



Co-funded by the  
European Union



Funded by the  
European Union

Erasmus +



Acordare numărul: 2021-1-RO01-KA120-ADU-000045996  
Valabilitate: 01.02.2022 – 31.12.2027  
Proiect mobilitati prin Programul Erasmus+  
Nr. referință proiect: 2023-1-RO01-KA121-ADU-000113433  
Durata: 01.06.2023 – 31.08.2024  
Beneficiar: Asociația ELOAH Craiova

# „ENERGIA REGENERABILĂ: BENEFICIILE PENTRU OAMENI SI MEDIUL ÎNCONJURATOR”

## SUPORT DE CURS

MECHE ALINA -MIHAELA  
ASOCIAȚIA ELOAH CRAIOVA

2024

## INTRODUCERE

Energia regenerabilă reprezintă o formă de producere a energiei care se bazează pe surse naturale care se pot reînnoi în mod continuu. Acestea pot include lumina solară, vântul, apa în mișcare, biomasa sau căldura naturală a pământului. Principalul avantaj al energiei regenerabile este reprezentat de faptul că nu se epuizează și nu poluează mediul înconjurător în același mod în care o fac sursele de energie fosilă, cum ar fi cărbunile și petrolul. Prin captarea și transformarea acestor resurse naturale în electricitate sau căldură, energia regenerabilă ajută la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și la combaterea schimbărilor climatice. Aceasta reprezintă o soluție esențială pentru o tranziție energetică durabilă și curată, cu beneficii semnificative pentru mediul înconjurător și pentru societate.

Energia regenerabilă este renumită pentru modul natural și eficient în care se poate obține. În plus, această formă de energie verde poate fi captată și transformată într-o varietate de forme de energie, care pot fi utilizate pentru locuințe sau companii, prin intermediul tehnologiilor specifice acestora. De exemplu, printre tipurile de energie regenerabilă sau verde se numără următoarele:

- **Energia eoliană:** acest tip de energie regenerabilă se bazează pe mișcarea naturală a vântului, a fluxurilor sau a curenților de aer aflați în mișcare, care contribuie la rotirea turbinelor eoliene, furnizând, bineînțeles, energie verde, prietenoasă cu mediul înconjurător. Mai mult decât atât, turbinele eoliene generează energie cinetică, care este transformată, mai apoi, în electricitate cu ajutorul dispozitivului autogenerator. Este esențial să știi că, energia eoliană este una dintre cele mai rapide și eficiente surse de energie regenerabilă, fiind utilizată pentru producția de electricitate, mai ales la scară largă;
- **Energia solară:** este o formă de energie regenerabilă care se obține din lumina și căldura radiate și emise, bineînțeles, de către soare. În plus, energia solară este o sursă de energie regenerabilă extrem de abundentă, ce se utilizează pentru producția de electricitate, încălzirea apei și, mai nou, chiar pentru încălzirea clădirilor. Această modalitate eficientă contribuie atât la protejarea naturii, cât și la scăderea semnificativă a facturilor de gaze și curent electric;

În acest sens, panourile solare fotovoltaice reprezintă o tehnologie inovatoare, de ultimă generație, în ceea ce privește furnizarea de energie regenerabilă. Acestea au capacitatea de a capta radiațiile solare și de a le transforma în electricitate, într-un mod eficient și ecologic. Acest proces are loc în mod natural și nu implică emisii de poluanți sau consum de resurse finite și dăunătoare mediului înconjurător. Astfel, panourile solare sau sistemele fotovoltaice sunt o sursă importantă de energie verde și durabilă, care pot fi utile și pentru încălzirea locuinței tale. Funcționează pe baza unor module

solare, fiind principalele componente ale acestor sisteme. De asemenea, aceste module sunt formate din celule solare, care sunt conectate fie în serie, fie în paralel. Pe de altă parte, panourile solare termice preiau căldura și lumina de la soare pentru a încălzi apa din locuințe sau alte tipuri de imobile;

- **Energia hidroelectrică sau hidraulică:** aceasta se numără printre tipurile de energie alternativă, care produce energie electrică la nivel mondial, fiind printre cele mai cunoscute forme de energie regenerabilă. De asemenea, energia hidroelectrică sau hidraulică implică atât utilizarea apei curgătoare sau a apei acumulate în rezervoare și baraje, cât și gravitația pentru obținerea electricității. Modul de funcționare constă în turbinele hidroelectrice care transformă energia cinetică a apei ce se află în mișcare, în energie mecanică, prin rotație. Această energie mecanică poate fi apoi convertită în energie electrică, utilizând un generator;
- **Energia biomasei:** se obține prin arderea sau procesarea materialelor organice, precum lemnul, deșeurile agricole sau biogazul. Se poate utiliza atât pentru producerea de energie electrică, cât și pentru încălzirea locuințelor sau a altor clădiri;
- **Energia geotermală:** se bazează pe căldura provenită din interiorul Pământului, care poate fi accesată prin intermediul forajelor, respectiv puțurilor geotermale. Pe lângă încălzirea locuințelor și producerea energiei electrice din resurse regenerabile, energia geotermală se poate folosi inclusiv pentru centrele de balneoterapie;
- **Energia mareomotrică:** este un tip de energie alternativă, care se bazează pe fluxul și refluxul ce se formează la nivelul mărilor și oceanelor, fiind o metodă eficientă și ecologică. Astfel, această sursă de energie verde poate fi obținută din mișcarea apelor, producând, astfel, energie electrică. Principiul de funcționare se aseamănă cu cel al energiei eoliene, diferența fiind făcută de resursele regenerabile utilizate pentru producerea de energie electrică.

Așadar, prin intermediul utilizării și transformării resurselor naturale, precum lumina soarelui, marea sau curenții de aer, pentru a genera căldură sau electricitate pentru locuințe sau alte c principalele surse de energie regenerabilă includ energia solară, energia eoliană, energia hidroelectrică, energia biomasei, energia mareomotrică și energia geotermală.

**Avantaje** ale surselor de energie regenerabilă:

- **Sustenabilitatea** este principalul avantaj, deoarece sursele de energie regenerabilă sunt inepuizabile pe termen lung, se obțin pe cale naturală și, mai ales, acestea se reînnoiesc în mod firesc. Cu alte cuvinte, se folosesc resurse naturale care nu poluează și nu sunt dăunătoare pentru mediul

înconjurător. Astfel, se va reduce exploatarea și folosirea combustibililor fosili, care nu numai că sunt resurse limitate, dar se află și printre principalii factori de poluare și emisie de gaze cu CO<sub>2</sub>;

- **Reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră:** energia regenerabilă, verde, produce foarte puține, spre deloc, emisii de gaze cu efect de seră și alți poluanți atmosferici. În felul acesta, au avantajul de a contribui atât la reducerea schimbărilor climatice, care sunt din ce în ce mai severe, cât și la îmbunătățirea calității aerului;
- **Se pot face economii substanțiale pe termen lung:** deși costurile inițiale pentru instalarea echipamentelor de energie regenerabilă pot fi ridicate, costurile de utilizare și întreținere sunt, în general, mai mici decât cele pentru sursele tradiționale de energie, cum ar fi cărbunele sau petrolul. Prin urmare, acestea pot duce la economii semnificative pe termen lung, luând în considerare și reducerea costurilor energetice. Mai ales că resursele folosite sunt gratuite și inepuizabile, în mare parte;
- **Protejarea mediului înconjurător:** folosirea energiilor regenerabile contribuie la protejarea naturii, deoarece nu au un impact negativ asupra acesteia. De asemenea, calitatea vieții tale și a tuturor persoanelor care se află în preajma ta și nu numai, se va putea menține sau chiar îmbunătăți.

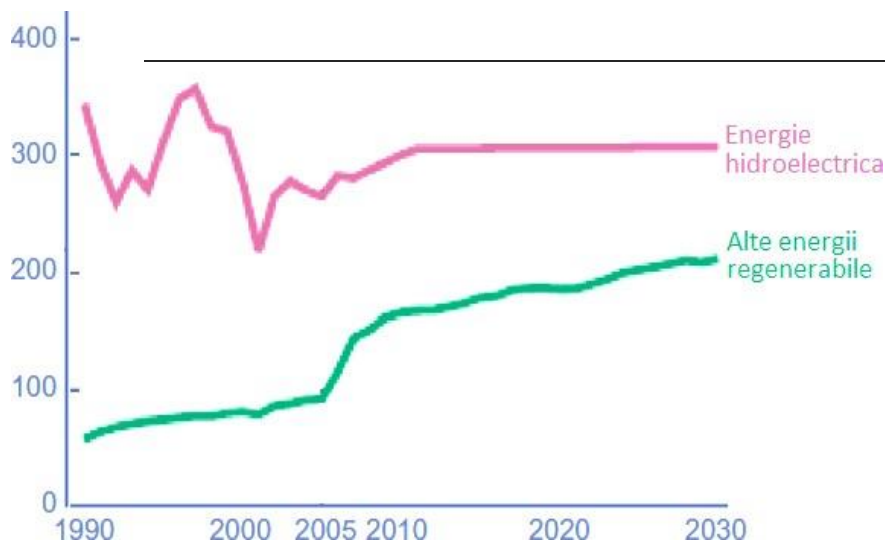
**Dezavantaje** ale surselor de energie regenerabilă:

- **Dependența de condițiile meteorologice:** Sursele de energie regenerabilă, cum ar fi energia solară și cea eoliană, depind de condițiile meteorologice, ceea ce poate duce la fluctuații în producția de energie;
- **Costuri inițiale mai crescute:** Investițiile inițiale în tehnologiile care produc energie regenerabilă pot fi mai ridicate. Cu toate acestea, se vor putea amortiza într-un timp foarte scurt, deoarece vei putea remarca scăderea cheltuielilor pentru plata facturilor de curent electric sau apă caldă, de exemplu;
- **Necesitatea unui spațiu mai mare pentru montare:** Unele surse de energie verde necesită mai mult spațiu pentru a fi instalate. Verifică acest detaliu înainte de a face o alegere optimă pentru nevoile tale de utilizare;

Contrar acestor dezavantaje, energia regenerabilă rămâne o opțiune versatilă și esențială atât pentru combaterea schimbărilor climatice, cât și pentru asigurarea unui viitor sustenabil. Avantajele sale, precum reducerea impactului asupra mediului înconjurător și a emisiilor de gaze cu efect de seră, sunt mult mai multe și mai importante decât potențialele dezavantaje.

În prezent funcționarea economiei mondiale se bazează în cea mai mare parte pe energia provenită din resurse neregenerabile (cărbune, petrol, gaze naturale). Factori precum emisiile de gaze de seră care favorizează încălzirea globală, poluarea, ploile acide, toate datorate utilizării acestor resurse convenționale, dar și semnalele de alarmă care atrag atenția asupra faptului că petrolul – principala

sursă de combustibili pentru transport – este pe cale de a se epuiza, au declanșat un proces de investiții semnificative la nivel global pentru a pune în valoare resursele regenerabile de energie. O presiune suplimentară asupra dezvoltării sectorului de energii regenerabile este adăugată și de creșterea continuă, prefigurată, a necesarului de energie datorită expansiunii economiei mondiale precum și ca urmare a creșterii continue a populației. Figura de mai jos arată tendința de dezvoltare a energiei electrice din surse regenerabile prognozată până în anul 2030.



# *Conversia energiei solare în energie electrică*

## **1 . Energia solară fotovoltaică(PV)**

Soarele reprezintă cea mai importantă sursă de energie pentru toate procesele naturale de pe Pământ. Este o sursă vitală de energie pentru supraviețuirea tuturor speciilor de plante și animale și furnizează energie pentru multe procese critice precum fotosinteza.

Metodele moderne de producere a energiei pe Pământ utilizează energia solară, în sensul general al cuvântului – într-un mod direct sau indirect. Forme indirecte de energie solară sunt materiale biologice din trecut care au fost transformate în combustibili fosili (petrol sau cărbune), precum și energia eoliană, hidro și bioenergia.

Instalațiile fotovoltaice solare generează o formă directă de energie solară.

### **1.1 Ce înseamnă Fotovoltaic?**

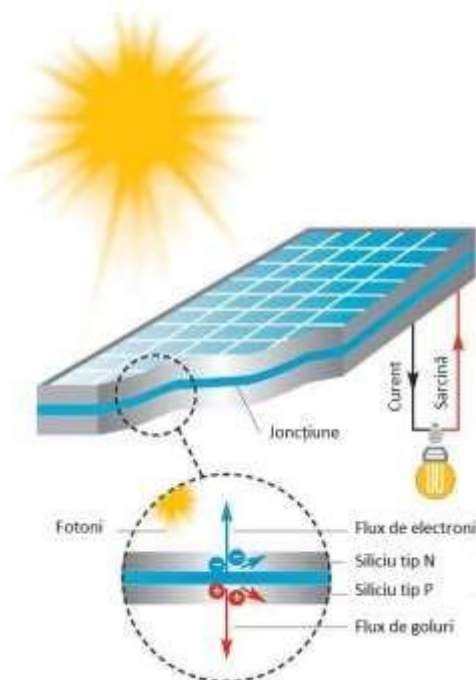
Sistemele fotovoltaice (PV) conțin celule care transformă energia soarelui în electricitate. În interiorul fiecărei celule se află straturi de material semiconductor. Căderea luminii pe celulă crează un câmp electric pe straturi, determinând circulația curentului electric.

Intensitatea luminii determină cantitatea de putere electrică generată de fiecare celulă.

Un sistem fotovoltaic poate opera chiar și în cazul unui soare mai puțin strălucitor și poate genera electricitate în zilele înnorate și cu ploaie din lumina reflectată a soarelui.

Dacă se consideră consumul actual de energie electrică și populația la nivel mondial, radiația solară care atinge suprafața Pământului ar putea asigura la orice moment aproximativ 20 GW pentru fiecare locuitor. Există numeroase tehnologii de conversie a radiației solare în energie electrică. Cea mai facilă metodă constă în utilizarea panourilor fotovoltaice, care realizează conversia directă în curent continuu prin utilizarea materialelor semiconductoare care manifestă efect fotoelectric (Excitarea electronilor sub acțiunea radiației luminoase.) . Soluția fotovoltaică se poate utiliza la orice scară, începând de la aplicații rezidențiale și ajungând până la parcuri de panouri fotovoltaice

## EXEMPLU DE EFECT FOTOVOLTAIC



source: IMA

## 1.2 Iradianță solară (radiație)

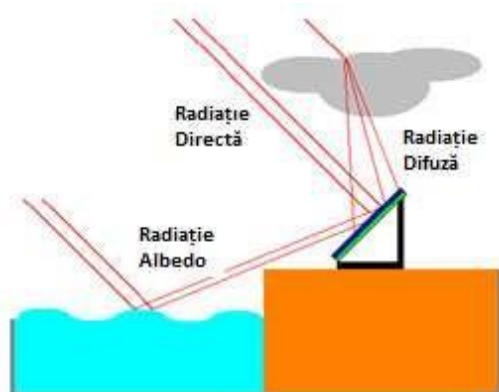
La nivel global sunt acumulate cantități imense de date statistice privind energia solară. De exemplu, baza de date US National Solar Radiation a colectat date timp de 30 ani privind iradianța solară și condițiile meteorologice a 237 locații din SUA. Centrul European Reunit de Cercetare (EJRC) colectează și publică de asemenea date privind iradianța solară pentru 566 locații din Europa.

Este important de distins între următoarele cinci tipuri diferite de date de iradianță solară (3TIER, 2011):

- Iradianța Directă Normală (DNI): reprezintă cantitatea de radiație solară primită pe unitatea de suprafață de un plan care este întotdeauna menținut perpendicular (sau normal) pe razele ce cad în linie dreaptă de la poziția soarelui la orice poziție dată în cer.
- Iradianța Difuză (DIF): reprezintă cantitatea de radiație solară primită pe unitatea de arie de un plan (neumbrit), care nu ajunge pe o cale directă de la soare, ci a fost împrăștiată de molecule și particule în atmosferă sau reflectată de pământ și care poate veni din orice direcție.
- Iradianța Albedo: Un al treilea tip de iradianță numită albedo, reprezintă radiația directă sau indirectă reflectată de sol sau suprafețe învecinate (zăpadă, lacuri, pereți de clădiri, etc.).

## TIPURI DE IRADIANȚĂ SOLARĂ.

(Sursă: Tknika, 2004)



-Iradianța Globală Orizontală (GHI): reprezintă cantitatea totală de radiații unde-scurte primite de sus pe o suprafață orizontală. Include atât Iradianța Directă Normală (DNI) cât și Iradianța Difuză (DIF).

- Iradianța Globală Coplanară: reprezintă cantitatea totală de radiație solară (Directă Normală și Difuză - DNI și DIF) primită de deasupra de o suprafață înclinată.

Datele de iradianță utilizate variază în funcție de tipul sistemului PV folosit. Sistemele PV trebuie proiectate în așa fel încât să capteze maximum posibil de radiație solară. Orientarea și înclinarea sunt prin urmare de o importanță critică. Ca o consecință, iradianța globală coplanară este cea recomandată pentru calcularea puterii produse.

### 1.3 Măsurarea iradianței solare

Iradianța solară poate fi măsurată direct prin folosirea unui piranometru sau senzori fotovoltaici, sau indirect prin analiza imaginilor preluate de satelit.

Piranometrele sunt senzori de mare precizie care folosesc un termocuplu ce măsoară diferența de temperatură între o suprafață care absoarbe și mediul înconjurător. Aceste tipuri de dispozitive sunt foarte exacte, dar au timp de răspuns lent deoarece funcționează pe principiul termic. Se pot obține precizii de măsurare de 0,8% pe o medie anuală.

Senzorii fotovoltaici au la bază o celulă solară calibrată și sunt mai puțin exacti decât piranometrul datorită sensibilității spectrale intrinseci. Totuși, avantajul lor îl reprezintă costul semnificativ mai redus decât cel al piranometrelor. Precizia lor dacă ne raportăm la media anuală este în gama 2% până la 5%. Senzori fotovoltaici împreună cu înregistratoare de date se folosesc adesea pentru a monitoriza sisteme PV mari.



Există iradianță solară suficientă pentru a putea satisface cerințele de energie ale întregului glob. În medie, fiecare m<sup>2</sup> de teren pe Pământ este expus razelor soarelui pentru a produce o energie de 1.700 kWh pe an, folosind tehnologia actuală. Energia solară totală care ajunge la suprafața Pământului poate satisface de 10.000 de ori necesarul actual global de energie.

În timp ce doar o parte din iradianța solară poate fi folosită pentru a genera electricitate, această ‘pierdere datorată randamentului’ nu se risipește, ca în cazul combustibililor fosili, o resursă finită.

Cu cât o zonă este mai expusă luminii soarelui, cu atât puterea generată este mai mare. Zonele subtropicale de pe glob oferă cele mai bune locații pentru generare solară. Energia medie primită în Europa este de circa

1.200 kWh/m<sup>2</sup> pe an (GHI). În comparație, în estul mijlociu mediile sunt între 1.800 și 2.300 kWh/m<sup>2</sup> pe an (GHI).

EPIA a calculat că întregul consum de electricitate al Europei ar putea fi atins dacă doar 0,34% din suprafața solului Europei (o zonă echivalentă cu suprafața Olandei) ar fi acoperită cu module fotovoltaice. Calculele Agenției Internaționale a Energiei (IEA) au arătat că dacă 4% din zonele foarte uscate deșertice ar fi folosite pentru instalații PV, necesarul de energie pentru tot globul ar fi atins.

Există un potențial neaccesat imens. Suprafețe extinse precum acoperișurile, suprafețele clădirilor, terenuri necultivate și deșerturi pot fi folosite pentru producția de energie solară. De exemplu 40% din necesarul de energie electrică al Uniunii Europene ar putea fi atins în 2020 dacă toate acoperișurile și fațadele utilizabile ar fi acoperite de panouri fotovoltaice (Proiectul Sunrise 2011).

## **2. Sistemul fotovoltaic**

Părțile cheie ale unui sistem fotovoltaic de generare a energiei electrice sunt:

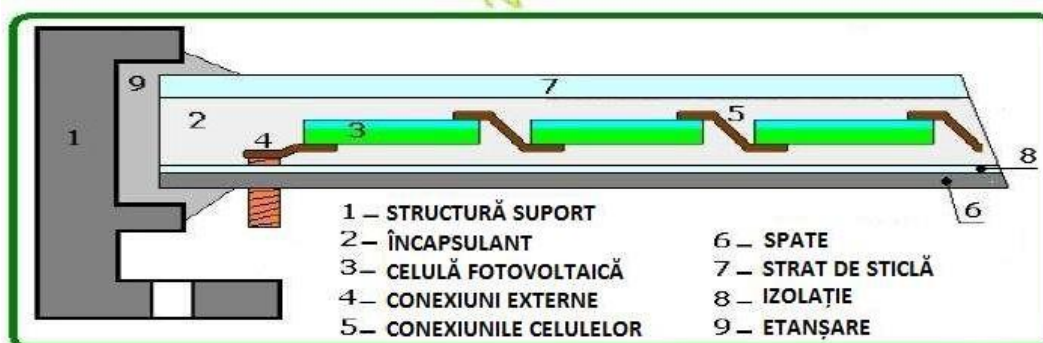
- Celule și module fotovoltaice pentru captarea energiei solare
- Un invertor pentru a transforma curentul continuu (DC) în curent alternativ (AC),
- Un set de baterii și controller de încărcare pentru sistemele autonome,
- Alte componente ale sistemului.

Toate componentele sistemului, cu excepția modulelor fotovoltaice, sunt numite componente ale Balanței Sistemului (BOS).

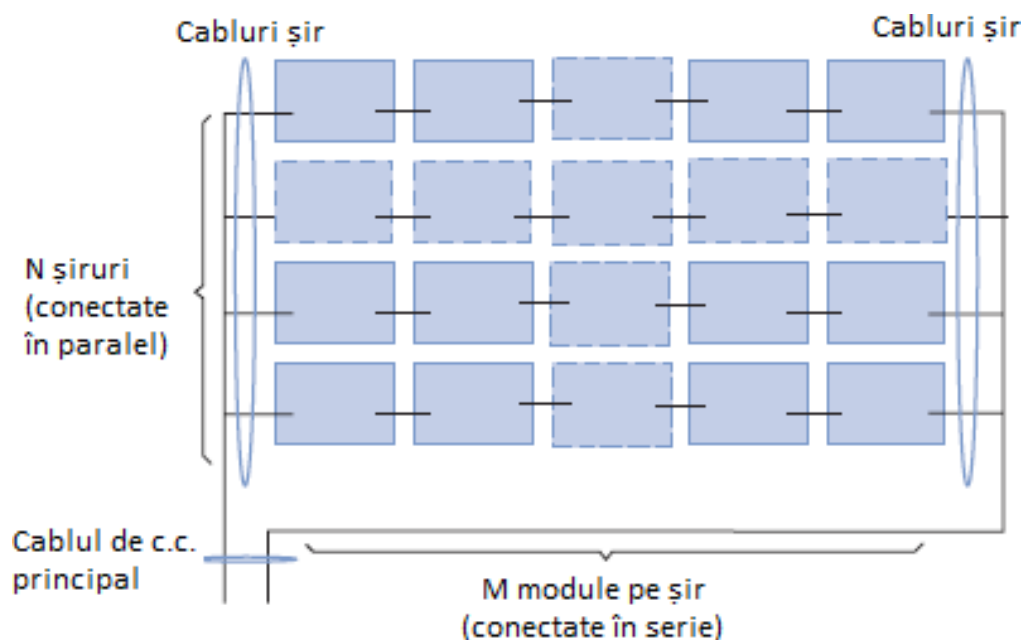
## 2.1 Modulele și celulele fotovoltaice

Celula fotovoltaică reprezintă unitatea de bază a sistemului PV. Celulele sunt conectate împreună pentru a forma ansamble mai mari numite module PV. Straturi subțiri de EVA (Acetat Etil Vinil) sau PVB (Polivinil Butiric) sunt folosite pentru susținerea celulelor și protecția împotriva intemperiilor. Modulele sunt în mod normal închise între un capac transparent (de obicei sticlă) și un strat posterior pentru protecție la intemperii (de obicei realizat dintr-un polimer subțire sau sticlă). Modulele pot fi înrămate pentru o durabilitate și rezistență mecanică sporită.

CONEXIUNEA CELULELOR UNUI MODUL FOTOVOLTAIC (Sursa: Tknika,2004)



## CONFIGURAȚIA UNUI SISTEM FOTOVOLTAIC. (Sursa: DTI, 2006)



Modulele pot fi conectate între ele în serie (numit șir) pentru a crește tensiunea totală produsă de sistem. Șirurile sunt conectate în paralel pentru a crește curentul total al sistemului.

Puterea generată de modulele PV variază de la câțiva wați (între 20 și 60 Wp) până la 300, 350 Wp, în funcție de mărimea și tehnologia panoului. Modulele de puteri mici sunt de obicei folosite în aplicații de autonome, acolo unde de obicei necesarul de putere este mic.

Modulele pot fi dimensionate pentru instalarea rapidă în orice locație. Sunt robuste, fiabile și rezistente la intemperii. Producătorii de module de obicei garantează o putere generată de 80% chiar și după 20, 25 de ani de folosire. Durata de viață a unui modul este de obicei în jurul a 25 ani și poate funcționa chiar mai mult de 30 de ani.

### 2.2 Invertoarele

Invertoarele convertesc puterea în curent continuu generată de modulul PV în putere alternativă. Acest lucru face ca puterea produsă să fie compatibilă cu rețeaua electrică de distribuție și cu majoritatea aplicațiilor electrice. Invertorul este esențial pentru sistemele PV racordate la rețea. Invertoarele sunt disponibile în game largi, cu puteri ce variază de la câteva sute de wați (utilizate la sistemele autonome), până la ordinul kilowaților (cele mai frecvent întâlnite), și chiar 2.000 kW (invertoare centrale) pentru sisteme la scară mare.

### 2.3 Baterii și controlere de încărcare

Sistemele PV autonome trebuie să stocheze energia în baterii pentru utilizarea ulterioară. Cele două standarde larg răspândite sunt acumulatorii plumb-acid sau litiu-ion. Noi tipuri de baterii de înaltă

performanță, proiectate special pentru aplicațiile solare sunt disponibile, cu o durată de viață de până la 15 ani. Durata de viață a unei baterii depinde de managementul ciclului de încărcare a acesteia.

Bateriile sunt conectate la sistemul PV prin controlere de încărcare. Controlerul de încărcare previne supraîncărcarea bateriei și descărcarea acesteia. Poate de asemenea să ofere informații asupra stării sistemului și permite contorizarea și evaluarea costului în raport cu energia consumată.

În afara modulelor și a inverterului, un număr destul de mare de componente poate fi adăugat la sistem. Toate aceste componente sunt numite Balanța Sistemului (BoS). Cele mai comune componente sunt structurile de montare, sistemele de urmărire a soarelui, contoare de electricitate, cabluri, optimizatoare de putere, transformatoare, cutii de joncțiune, comutatoare, etc.

### **3. Tehnologii Fotovoltaice**

Tehnologiile PV sunt clasificate ca fiind de prima, a doua sau a treia generație. Tehnologia de primă generație este cea bazată pe siliciu cristalin (c-Si). A doua generație include tehnologia Film Subțire, în timp ce cea de-a treia include concentratoare fotovoltaice, organice și alte tehnologii care nu sunt comercializate încă pe scară largă.

#### **3.1 Prima generație (Tehnologia siliciu cristalin)**

Celulele de siliciu cristalin sunt create din straturi subțiri tăiate dintr-un singur cristal sau bloc de siliciu.

Tipul de celulă cristalină depinde de modalitatea de producere a blocului. Principalele tipuri de celule cristaline sunt:

- Monocristaline (mc-Si),
- Policristaline sau multicristaline (pc-Si),
- Benzi și foi din siliciu definite din procesul de producție (benzi/foi c-Si).

Cele mai uzuale celule sunt cele de 12,7 x 12,7 cm (5 x 5 inci) sau 15 x 15 cm (6 x 6 inci) și produc 3 până la 4,5 W – o cantitate foarte mică de putere. Un modul standard c-Si este format din 60 până la 72 celule solare și are o putere nominală variind de la 120 la 300 Wp în funcție de mărime și randament.

Dimensiunea tipică a unui modul este între 1,4 și 1,7 m<sup>2</sup>, deși module mai mari sunt de asemenea produse (până la 2,5 m<sup>2</sup>). Acestea sunt de obicei utilizate pentru aplicații Fotovoltaice Integrate în Clădiri (BIPV).

Tehnologia siliciului cristalin este cea mai întâlnită și matură, reprezentând circa 80% din piața actuală. Între 14 și 22% din radiația solară care ajunge pe celule este transformată în electricitate. Modulele c-Si au un randament care variază între 12 și 19%.

### **3.2 A doua generație (Film subțire)**

Modulele film-subțire sunt construite prin depunerea unor straturi de material fotosensibil extrem de subțiri pe un suport ieftin cum ar fi sticla, oțel inoxidabil sau plastic. Odată ce materialul este depus pe suport este tăiat cu laserul în multiple celule subțiri.

Modulele film-subțire sunt în mod normal prinse între două straturi de sticlă și nu sunt înrămate. Dacă materialul fotosensibil a fost depus pe un suport de plastic subțire, modulul este flexibil. Acest lucru creează oportunitatea integrării sistemului de generare a energiei solare direct în structura clădirii (BIPV) sau în aplicația beneficiarului.

Modulele standard film-subțire au puteri nominale mai mici (60 până la 120 Wp) și dimensiunea lor este în general mai mică. Totuși, nu există în industrie un consens asupra unei dimensiuni optime a unui modul tip film-subțire. Drept urmare acestea variază de la 0,6 până la 5,7 m<sup>2</sup> în funcție de tehnologie. Modulele de dimensiuni mari sunt de real interes în sectorul construcțiilor deoarece oferă avantaje în ceea ce privește manipularea și prețul.

Patru tipuri de module film-subțire sunt comercializate:

#### ***Siliciu amorf (a-Si)***

Stratul de semiconductor este de doar 1 μm grosime. Siliciul amorf poate absorbi mai multă radiație solară decât structurile c-Si. Totuși, un flux mai scăzut de electroni este generat ceea ce duce la acest moment la randamente între 4 și 8%. Un număr mare de companii dezvoltă module ușoare, flexibile din a-Si, perfect adaptate pentru acoperișuri industriale plane sau curbe.

#### ***Siliciu film-subțire multijonctiune (a-Si/μc-Si)***

Siliciul film-subțire multijonctiune constă dintr-o celulă a-Si cu straturi suplimentare de a-Si și siliciu microcristalin (μc-Si) aplicat pe substrat. Stratul de μc-Si absoarbe mai multă radiație din spectrul roșu și infraroșu. Astfel eficiența crește până la 10%. Grosimea stratului de μc-Si este de ordinul a 3 μm, ceea ce înseamnă celule mai groase dar și mai stabile.

### ***Telurid de Cadmiu (CdTe)***

Producerea celulelor film-subțire din CdTe costă mai puțin și au un randament de până la 11%. Acest lucru face ca această tehnologie film-subțire să fie cea mai economică la acest moment.

### ***Cupru, indiu, galiu, (di)selenid/(di)sulfid (CIGS) și cupru, indiu, (di)selenid/(di)sulfid (CIS)***

CIGS și CIS oferă cele mai ridicate randamente din tehnologiile film-subțire. Randamente de 20% au fost obținute în laborator, apropiate de nivelul celulelor c-Si. Procesul de fabricație este mai complex și mai puțin standardizat decât al altor tipuri de celule. Acest lucru tinde să crească prețul de producție. Actualul nivel de randament este între 7 și 12%.

## **3.3 A treia generație de fotovoltaice**

### ***Fotovoltaice cu concentrator (CPV)***

Fotovoltaicele cu concentrator (CPV) utilizează lentile pentru a focaliza lumina soarelui pe celulele solare. Celulele sunt realizate din cantități mici de material semiconductor fotovoltaic foarte eficient dar și foarte scump. Celulele CPV pot avea la bază siliciul sau compuși III-V (în general Arseniat de Galiu).

Sistemele CPV utilizează doar iradianța directă. Sunt extrem de eficiente în zonele foarte însorite care beneficiază de niveluri înalte de iradianță directă.

Intensitatea de concentrare variază de la factori de 2 până la 100 sori (concentrare joasă) până la 1000 de sori (concentrare înaltă). Module comerciale cu randamente între 20 și 25% au fost obținute utilizând celule pe bază de siliciu. Randamente de 25 până la 30% au fost obținute cu GaAs, deși randamente de peste 40% au fost obținute în laborator.

Modulele au o serie de lentile precise care trebuie să fie permanent orientate spre soare. Acest lucru este realizat prin folosirea sistemelor de urmărire în două axe. Fotovoltaicele cu concentrare redusă pot fi folosite de asemenea și cu sisteme de urmărire pe o singură axă și cu un ansamblu mai puțin complex de lentile.

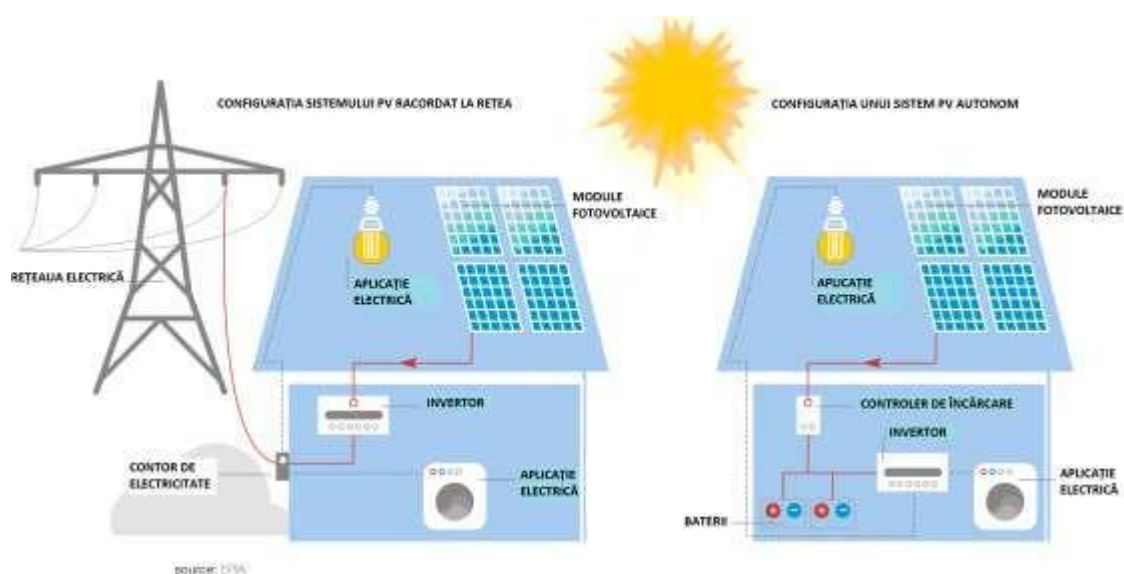
## **4. Tipuri de sisteme și aplicații fotovoltaice**

Sistemele fotovoltaice furnizează energie curată pentru aplicații mici sau mari. Multe instalații deja generează energie pe întreg globul în case individuale, spații de depozitare, birouri și clădiri publice.

Azi, instalații fotovoltaice complet funcționale operează atât în mediul urban cât și în locații izolate, unde este dificilă racordarea la rețea sau nu există infrastructură pentru transportul energiei. Instalațiile fotovoltaice care operează în locații izolate sunt numite sisteme autonome. În zonele construite, sistemele fotovoltaice pot fi montate pe acoperișuri (cunoscute drept sisteme Fotovoltaice Adaptate Clădirilor - BAPV) sau pot fi integrate în acoperiș sau fațade (cunoscute drept sisteme Fotovoltaice Integrate în Clădire - BIPV).

Sistemele fotovoltaice moderne nu sunt restricționate la zone libere și plane. Sunt flexibile, pot fi curbate și iau forma clădirii. Arhitecți și ingineri inovatori găsesc în mod frecvent noi căi de a integra fotovoltaicele în proiectele lor, creând clădiri care sunt dinamice, frumoase și furnizează energie gratuită, curată de-a lungul perioadei de funcționare.

#### **DIVERSE CONFIGURAȚII DE SISTEME DE ALIMENTARE SOLARE. (Sursa: EPIA)**



### **4.1 Sisteme racordate la rețea**

Când un sistem fotovoltaic este conectat la rețeaua locală de electricitate, orice exces de putere generată poate fi injectat înapoi în rețeaua electrică. După un regim Tarif pentru Energia Injectată (FiT), proprietarul sistemului fotovoltaic este îndreptățit legal să fie plătit pentru energia generată. Acest tip de sistem PV este denumit 'conectat la rețea'.

Majoritatea sistemelor PV sunt instalate pe case și clădiri de afaceri în zonele dezvoltate. Prin conectarea la rețeaua locală de electricitate, proprietarii pot vinde excesul de putere, injectând energia curată în rețea. Când energia solară nu e disponibilă, electricitatea poate fi preluată de la rețea.

Sistemele solare generează Curent Continuu (DC) în timp ce majoritatea aparatelor casnice folosesc

Curent Alternativ (AC). Pentru conversia Curent Continuu - Curent Alternativ se instalează un invertor.

Sistemele PV de mari dimensiuni pot produce cantități enorme de energie electrică într-o locație, fără a influența mediul înconjurător. Aceste tipuri de centrale generatoare de energie pot produce de la sute de kilowați (kW) până la câțiva megawați (MW).

Panourile solare pentru sistemele industriale sunt de obicei montate pe cadre pe pământ. Totuși, se pot instala panouri pe clădiri industriale mari precum depozite, terminale de aeroporturi sau stații de tren. Sistemul poate beneficia de două ori de pe urma aceluiași spațiu urban, iar energia electrică este injectată în rețea acolo unde marii consumatori de energie sunt localizați.

#### **4.2 Sisteme autonome, neracordate la rețea și hibride**

Sistemele neracordate la rețea nu sunt conectate la sistemul local de furnizare a energiei electrice. Un sistem neracordat la rețea este de obicei echipat cu acumulatori, astfel încât puterea să fie disponibilă și noaptea sau după câteva zile de irradiație redusă. Un invertor este necesar pentru conversia între curentul continuu și curentul alternativ folosit de aplicații.

Majoritatea sistemelor fotovoltaice autonome intră într-una din cele trei mari grupe:

- Sisteme neracordate la rețea pentru electrificarea zonelor rurale,
- Sisteme neracordate la rețea pentru aplicații industriale,
- Bunuri de larg consum.

### **5. PRINCIPII DE PROIECTARE**

Înainte de a începe planificarea și proiectarea unui sistem fotovoltaic, instalatorul trebuie să realizeze o vizită a amplasamentului și să verifice dacă locația este propice sau nu pentru instalație. Instalatorul ar trebui să aibă hărți, clinometru, dispozitiv de determinare a căii soarelui, aparat foto, ruletă și compas pentru a realiza această verificare (SEIS, 2006). În funcție de locație și condiții, pot fi necesare și echipamente de protecție.

În timpul analizării locației instalatorul trebuie să colecteze datele care vor fi folosite pentru estimarea producției de energie și costul sistemului. Informațiile trebuie detaliate pentru următoarele chestiuni:

- suprafața disponibilă
- potențiala locație a sistemului



- posibilele locații pentru echipamentul auxiliar
- traseele de cabluri
- umbrirea
- particularitățile terenului (pentru sistemele fotovoltaice montate la sol),
- orientarea, unghiul de înclinație în cazul sistemelor montate pe acoperiș.

Sistemele fotovoltaice trebuie proiectate să reziste la toate condițiile meteorologice posibile, precum trăsnete, vânt până la 80 mile/oră, și temperaturi extreme, condiții care pot reduce treptat productivitatea de energie a sistemului.

Fotovoltaicele sunt mai eficiente la temperaturi scăzute, deci ar trebui să fie instalate la o oarecare distanță de acoperișuri sau pământ etc. pentru a fi ventilate.

Orientarea ansamblului de module este cel mai important aspect la evaluarea locației.

Majoritatea sistemelor fotovoltaice sunt amplasate într-o poziție fixă și nu pot urmări soarele pe parcursul zilei. În acest caz, orientarea optimă în emisfera nordică este către Sud.

Cea mai mare eficiență a unui modul fotovoltaic este obținută când suprafața acestuia este perpendiculară pe razele soarelui. În emisfera nordică, soarele se ridică în punctul maxim la prânz în Solstițiul de Vară și coboară la cel mai jos punct la prânz în Solstițiul de Iarnă. Aceste elevații variază în concordanță cu latitudinea fiecărei locații.

Panourile fotovoltaice trebuie să fie înclinate cu elevația medie a soarelui, egală cu latitudinea locației ansamblului de module, pentru a capta majoritatea razelor soarelui pe tot parcursul anului.

Totuși, pentru sistemele neracordate la rețea proiectate să funcționeze cel mai bine iarna, modulele trebuie înclinate cu unghiul latitudinii ( $\varphi$ ) + 15°. Dacă sistemul este proiectat să funcționeze cel mai bine vara, modulele ar trebui să fie înclinate cu unghiul latitudinii ( $\varphi$ ) - 15°.

Dacă modulul fotovoltaic este amplasat pe o clădire pe care este greu să se monteze cu fața spre Sud, atunci pot fi orientate spre Est sau Vest, dar în nici un caz spre Nord, deoarece eficiența va fi foarte scăzută.

Sistemele fotovoltaice trebuie să aibă conductoare de împământare a echipamentelor cu suprafețe metalice expuse din sistem la un electrod de legare la pământ (dispozitivul metalic folosit pentru împământare care face efectiv contact cu pământul).

Totuși conductorii de împământare trebuie folosiți doar pentru sisteme peste 50V. În acest caz, tensiunea trebuie calculată pentru temperaturile scăzute datorită creșterii tensiunii de circuit deschis față de cea specificată pentru STC (Wiles, 1999).

Un sistem cu tensiunea nominală de 24V are o tensiune de circuit deschis de circa 44V la 25°C. Acest lucru înseamnă că tensiunea poate depăși 50V la temperaturi de sub zero grade și în acest caz ar trebui prevăzuți electrozi de împământare.

Când sistemul fotovoltaic este amplasat în afara zonei de protecție a clădirii, este necesar un dispozitiv de protecție împotriva fulgerelor.

Sistemul poate fi deteriorat chiar dacă fulgerul nu-l lovește direct. Protecția la trăsnet se poate realiza prin câteva măsuri:

- folosirea unui singur electrod de împământare;
- conectarea tuturor părților metalice ale echipamentului electric la pământ;
- aranjarea cablurilor pentru a se evita buclele care pot produce supratensiuni;
- instalarea protecțiilor la fulger pentru echipamentul protejat (IEA PVPS, 2003).

Un conductor de Protecție Împământare (PE) poate descărca cablurile de curent continuu în cazul unei lovituri directe, limitând deci daunele la rețeaua de joasă tensiune sau la invertoare.

Chiar dacă se prevede cea mai bună orientare și înclinare a modulelor fotovoltaice, sistemul poate fi foarte inefficient dacă umbrirea nu este luată în considerare.

Trebuie examinate două tipuri de probleme cu umbrirea:

- Umbrirea de la clădirile din împrejurimi și copaci, și topografia
- Auto-umbrirea.

Umbrirea datorată peisajului și clădirilor înconjurătoare trebuie luată în considerare pentru:

- poziția soarelui iarna, dimineața și după amiaza,
- creșterea copacilor,
- previzionarea ridicării de noi construcții în viitorul apropiat.

Pentru a se evita această problemă se pot monta module tip machetă sau bypass-uri pentru zonele umbrite.

Trebuie ținut cont că lumina difuză umbrită poate afecta puternic eficiența instalației PV

## **6. Beneficiile tehnologiei fotovoltaice**

Tehnologia fotovoltaică exploatează cea mai abundentă sursă de energie gratuită, venită de la Soare, și are potențialul de a satisface tot necesarul de energie al umanității. Față de alte surse de energie, fotovoltaicele au un impact neglijabil asupra mediului înconjurător, pot fi implementate aproape oriunde și utilizează tehnologii și procese de producție comune, ceea ce determină un cost redus și eficiență în implementare.

### **6.1 Amprenta asupra mediului**

Energia consumată pentru realizarea unui sistem solar este de obicei recuperată prin costurile economisite cu energia în unu până la trei ani. Unele tehnologii moderne pot să recupereze costul energiei utilizate în producerea lor în șase luni, funcție și de locație. Sistemele fotovoltaice au o durată de viață tipică de 25 ani, ceea ce înseamnă că fiecare panou va genera mult mai multă energie decât cea utilizată la producerea sa.

### **6.2 Îmbunătățirea eficienței rețelei**

Sistemele PV pot fi concentrate într-o mare unitate de generare sau pot fi folosite distribuit. Mici generatoare fotovoltaice pot fi amplasate distribuit, fiind conectate direct la rețeaua electrică. Sistemele fotovoltaice pot fi conectate la baterii în zone izolate acolo unde racordarea la rețeaua de distribuție ar fi prea costisitoare.

### **6.3 Reducerea poluării în orașe**

O suprafață de pământ totală disponibilă de 22.000 km<sup>2</sup>, 40% din totalul acoperișurilor clădirilor și 15% din suprafața fațadelor în cele 27 de state ale UE sunt propice aplicațiilor fotovoltaice. Acest lucru înseamnă că peste 1.500 GWp reprezentând sisteme fotovoltaice ar putea fi instalați, în teorie, în Europa, ceea ce ar genera circa 1.400TWh anual, reprezentând 40% din necesarul total de electricitate până în 2020. Sistemele fotovoltaice se pot integra cu ușurință în cele mai dense medii urbane. Iluminatul din clădiri, aerul condiționat și alte echipamente sunt responsabile pentru cantitățile uriașe de gaze cu efect de seră emise, dacă sursa de alimentare nu este regenerabilă. Energia solară trebuie să devină parte integrantă și fundamentală a energiei din clădirile viitorului.

### **6.4 Locuri de muncă**

Sectorul are nevoie de o forță de muncă diversă și calificată pentru a reuși să facă față provocărilor expansiunii acestei piețe. Aproape 220.000 de oameni au fost angajați în industria fotovoltaică la

începutul lui 2010. Acest număr include angajările de-a lungul întregului lanț în întreaga lume: producția de materiale fotovoltaice și echipament necesar producției, dezvoltarea și instalarea de sisteme, operarea și mentenanța, precum și finanțarea centralelor solare de generare și cercetarea și dezvoltarea.

În timp ce locurile de muncă pentru producție pot fi concentrate în câteva centre globale, celelalte ocupații (legate de instalare, operare și mentenanță, finanțare și vânzare) sunt, pentru moment, încă la nivel local.

Industria fotovoltaică va oferi un număr de locuri de muncă în continuă creștere în următoarele decade. Pentru a estima potențialul de angajare, se poate presupune un total de 30 de locuri de muncă pe MW instalat, rezultând o previziune de 1,7 milioane de locuri de muncă la nivel mondial până în 2020. Totuși, nevoia de instalații de calitate cere forță de muncă instruită corespunzător și extrem de calificată, mai ales instalatori calificați și certificați. Electricieni, constructori de acoperișuri și alți lucrători în construcții își vor aduna cunoștințele într-o nou intitulată meserie “instalator de sisteme solare”.

Nu există limite majore pentru dezvoltarea masivă în construirea de sisteme fotovoltaice. Materialul și capacitatea industriei sunt mai mult decât suficiente, iar industria și-a demonstrat capacitatea de a crește producția foarte rapid pentru a satisface cererea. Acest lucru este evident în țări precum Germania și Japonia care au adoptat politici proactive în favoarea fotovoltaicelor.

## Exerciții

1. Pentru orașul Chania ( $\varphi=35,3$ ) calculați media lunară a radiației solare pe un panou înclinat ( $\beta=10^\circ$  și  $\beta=55^\circ$ ) îndreptat spre Sud în Decembrie și în Iunie. Pentru calcule luați ca referință ziua a 10-a a fiecărei luni. Care este înclinarea optimă ( $10^\circ$  sau  $55^\circ$ ) dacă sistemul PV va funcționa doar iarna? Albedoul panourilor este 0,25. Folosiți valorile din următorul tabel.

- Valori orientative lunare

Luna	Indicele mediu lunar de cer liber (k)	Radiația solară medie lunară pe un plan orizontal (kWh/m <sup>2</sup> )	Număr de zile
Ianuarie	0,4	62	31
Februarie	0,45	80	28
Martie	0,49	124	31
Aprilie	0,56	167	30
Mai	0,62	212	31
Iunie	0,63	220	30
Iulie	0,64	225	31
August	0,64	203	31
Septembrie	0,61	159	30
Octombrie	0,52	116	31
Noiembrie	0,5	71	30
Decembrie	0,42	53	31

2. Care din următorii parametri de iradianță este cel mai important la calcularea puterii furnizate de sistemul PV:

- Iradianța Directă Normală (DNI)
- Iradianța Difuză (DIF)
- Iradianța Albeldo
- Iradianța Globală Orizontală (GHI)
- Iradianța Globală Coplanară

3. O celulă PV este realizată din:

- Un material conductor

- b) Un material izolator
- c) Un material semiconductor

4. Care este rolul principal al invertorului într-un sistem PV:

- a) Pentru a preveni supraîncărcarea și descărcarea bateriilor
- b) Pentru a converti puterea în c.c. generată de modulele PV în putere c.a

5. Ce material nu este folosit ca încapsulant într-un modul PV?

- a) PVB
- b) PVC
- c) EVA

6. De obicei un producător de module garantează o putere de 80 % din  $W_p$  după:

- a) 10 la 15 ani
- b) 20 la 25 ani
- c) 25 la 30 ani

7. Care sunt caracteristicile comune ale unei celule de primă generație?

- a)  $22,5 \text{ cm}^2$  și  $4,5 \text{ Wp}$
- b)  $1,7 \text{ m}^2$  și  $250 \text{ Wp}$
- c)  $20 \text{ m}^2$  și  $3000 \text{ Wp}$

8. Un modul tip film subțire este de obicei mai mic decât un modul cu siliciu cristalin.

- a) Adevărat
- b) Fals

9. O instalație racordată la rețea constă din trei componente:

- a) Generator, baterie de stocare și sursă de alimentare.
- b) Generator, convertor și sursă de alimentare.
- c) Generator, convertor și baterie de stocare.

10. Fotovoltaicele nu vor produce niciodată o parte importantă din energia necesară consumului European de electricitate deoarece nu există suficiente acoperișuri disponibile.

a) Adevărat

b) Fals

**BIBLIOGRAFIE:**

1. Curs ERASMUS+: “GO GREEN: CLIMATE CHANGE AND SUSTAINABLE ENVIRONMENT”
2. EPIA, Solar generation 6; Solar Photovoltaic Electricity Empowering the World, 2011.
3. PVTRIN, Instruirea Instalatorilor de Fotovoltaice, European Intelligent Energy, (IEE) project, 2011
4. Tknika. Manual de Fotovoltaica., 2004