

SISTEMELE FOTOVOLTAICE – COMPONENTE ALE ECONOMIEI CIRCULARE

Ing. Gina Mihaela LUNĂ¹

¹Facultatea de Inginerie Electrică, Craiova, România

REZUMAT. Energia electrică a devenit indispensabilă o dată cu dezvoltarea tehnologiei și este necesară desfășurării oricărei activități economice. Aceasta se poate obține din surse convenționale cum sunt cărbunele, petrolul și gazele naturale și din surse neconvenționale precum: vântul, soarele și apa. Din radiația solară se obține energia fotovoltaică. Aceasta este captată, convertită în energie electrică și utilizată cu ajutorul sistemelor fotovoltaice. Lucrarea prezintă studiul realizat pentru a analiza impactul a patru parametri meteorologici precum temperatura medie, radiația solară directă, durata de strălucire a soarelui și viteza medie avântului asupra cantității de energie electrică generată de către sistemul fotovoltaic.

Cuvinte cheie: energie electrică, energie fotovoltaică, surse convenționale, surse neconvenționale, sisteme fotovoltaice, temperatura medie, durata de strălucire a soarelui, radiația solară directă, viteza medie a vântului, PVGIS.

ABSTRACT. Electricity has become indispensable with the development of technology and is necessary for any economic activity. It can be obtained from conventional sources such as coal, oil and natural gas and from unconventional sources such as wind, sun and water. Photovoltaic energy is obtained from solar radiation. It is captured, converted into electricity and used with the help of photovoltaic systems. The paper presents the study conducted to analyze the impact of four meteorological parameters such as average temperature, direct solar radiation, duration of sunlight and average wind speed on the amount of electricity generated by the photovoltaic system.

Keywords: electricity, photovoltaic energy, conventional sources, unconventional sources, photovoltaic systems, average temperature, duration of sunlight, direct solar radiation, average wind speed, PVGIS.

1. INTRODUCERE

Pentru a implementa un sistem fotovoltaic trebuie să se parcurgă mai multe etape precum alegerea sistemului fotovoltaic potrivit, în funcție de locația unde se implementează, dacă are acces la rețea, se utilizează un sistem fotovoltaic conectat la rețea, în caz contrar se va opta pentru unul autonom.

După această etapă trebuie să se dimensioneze sistemul, utilizând factura de energie electrică, din care se calculează consumul mediu pe an, dacă s-a optat pentru un sistem fotovoltaic conectat la rețea [3], sau consumatorii care vor fi utilizați, în cazul în care se va implementa unul autonom [2]. A treia etapă este stabilirea componentelor sistemului precum: panourile fotovoltaice, invertoarele, contorul cu dublu sens (doar pentru cel conectat la rețea), accesoriile, bateriile și regulatorul de încărcare. Ultimele două componente sunt doar pentru sistemul autonom.

Componentele se vor stabili în funcție de necesarul de energie electrică și de bugetul disponibil.

Următoarea etapă este stabilirea locului de amplasare al panourilor fotovoltaice care se face în funcție de spațiul existent și de numărul de acestora. Montarea se poate face pe sol sau pe acoperișul

imobilului, însă trebuie ca locul să fie expus corespunzător razelor solare [1].

După ce s-a ales locul instalării panourilor, se calculează unghiul de înclinare al acestora, utilizând un instrument digital cu laser sau cu ajutorul sistemului informatic geografic fotovoltaic (PVGIS) [8].

Etapă următoare este montarea sistemului care presupune montarea suporturilor pe acoperiș, a structurilor de susținere pe sol sau a trackerelor solare, urmată de montarea panourilor fotovoltaice, a celorlalte elemente componente precum și realizarea conexiunilor electrice.

Pentru montarea sistemului se utilizează scule și aparate de măsură precum ampermetru, voltmetru, wattmetru, luxmetru, aparate de măsurat unghiuri, mașină de găurit, trusă de chei, scară, scripete manual cu funie, ruletă și boloboc.

Ultima etapă este punerea sub tensiune a sistemului, urmând să fie produsă energia electrică.

2. STRUCTURA SISTEMULUI FOTOVOLTAIC ON GRID

A fost realizat un studiu de caz, în localitatea Malu Mare din județul Dolj, pentru a obține eficiența unui

SISTEMELE FOTOVOLTAICE – COMPONENTELE ALE ECONOMIEI CIRCULARE

sistem on grid, în funcție de temperatura medie, radiația solară directă, durata de strălucire a soarelui și viteza medie a vântului, dar și din punct de vedere economic.

Sistemul are puterea instalată de 5 kW.

Studiul preupune două etape:

1. Identificarea impactului pe care condițiile meteorologice le au asupra producției de energie electrică, generată de către sistemul fotovoltaic on grid.

Cercetarea a fost realizată pe o perioadă de 212 zile, folosind aplicația „Fusion Solar” [7], iar valorile parametrilor meteorologici au fost furnizate de către Administrația Națională de Meteorologie.

2. Determinarea rentabilității sistemului în funcție de raportul dintre investiție și producția de energie electrică.

Pentru efectuarea cercetărilor s-a utilizat dotarea existentă într-o gospodărie situată în localitatea Malu Mare (Fig. 2.1), datorită accesibilității, radiației solare și a puterii instalate.

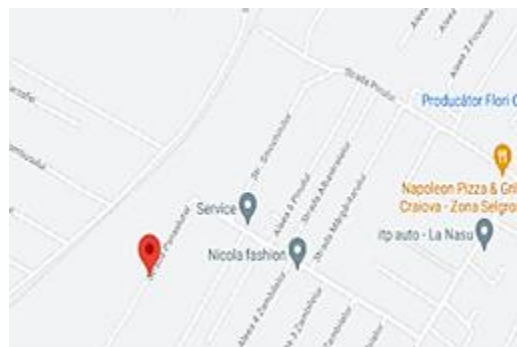








Fig. 2.1. Localizare punct de studiu [4].

În localitatea Malu Mare, radiația solară, are peste 1400 kWh/m² [5], însă pentru dimensionarea sistemului fotovoltaic, s-a considerat că intensitatea specifică radiației globale anuale pentru modulele fotovoltaice montate la înclinație optimă este de 1350 kWh/m², respectiv nivelul radiațiilor la nivelul solului de 1163 kWh/m².

Componentele sistemului fotovoltaic, sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1. Componentele sistemului implementat

Componentele sistemului	Imagine element component
15 panouri fotovoltaice policristaline de 335 W, orientate spre sud - vest (Fig. 2.2);	 <p>Fig. 2.2. Panouri fotovoltaice policristaline.</p>
1 invertor trifazat Huawei cu putere instalată de 5000 W (Fig. 2.3);	 <p>Fig. 2.3. Invertor Huawei.</p>
1 contor Or-we-520 (Fig. 2.4);	 <p>Fig. 2.4. Contor Or-we-520.</p>

Componentele sistemului	Imagine element component
1 tablou electric (Fig. 2.5);	 Fig. 2.5. Tablou electric.
1 contor electronic trifazat (Fig. 2.6);	 Fig. 2.6. Contor electronic trifazat.
1 set materiale conexiuni și un set structură de montaj a sistemului (Fig. 2.7).	 Fig. 2.7. Accesorii.

3. METODA FOLOSITĂ PENTRU A MONITORIZA PRODUCȚIA DE ENERGIEI ELECTRICĂ GENERATĂ DE CĂTRE SISTEMUL FOTOVOLTAIC

Pentru a monitoriza producția de energie electrică generată de către sistemul fotovoltaic se folosește aplicația “Fusion Solar” [7], fiind disponibilă pentru sistemul de operare Android, regăsindu-se în Play Store dar și pentru desktop (Fig. 3.1).



Fig. 3.1. Interfața Fusion Solar pentru desktop (stânga) și pentru Android (dreapta) [7].

A fost realizat un studiu pe o perioadă de 212 zile, în intervalul 01.01.2021 - 31.07.2021, pentru a observa variația producției energiei electrice, în funcție de caracteristicile meteorologice precum temperatura medie, durata de strălucire a soarelui, radiația solară directă și viteza vântului, acestea fiind oferite de către Administrația Națională de Meteorologie.

4. ANALIZAREA CONDIȚIILOR METEOROLOGICE

Graficul din figura 4.1 a fost realizat pentru a observa media zilnică a producției de energie electrică pentru fiecare lună în funcție de temperatura medie.

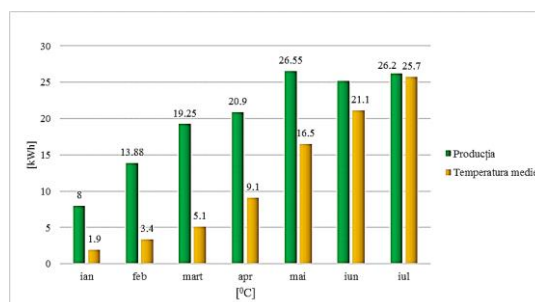


Fig. 4.1. Producția de energie electrică în funcție de temperatura medie.

SISTEMELE FOTOVOLTAICE COMPONENTELE ALE ECONOMIEI CIRCULARE

Figura 4.2. ilustrează valoarea mediei zilnice a producției și a duratei de strălucire a soarelui, pentru compararea rezultatelor cu scopul de a obține răspunsul la cât de mult influențează acest parametru meteorologic producția de energie electrică generată de către sistemul fotovoltaic.

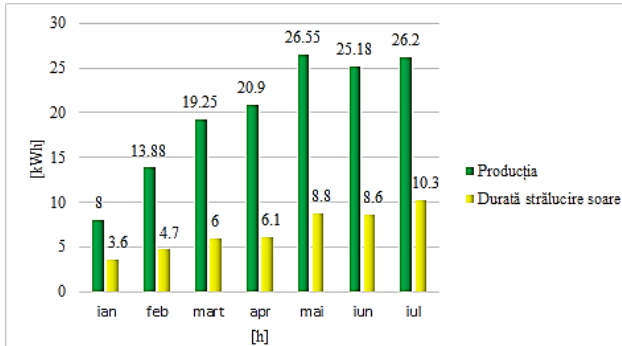


Fig. 4.2. Cantitatea de energie electrică generată în funcție de durata de strălucire a soarelui.

Graficul din figura 4.3. a fost realizat pentru a observa dacă radiația solară directă influențează cantitatea de energie electrică generată de către sistemul fotovoltaic.

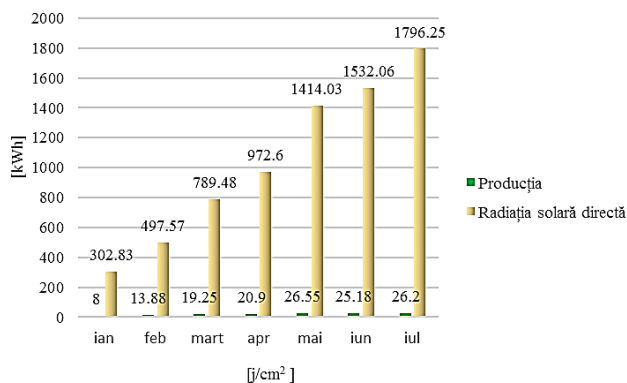


Fig. 4.3. Cantitatea de energie electrică generată în funcție de radiația solară directă.

Pentru a evidenția influența pe care viteza medie a vântului o are asupra producției de energie electrică, a fost realizat graficul din figura 4.4.

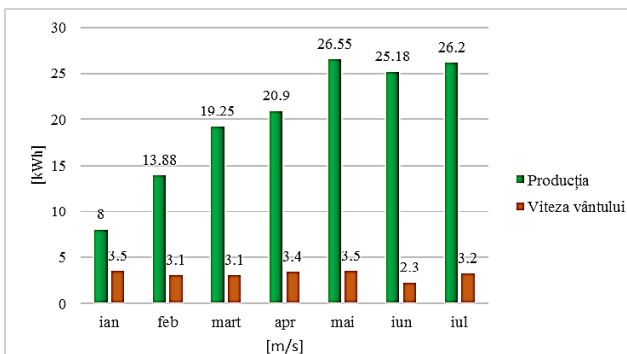


Fig. 4.4. Producția de energie electrică în funcție de viteza medie a vântului.

Analizând graficele din figura 4.1. - figura 4.4., cantitatea cea mai mare de energie electrică a fost generată în luna mai (Fig. 4.5).

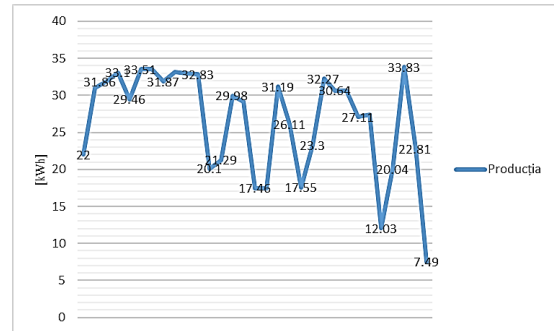


Fig. 4.5. Producția de energie electrică generată în luna mai.

Comparând valorile reprezentate în figura 4.1. - figura 4.4., în luna ianuarie producția a înregistrat valorile cele mai mici (Fig. 4.6).

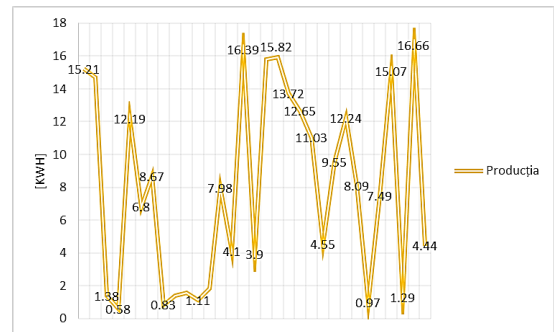


Fig. 4.6. Producția de energie electrică generată în luna ianuarie.

5. PRODUCȚIA / CONSUMUL DE ENERGIE ELECTRICĂ

Utilizând aplicația „Fusion Solar” [7], este un software folosit pentru a monitoriza sistemul fotovoltaic implementat, au fost obținute graficele din figura 5.1. și figura 5.2.

În figura 5.1. este prezentată ziua în care s-a înregistrat cea mai mare cantitate de energie electrică.

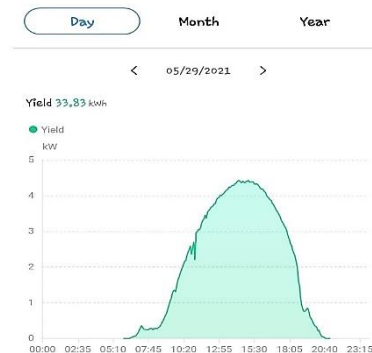


Fig. 5.1. Cantitatea de energie electrică generată pe data de 29.05.2021 [7].

Figura 5.2. ilustrează cea mai mică cantitate de energie electrică produsă în cele 212 zile studiate.



Fig. 5.2. Cantitatea de energie electrică generată pe data de 04.01.2021 [7]

6. DETERMINAREA RENTABILITĂȚII SISTEMULUI ÎN FUNCȚIE DE RAPORTUL DINTRE INVESTIȚIE ȘI PRODUCȚIA DE ENERGIE ELECTRICĂ

Sistemul a fost achiziționat cu suma de 28.375 lei însă proprietarul a beneficiat de programul de finanțare nerambursabilă „Casa Verde Fotovoltaice” [6], iar acesta a investit suma de 8.375 lei. Sistemul de la data de 01.01.2021 - 31.07.2021 a generat 4.251,78.

Se consideră că toți kWh au fost livrați în rețea.

A fost realizat un calcul simplu pentru a obține suma care va fi încasată pentru cantitatea de energie electrică generată de către sistemul fotovoltaic, considerându-se că aceasta a fost livrată în rețeaua națională.

Prețul pentru un MWh livrat în rețea este de 196,56 lei, 0,19 lei / kWh, suma obținută pentru cei 4.251,78 kWh produși, este prezentată în ecuația 6.1.

$$0,19 \text{ lei} \times 4.251,78 \text{ kWh} = 807,83 \text{ lei} \quad (6.1)$$

S-a realizat raportul dintre suma obținută și perioada de timp, respectiv șapte luni, s-a obținut suma primită pe lună, pentru energia electrică generată, descrisă în ecuația 6.2.

$$807,83 \text{ lei} / 7 \text{ luni} = 115,40 \text{ lei} / \text{lună} \quad (6.2)$$

S-a realizat raportul dintre suma investită pentru implementarea sistemului fotovoltaic și suma de bani obținută pe lună din energia electrică livrată în rețea, rezultând durata de recuperare a investiției, exprimată în luni, descrisă în ecuația 6.3.

$$8.375 \text{ lei} / 115,40 \text{ lei} = 73 \text{ luni} \quad (6.3)$$

Luând în considerare doar energia electrică generată de către sistemul fotovoltaic se poate estima că perioada de recuperare a investiției va fi de 73 de luni.

Dacă producția de energie electrică obținută este utilizată de către consumatorii folosiți în cadrul locuinței, durata de recuperare a investiției este mai mică pentru că prețul unui MWh este 7.200 lei conform unei oferte din piață liberă, 0,72 lei / kWh, astfel se obține suma de 3.061,28, utilizând următorul calcul (6.4):

$$0,72 \text{ lei} \times 4.251,78 \text{ kWh} = 3.061,28 \text{ lei} \quad (6.4)$$

A fost realizat raportul dintre suma obținută și cele șapte luni, timp în care au fost generați cei 4.251,78 kWh, rezultând suma care ar putea fi plătită pe lună (6.5).

$$3.061,28 \text{ lei} / 7 \text{ luni} = 437,32 \text{ lei} / \text{lună} \quad (6.5)$$

Realizând raportul dintre suma care a fost investită pentru implementarea sistemului și suma lunară care ar putea fi plătită pentru achiziționarea energiei electrice din rețea, rezultă durata de recuperare a investiției, exprimată în luni, descrisă în (6.6).

$$8.375 \text{ lei} / 437,32 \text{ lei} = 20 \text{ luni} \quad (6.6)$$

Suma de 8.375 lei achitată pentru achiziționarea sistemului fotovoltaic va fi recuperată prin scăderea soldului facturilor, astfel cantitatea de energie electrică preluată din rețea va fi mai mică.

Etapile implementării și alegerii tipului de sistem potrivit sunt prezentate în figura 6.1.

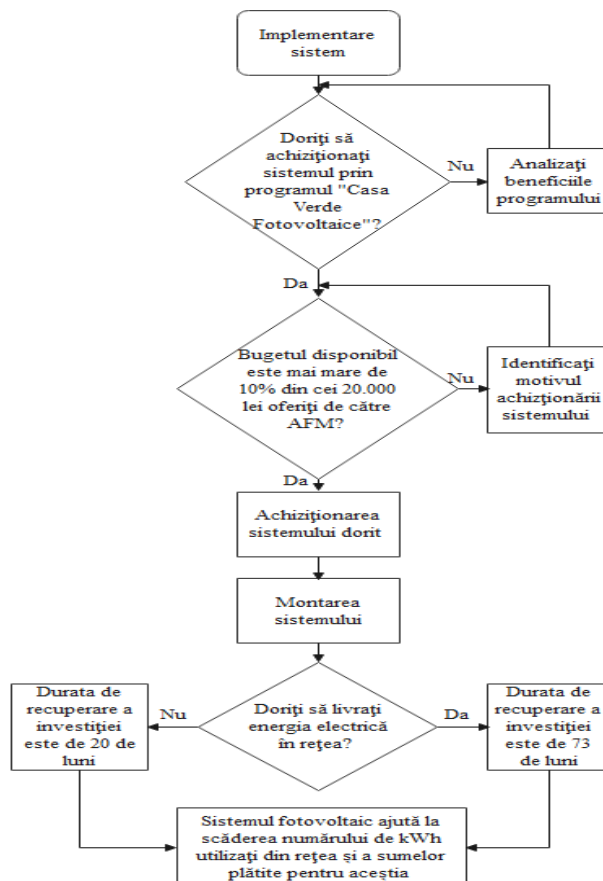


Fig. 6.1. Explicația figurii.

5. CONCLUZII

Comparând condițiile meteorologice cu producția de energie electrică, în cele 212 zile de studiu, s-au obținut următoarele date:

Cantitatea cea mai mare de energie electrică generată într-o zi, a fost de 33,83 kWh, pe data de 29.05.2021, la această dată, temperatura medie, a fost de 17,6 0C, soarele a strălucit 12,2 ore, radiația solară a avut valoarea de 2641 J/cm², iar vântul a bățut cu 4,5 m/s.

Producția cea mai mică de energie electrică, a fost înregistrată pe data de 04.01.2021, cu valoarea de 0,58 kWh. În această zi, temperatura medie a fost de 8,1 0C, soarele a strălucit zero ore, radiația solară a avut valoarea de 1 J/cm², iar vântul a bățut cu 5 m/s.

Se poate observa că temperatura maximă nu coincide cu ziua în care producția are valoare maximă, la fel și în cazul temperaturii medii, duratei de strălucire a soarelui, însă conform tabelului 5.18, producția maximă înregistrată într-o lună, a fost în luna mai, când temperatura medie a avut valoare mare, la fel ca în cazul duratei de strălucire a soarelui și a radiației directe.

Cantitatea cea mai mică de energie electrică, generată de către sistemul fotovoltaic, a fost în ziua în care durata de strălucire a soarelui și radiația directă, avut cea mai mică valoare din zilele studiate. Putem concluziona că acești factori meteorologici, pot influența cantitatea de energie electrică generată de către sistemul fotovoltaic.

În figura 12, se poate observa că valoarea maximă a vitezei medii a vântului, a fost, în luna ianuarie, când s-a generat cea mai mică cantitate de energie electrică, din cele șapte studiate și în luna mai, care este pe primul loc ca și producție de energie electrică. Putem concluziona, că viteza medie a vântului, poate

influența producția de energie electrică generată de către sistemul fotovoltaic implementat.

Pentru a obține rezultate mai concrete, studiul poate fi prelungit în lunile în care nu a fost realizată cercetarea, pentru a observa producția de energie electrică, când intensitatea soarelui este mai mare și ziua este mai lungă în comparație cu noaptea iar cerul este predominant senin cum este luna august.

Durata de recuperare a investiției a fost calculată pentru energia electrică generată de către sistemul fotovoltaic. Pentru a obține date mai concrete pentru termenul de recuperare a investiției, cercetarea poate fi extinsă pe o perioadă de 12 luni.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Dobre E. M., Dobrescu E. M. *Energiile regenerabile. Eficienta economica, sociala si ecologica*, Editura Sigma, România, 2009, pp. 90-93.
- [2] Roy J. N., Bose D. N., *Photovoltaic Science and Technology*, Cambridge University Press, 2018, pp. 383 – 387.
- [3] Yang.Y., Kim A. K., Blaabjerg F., Sangwongwanich A., *Advances in Grid-Connected Photovoltaic Power Conversion Systems*, Elsevier Books, 2018, pp. 45 -54.
- [4] Localizare localitatea Malu Mare, <https://www.google.com/maps/place/Strada+Panselutei/@44.2902891,23.8255579,16z/data=!4m5!3m4!1s0x4752d63e388584a1:0xa9cd5ce67d aa5aa9!8m2!3d44.2896325!4d23.8318021>.
- [5] ***Potențialul solar la nivelul României, 2020 <https://www.panourisolareconstanta.ro/harta-radiatia-solara-in-romania>.
- [6] ***Programul „Casa Verde Fotovoltaice”, <https://www.impact.ro/programul-casa-verde-2020-ce-proiecte-poti-finanta-cu-cei-20-000-de-lei-de-la-stat-75863.html>.
- [7] ***Programul Fusion Solar, <https://eu5.fusionsolar.huawei.com/unisso/login.action?service=%2Funisess%2Fv1%2Fauth%3.Fservice%3D%252Fnetecowebext%252Fhome%252Findex.html&decision=1#/LOGIN>.
- [8] ***Sistemului informatic geografic fotovoltaic, <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>.

Despre autor

Ing. Gina Mihaela LUNĂ

Facultatea de Inginerie Electrică, Craiova, România

A absolvit în anul 2014 Universitatea din Craiova, Facultatea de Inginerie Electrică, specializarea Ingineria și protecția mediului în industrie, în anul 2016 a absolvit Studiile universitare de master, specializarea Inginerie electrică aplicată în protecția și managementul mediului, iar din anul 2018 până în prezent, doctorand în cadrul Școlii doctorale de Inginerie Electrică și Energetică, domeniul Inginerie Electrică. Lucrează ca operator într-o firmă parteneră a unui furnizor și producător de energie electrică.