनी कोल्ड स्टोरेज
- अन्न प्रक्रिया युनिट्स (Oil Extraction, Fodder Cutter, Packaging)

कार्यपद्धतीचा सविस्तर प्रवाह (Working Principle)

सकाळपासून सौर पॅनेल ऊर्जा निर्मिती करतात आणि त्या ऊर्जेचा सर्वप्रथम उपयोग पाणी पंप चालवण्यासाठी केला जातो. पंप बंद झाल्यावर निर्माण होणारी ऊर्जा चार्ज कंट्रोलरच्या माध्यमातून कन्व्हर्टरकडे वळवली जाते, जिथे ती डीसी वरून एसीमध्ये रूपांतरित होते. पुढे एसी वितरण पॅनेलद्वारे विविध उपकरणांना वीज पुरवली जाते. दिवसभरात जर जास्त ऊर्जा निर्माण झाली तर ती बॅटरीमध्ये साठवली जाते आणि रात्रीच्या वेळी तिचा वापर करता येतो.

८. प्रस्तावित समाधान

विविध प्रकारच्या DC-AC कन्व्हर्टर्सचे निरीक्षण आणि तांत्रिक मूल्यमापन केल्यानंतर असे दिसून आले की पारंपरिक इन्व्हर्टर-आधारित उपाय केवळ पाणी पंपविण्यापुरते मर्यादित राहतात. त्यामुळे सौर ऊर्जेचा वापर कृषीतील इतर कार्यांमध्ये होत नाही आणि शेतकऱ्यांच्या गुंतवणुकीचा पुरेपूर फायदा मिळत नाही. या पार्श्वभूमीवर सार्वत्रिक सौर पंप नियंत्रक किंवा युनिव्हर्सल सोलर पंप कंट्रोलर (USPC) ही संकल्पना अत्यंत उपयुक्त असल्याचे स्पष्ट झाले. USPC आज स्थापित असलेल्या सर्व सौर कृषी पंपांना लावता येते. तसेच भविष्यात सौर कृषी पंपासहित स्थापित करण्यास बंधनकारक करता येईल. प्रस्तुत अभ्यासात या संकल्पनेचा अवलंब करून सौर पंप प्रणालीसाठी सर्वात उपयुक्त पर्याय म्हणून USPC प्रस्तावित करण्यात येत आहे.

USPC म्हणजे काय ?

USPC हे एक बहुउपयोगी पॉवर इलेक्ट्रॉनिक उपकरण आहे, जे DC वीज AC मध्ये रूपांतरित करून विविध कृषी भारांना कार्यक्षमतेने ऊर्जा पुरवते. पारंपरिक पंप नियंत्रकांपेक्षा वेगळे, USPC केवळ सिचनासाठी पंप चालवण्यापुरते मर्यादित न राहता श्रेणर, चाफ कटर, ग्राइंडर, डीप फ्रीजर यांसारखी इतर कृषी उपकरणेही चालवू शकते. त्यामुळे सौर पॅनेलद्वारे मिळणाऱ्या ऊर्जेचा वापर वर्षभर अनेक अनुप्रयोगांसाठी होऊ शकतो आणि प्रणालीचा कार्यक्षम वापर सुनिश्चित होतो.

कार्यपद्धती आणि मोड्स

या नियंत्रकाचे कार्य बहुतत्त्व स्रोतांवर आधारित आहे. हे उपकरण सौर पॅनेल, बॅटरी बँक किंवा सिंगल-फेज AC ग्रिड या तिन्ही स्रोतांमधून वीज स्वीकारू शकते. उपलब्ध ऊर्जेच्या आधारे USPC विविध मोड्समध्ये कार्य करते. सौर प्राधान्य मोडमध्ये दिवसाच्या वेळी थेट सौरऊर्जेचा वापर केला जातो. सूर्यप्रकाश अपुरा असल्यास बॅटरी बँकअप मोड सक्रिय होतो. त्याचप्रमाणे, आवश्यकतेनुसार AC ग्रिडमधून पुरवठा घेणारा ग्रिड सपोर्ट मोडही कार्यान्वित होतो. हायब्रिड मोडमध्ये सौर व बॅटरी यांचा संयोग करून सातत्यपूर्ण वीज पुरवठा सुनिश्चित केला जातो.

तांत्रिक घटक

तांत्रिक दृष्ट्या USPC मध्ये DC-DC कन्व्हर्टर, DC-Link Capacitor, IGBT किंवा MOSFET आधारित DC-AC इन्व्हर्टर ब्रिज, मायक्रोकंट्रोलर अथवा DSP आधारित डिजिटल कंट्रोल युनिट आणि आउटपुट फिल्टर यांचा समावेश असतो. या घटकांमुळे इनपुट DC स्थिर ठेवणे, एसी आउटपुट हार्मोनिक्स कमी करणे, तसेच भारतानुसार वीज पुरवठ्याचे अचूक नियमन करणे शक्य होते. याशिवाय मायक्रोकंट्रोलरद्वारे MPPT (Maximum Power Point Tracking) तंत्रज्ञानाची अंमलबजावणी केली जाते, ज्यामुळे सौर पॅनेलमधून उपलब्ध ऊर्जा जास्तीत जास्त प्रमाणात वापरली जाऊ शकते.

संरक्षण आणि विश्वासार्हता

USPC मध्ये अंगभूत संरक्षण व्यवस्था असल्यामुळे ओव्हरलोड, शॉर्ट सर्किट, ओव्हर व्होल्टेज किंवा अंडर व्होल्टेज अशा स्थितींमध्ये प्रणाली सुरक्षित राहते. हे उपकरण धूळ व पाणी प्रतिरोधक असून कठीण पर्यावरणीय परिस्थितीतही कार्यक्षमतेने कार्य करते. याशिवाय मोबाईल ॲप व IoT तंत्रज्ञानाद्वारे शेतकरी दूरस्थपणे आपल्या प्रणालीचे निरीक्षण आणि नियंत्रण करू शकतात. तसेच FOTA (Firmware Over the Air) तंत्रज्ञानामुळे सतत सॉफ्टवेअर अद्ययावत करून प्रणालीची कार्यक्षमता आणि विश्वासार्हता वाढविता येते.

आर्थिक व्यवहार्यता

युनिव्हर्सल सोलार पंप कंट्रोलर (USPC) प्रणालीच्या किमती आणि आर्थिक व्यवहार्यता विचारात घेतली तर सुरुवातीला त्यासाठी काहीशी जास्त गुंतवणूक करावी लागते. पॅनेल, कन्व्हर्टर, चार्ज कंट्रोलर आणि आवश्यक असल्यास बॅटरी बँक या घटकांचा एकत्रित खर्च पारंपरिक पंप व्यवस्थेपेक्षा अधिक येतो. मात्र या गुंतवणुकीचे परतावे (Return on Investment) दीर्घकालीन स्वरूपात लाभदायक ठरतात. USPC प्रणालीमुळे वाया जाणारी सौर ऊर्जा कार्यक्षमतेने वापरता येते, त्यामुळे शेतकऱ्यांचा खर्च कमी होतो आणि शासनालाही कृषी वीजपुरवठ्यावर लागणाऱ्या अनुदानाचा भार कमी करण्यास मदत मिळते. त्यामुळे प्रारंभिक खर्च जरी जास्त असला तरी ही प्रणाली आर्थिकदृष्ट्या व्यवहार्य मानली जाऊ शकते.

USPC आधारित व पारंपारिक सौर पंप तुलना

| घटक / मापदंड | पारंपरिक सौर पंप प्रणाली | USPC आधारित सौर पंप प्रणाली |
|--------------|--|--|
| ऊर्जेचा वापर | फक्त पाणी पंप चालवण्यासाठी, दिवसातून ३-५ तास | सिचन + अतिरिक्त ऊर्जा कार्यक्षमतेने वापर |

| घटक / मापदंड | पारंपरिक सौर पंप प्रणाली | USPC आधारित सौर पंप प्रणाली |
|----------------------|----------------------------------|--|
| ऊर्जा अपव्यय | ६०-७०% ऊर्जा वाया जाते | जवळजवळ पूर्ण ऊर्जा वापरली जाते |
| प्रारंभिक खर्च | तुलनेने कमी | किंचित जास्त (कन्व्हर्टर, कंट्रोलर इत्यादीमुळे) |
| देखभाल (O&M) | साधी, कमी तांत्रिक कौशल्याची गरज | थोडी अधिक तांत्रिक देखभाल आवश्यक |
| आर्थिक व्यवहार्यता | सिंचनापुरती मर्यादित, परतावा कमी | दीर्घकालीन परतावा जास्त, कारण ऊर्जा अपव्यय थांबतो |
| शेतकऱ्यांवरील परिणाम | फक्त शेतीसाठी उपयुक्त | पूरक वापरामुळे खर्च बचत व ऊर्जा स्वावलंबन |
| भविष्यकालीन विस्तार | मर्यादित | मायक्रोग्रिड, स्मार्ट नियंत्रण, ऊर्जा साठवण क्षमता |

(तक्ता - १ : पारंपरिक व USPC आधारित सौर पंप प्रणाली तुलना)

आर्थिक व सामाजिक परिणाम

USPC चा सर्वात मोठा फायदा म्हणजे सौर ऊर्जेचा वापर केवळ १५०-१८० दिवसांच्या सिंचन हंगामापुरता मर्यादित न राहता वर्षभर ३०० दिवसांपेक्षा जास्त काळ केला जाऊ शकतो. सिंचन नसलेल्या कालावधीतही इतर कृषी उपकरणांना वीज देऊन शेतकऱ्यांचे उत्पादन व उत्पन्न वाढवता येते. त्यामुळे सौर गुंतवणुकीचा परतावा वाढतो आणि ग्रामीण भागातील शाश्वत ऊर्जाव्यवस्था निर्माण होते.

१. अपेक्षित परिणाम

या संशोधनातून मांडलेल्या उपाययोजनेचा सर्वात मोठा फायदा म्हणजे सौर ऊर्जेचा अपव्यय थांबवणे. सध्या सौर कृषी पंपांमधून निर्माण होणारी व वाया जाणारी ऊर्जा DC ते AC कन्व्हर्टरद्वारे AC मध्ये रूपांतरित करून USPC सारख्या परिणामकारक उपकरणामुळे विविध घरगुती व औद्योगिक वापरासाठी उपलब्ध करून दिली, तर तिचा थेट परिणाम ग्रामीण समाजाच्या जीवनमानावर होईल.

प्रथम, शेतकऱ्यांच्या उत्पन्नात वाढ होईल. सिंचनाच्या व्यतिरिक्त धान्य मळणी यंत्र, अटाचक्की, चारा कटर, दुग्धशाळा, मिनी कोल्ड स्टोरेज यांसारख्या पूरक उपकरणांसाठी ऊर्जा उपलब्ध होईल. उदाहरणार्थ, एका ५ HP पंपामधून दररोज निर्माण होणाऱ्या अतिरिक्त ऊर्जेतून छोट्या प्रमाणात धान्य प्रक्रिया उद्योग चालवता येईल. यामुळे शेतकरी फक्त शेतमाल विक्रीवर अवलंबून न राहता प्रक्रिया व मूल्यवर्धनातूनही नफा कमावू शकतील.

दुसरे म्हणजे, घरगुती वापरासाठी वीज उपलब्ध होईल. ग्रामीण भागात लोडशेडिंगमुळे विद्यार्थ्यांना रात्री अभ्यास करता येत नाही, महिलांना घरगुती उपकरणे वापरता येत नाहीत. कन्व्हर्टर प्रणालीमुळे पंचे, दिवे, टीव्ही, फ्रिज यांसारखी साधने दिवसभर वापरता येतील. यामुळे ग्रामीण जीवनमान उंचावेल.

तिसरा महत्त्वाचा परिणाम म्हणजे ई-वाहन चार्जिंगची सुविधा. भारत ई-वाहनांच्या दिशेने जलदगतीने वाटचाल करत आहे. मात्र ग्रामीण भागात चार्जिंगची अधोसंरचना नाही. या प्रणालीमुळे गावोगावी ई-ट्रॅक्टर, ई-स्कूटर, ई-रिक्शा चार्ज करण्याची सोय होईल. यामुळे इंधन खर्च कमी होईल व पर्यावरणालाही मदत होईल.

चौथे म्हणजे, शासनावरील आर्थिक भार कमी होईल. सध्या कृषी विजेवर प्रचंड अनुदान दिले जाते. जर शेतकरी स्वतःच्या सौर ऊर्जेचा जास्तीत जास्त वापर करून ऊर्जास्वावलंबी झाले, तर वितरण कंपन्यांना मोठा दिलासा मिळेल.

याशिवाय, या उपाययोजनेमुळे ग्रामीण भागात रोजगारनिर्मिती होईल. स्थानिक तरुण पातळीवर पंप देखभाल, इन्व्हर्टर दुरुस्ती, मिनी उद्योग चालवणे, ई-वाहन चार्जिंग केंद्र व्यवस्थापन अशा विविध कामांत गुंतले जातील.

शेवटी, पर्यावरणीय परिणामही सकारात्मक आहेत. वीज निर्मितीसाठी कोळसा वा डिझेलचा वापर कमी होईल. सौर ऊर्जा कार्यक्षमतेने वापरल्यामुळे कार्बन उत्सर्जनात घट होईल आणि हरितगृह वायू कमी होतील.

सारांशतः, या संशोधनातून पुढील ठळक परिणाम अपेक्षित आहेत:

- वाया जाणारी सौर ऊर्जा ६०-७०% उपयुक्त ठरेल.
- शेतकऱ्यांचे पूरक उत्पन्न वाढेल.
- ग्रामीण जीवनमान उंचावेल.
- ई-वाहनांचा प्रसार वेगाने होईल.
- शासनावरील अनुदानाचा भार कमी होईल.
- पर्यावरण संरक्षणास चालना मिळेल.

१०. शोधकथन

सौर कृषी पंप योजना महाराष्ट्रात आणि देशभरात यशस्वीपणे राबवली जात असली तरी तिच्या अंमलबजावणीत काही मूलभूत मर्यादा दिसून येतात. वापरव्यातिरिक्त निर्माण होणारी ऊर्जा वाया जाते. अशा प्रकारे शासनाने केलेली प्रचंड गुंतवणूक आणि शेतकऱ्यांची अपेक्षा यांचा पूर्ण उपयोग होत नाही. याच ठिकाणी या संशोधनात सुचवलेला उपाय महत्त्वाचा ठरतो.

विद्यमान पद्धतीची मर्यादा

- ऊर्जेचा मर्यादित उपयोग: सौर पॅनल फक्त पंप चालवण्यासाठी वापरले जातात.
- उपयोगी वेळ कमी: दिवसभरातील बहुतांश वेळेत पॅनल उर्जा निर्माण करत असूनही ती वाया जाते.
- पूरक उत्पन्नाचा अभाव: शेतकरी फक्त सिंचनापुरते मर्यादित राहतात, अतिरिक्त आर्थिक लाभ मिळत नाही.
- अनुदानामुळे वितरण कंपनीवर व शासनावर आर्थिक ताण.
- ग्रामीण गरजांकडे दुर्लक्ष: घरगुती वीजटंचाई,
- ई-वाहन चार्जिंगची अधोसंरचना उपलब्ध नाही.

प्रस्तावित उपायाचे फायदे

- ऊर्जा कार्यक्षमतेने वापरली जाते.
- शेतकऱ्यांचे पूरक उत्पन्न वाढते.
- घरगुती सुविधा सुधारतात. दिवसभर पंखे, दिवे, फ्रिज, टीव्ही चालवता येतात.
- ई-वाहन चार्जिंग हब निर्माण होतात. ग्रामीण भाग हरित वाहतुकीसाठी तयार होतो.
- महावितरणचा भार कमी होतो, शासनाला अनुदान खर्च कमी करणे शक्य होते.
- ग्रामीण भागात स्थानिक पातळीवर रोजगारनिर्मिती होते (देखभाल, लघुउद्योग, सेवा क्षेत्र).
- कोळसा व डिझेलवरील अवलंबित्व कमी होऊन कार्बन उत्सर्जनात घट होते, आणि
- पर्यावरण संरक्षणास चालना मिळते.

तांत्रिक व सामाजिक अडचणी

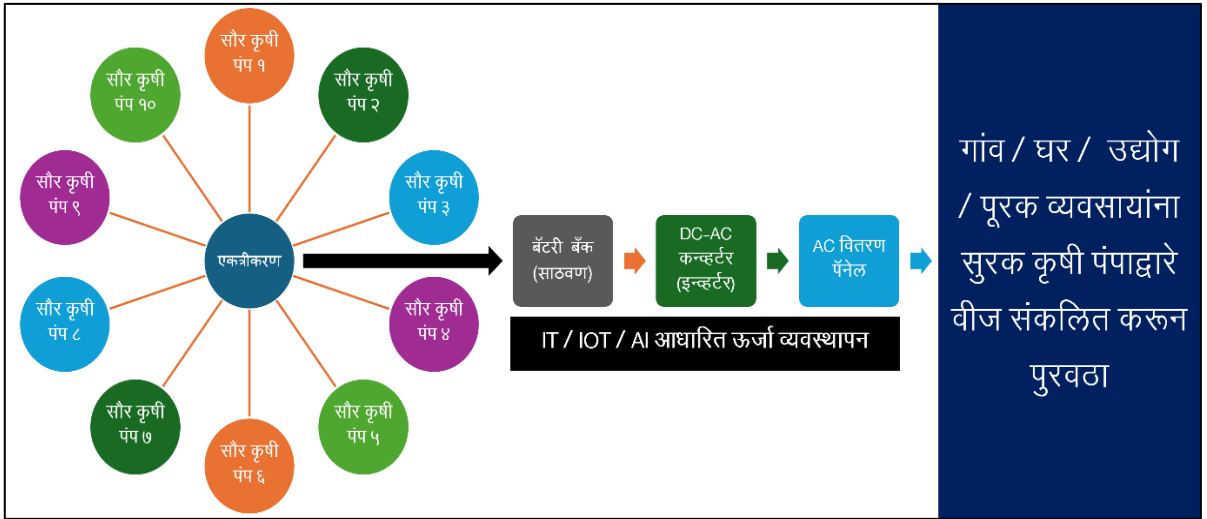
तरीही या उपाययोजनेत काही आव्हाने राहतील. इन्व्हर्टर प्रणालीचे प्रारंभिक भांडवली खर्च जास्त आहे. शेतकऱ्यांना तांत्रिक ज्ञानाची गरज आहे. ग्रामीण भागात कुशल तंत्रज्ञ कमी असल्यामुळे देखभाल व्यवस्थेत अडथळे येऊ शकतात. तसेच, अतिरिक्त ऊर्जा वापरण्यासाठी योग्य नियोजन व व्यवस्थापन करावे लागेल.

आंतरराष्ट्रीय उदाहरणे

आफ्रिका व आशियातील काही देशांत ऑफ-ग्रिड मायक्रोग्रिड मॉडेल्स यशस्वी ठरले आहेत. केनिया, टांझानिया, बांगलादेश येथे सौर मायक्रोग्रिड्समुळे ग्रामीण भागात ऊर्जा स्वावलंबन साध्य झाले आहे. भारतातही हीच संकल्पना शेतकऱ्यांच्या सौर पंपांशी जोडून आणता येईल. अशा प्रकारे महाराष्ट्राचे मॉडेल इतर राज्यांसाठी तसेच विकसनशील देशांसाठी आदर्श ठरू शकते.

११. भविष्यकालीन संकल्पना

या संशोधांतून अजून एक प्रभावी गोष्ट निदर्शनात आली ती म्हणजे भविष्यात एका गावात १०-१५ शेतकऱ्यांच्या पंपांमधून येणारी अतिरिक्त सौर ऊर्जा एकत्र करून गाव पातळीवरील ऊर्जा बँक तयार करता येईल. गावातील घरगुती व इतर वापराकरिता वापरता येईल. अत्याधुनिक तंत्रज्ञानाच्या सहाय्याने IT / IoT आधारित ऊर्जा व्यवस्थापन व मॉनिटरिंग करणे शक्य होईल. पिकांची गरज, हवामान व ऊर्जा मागणी यांचा विचार करून कृत्रिम बुद्धिमत्तेद्वारे (AI) ऊर्जा वाटप अधिक सोयीस्कर करता येईल. ग्रामीण भागात ई-ट्रॅक्टर, ई-रिक्षा वाढत आहेत. या प्रणालीला चार्जिंग हबमध्ये विकसित करता येईल. ग्रामीण भागात सौर ऊर्जा इतर अक्षय ऊर्जेसोबत एकत्र करून अधिक स्थिर वीज पुरवठा करता येईल.



आकृती २ : सौर कृषी पंपांच्या उर्जेचे एकत्रीकरण

संरचना : विविध सौर कृषी पंपांचे एकत्रीकरण - बॅटरी बँक (साठवण) - DC-AC कन्व्हर्टर (इन्व्हर्टर) - AC वितरण पॅनेल - विविध अनुप्रयोग (घरगुती, शेती पूरक, औद्योगिक इ.) IT / AI आधारित ऊर्जा व्यवस्थापन.

ही रचना केवळ सिंचनापुरती मर्यादित न राहता संपूर्ण ग्रामीण अर्थव्यवस्थेला नवे बळ देऊ शकते. वाया जाणारी सौर ऊर्जा विविध उत्पादक कामांसाठी वापरल्यास शेतकऱ्यांचे उत्पन्न वाढेल, रोजगारनिर्मिती होईल आणि ऊर्जा स्वावलंबन साध्य होईल. अशा पद्धतीने भारतातील ग्रामीण समाज आत्मनिर्भर भारत या संकल्पनेला तांत्रिक बळ देऊ शकेल.

१२. निष्कर्ष

महाराष्ट्र हे देशातील सर्वाधिक कृषी ग्राहक असलेले राज्य असून शेतकऱ्यांना दिवसा वीजपुरवठ्याअभावी मोठ्या अडचणींचा सामना करावा लागतो. शासनाच्या सौर पंप योजनांमुळे दिवसा सिंचन शक्य झाले असले तरी सध्या वाया जाणारी ऊर्जा ही सर्वात मोठी समस्या आहे. या पार्श्वभूमीवर मी बुलढाणा, वाशीम व हिंगोली जिल्ह्यांत क्षेत्रभेटी घेऊन शेतकऱ्यांशी संवाद साधला आणि त्यांच्या दैनंदिन गरजा जाणून घेतल्या. या चर्चेतून स्पष्ट झाले की अतिरिक्त उर्जा घरगुती, कृषी पूरक व औद्योगिक वापरासाठी उपयुक्त ठरू शकते.

या पार्श्वभूमीवर मी सुचवलेला उपाय म्हणजे सौर DC उर्जेचे AC मध्ये रूपांतर करण्यासाठी सार्वत्रिक सौर पंप नियंत्रक किंवा युनिव्हर्सल सोलार पंप कंट्रोलर (USPC) प्रणालीचा अवलंब करणे होय. USPC च्या साहाय्याने वाया जाणारी वीज विविध घरगुती व औद्योगिक वापरासाठी उपलब्ध होईल. परिणामी शेतकऱ्यांना पूरक उत्पन्नाचे नवे मार्ग मिळतील, ग्रामीण भागातील वीजटंचाई कमी होईल, ई-वाहन चार्जिंगची सोय होईल आणि शासनावरील आर्थिक भारही कमी होईल.

संशोधनादरम्यान एक महत्त्वाचा निष्कर्ष पुढे आला की भविष्यात गावातील १०-१५ शेतकऱ्यांच्या पंपांमधून निर्माण होणारी अतिरिक्त सौर ऊर्जा एकत्र करून गावपातळीवरील मायक्रो ग्रिड उभारता येईल. या संशोधनाचे परिणाम केवळ शेतकऱ्यापुरते मर्यादित न राहता संपूर्ण ग्रामीण अर्थव्यवस्थेला चालना देणारे ठरतात. शाश्वत विकास, ऊर्जा स्वावलंबन, पर्यावरण संरक्षण आणि ग्रामीण उद्योजकता या सर्व उद्दिष्टांना ही हातभार लावतात. भारत सरकारच्या आत्मनिर्भर भारत उपक्रमाशी हे पूर्णतः सुसंगत असून जागतिक स्तरावरही हे मॉडेल अनुकरणीय ठरू शकते.

सारांशतः, या अभ्यासातून स्पष्ट होते की सौर DC उर्जेचे AC मध्ये रूपांतर करण्यासाठी USPC प्रणालीचा वापर केल्यास वाया जाणारी ऊर्जा कार्यक्षमतेने वापरली जाऊन शेतकऱ्यांचे उत्पन्न वाढेल, रोजगारनिर्मिती होईल, ग्रामीण समाजाचे सर्वांगीण सक्षमीकरण साध्य होईल आणि आत्मनिर्भर भारताचे स्वप्न साकार होईल.

१३. संदर्भ सूची

- 1) महाराष्ट्र शासन, अटल सौर कृषी पंप योजना, महाराष्ट्र ऊर्जा विकास संस्था (MEDA), 2015/२०१८.
- 2) महाराष्ट्र शासन, मुख्यमंत्री सौर कृषी पंप योजना - शासकीय निर्णय (GR No. Solar Project-2018/C. No. 401/Energy-7, दि. 15.11.2018; सुधारित दि. 01.01.2019), ऊर्जा विभाग, मंत्रालय, मुंबई, २०१८/२०१९.
- 3) भारत सरकार, किसान ऊर्जा सुरक्षा एवं उत्थान महाभियान (KUSUM) - योजना मार्गदर्शक तत्त्वे, नवीन आणि नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (MNRE), नवी दिल्ली, २०१९.
- 4) जागतिक बँक, ऑफ-ग्रिड सौर बाजार प्रवृत्ती अहवाल, वॉशिंग्टन डी. सी.: जागतिक बँक प्रकाशन, २०१९.
- 5) सस्टेनेबल एनर्जी फॉर ऑल (SE4ALL), कृषीसाठी विकेंद्रीकृत नवीकरणीय ऊर्जा उपाय, न्यूयॉर्क: SE4ALL अहवाल मालिका, २०२०.
- 6) ए. कुमार आणि आर. सिंग, "ग्रामीण उपजीविकेसाठी सौर ऊर्जा: भारतातील प्रकरण अभ्यास," ऊर्जा धोरण जर्नल, खंड ४५, अंक २, पृ. २३३-२४८, २०२०.
- 7) वि. पटेल आणि एस. देशमुख, "सार्वत्रिक सौर पंप नियंत्रक: तांत्रिक अभ्यास", *अॅग्रीकल्चर एण्ड नवीकरणीय ऊर्जा संशोधन जर्नल*, खंड 10, अंक 3, पृ. 1125-1132, २०२०.
- 8) आंतरराष्ट्रीय ऊर्जा संस्था (IEA), उदीयमान अर्थव्यवस्थांमधील कृषीसाठी नवीकरणीय ऊर्जा, पॅरिस: IEA प्रकाशन, २०२१.
- 9) https://www.mahadiscom.in/solar_MTSKPY/index_mr.php
- 10) <https://pmkusum.mnre.gov.in/#/landing>