

FILIERA FOTOVOLTAICĂ (FV) ȘI COSTUL kWh LIVRAT, SUPTOR PENTRU DEZVOLTAREA ORAȘULUI INTELIGENT. TENDINȚE

Prof. dr. ing. Florin Teodor TĂNĂSESCU

Academia de Științe Tehnice din România (ASTR)

REZUMAT. Creșterea contribuției energiei Fotovoltaice (FV) în balanța energiei statelor este explicată prin progresele care au apărut în domeniul promovării unor noi materiale semiconductoare, creșterea randamentului și promovarea unor noi tehnologii de mare productivitate, creșterea capacităților de producție și apariția pe piață a unor noi competitori. Filiera voltaică va constitui și în viitor o speranță în privința contribuției la mixul de energie al țărilor, cu atât mai mult cu cât în prezent, studii făcute de instituții de mare competență științifică din Germania, prognozează dezvoltări spectaculoase a acestei filiere care trebuie să contribuie tot mai semnificativ la asigurarea cerințelor impuse de „Rețeaua Inteligentă”, independența energetică a clădirilor din orașul inteligent, stocarea energiei și transportul electric. Lucrarea își propune a prezenta elementele semnificative care contribuie la formarea costului unui kWh solar instalat, evoluția lui în orizontul de timp 2050, tendințele care se prefigurează și cum în final Germania apreciază ca acest cost al kWh livrat de o centrală solară va scădea. Este vorba despre creșterea randamentului celulei prin dezvoltarea unor noi tehnologii bazate pe o mai bună utilizare a spectrului solar prin realizare celulelor multi jonctiune și scăderea prețului unui Wv la o valoare sub 50 cenți dolar, analiza soluțiilor care promovate pot contribui la scăderea costurilor componentelor și activităților care concurează la realizarea unui sistem solar care de la situația de astăzi (1 kWh solar instalat în 2014 în Germania este evaluat la cca. 1000 EUR/kWh) să ajungă în 2050 la un cost care va scădea în plaja: maxim 610 EUR/kWh - minim 280 EUR/kWh. Experiența germană în acest domeniu, evaluările făcute de ISE Fraunhofer și Agora [1, 2] după curbe de istorie a evoluției unor parametri și preluate în lucrare, au un grad ridicat de încredere și justifică o încercare de adaptare a modelului la situația din România [9-10].

Cuvinte cheie: fotovoltaic, tendințe, cost kWh, cost kV vârf.

ABSTRACT. Increased contribution of photovoltaics (PV) in the power balance of states is explained by the progress that has occurred in the promotion of new semiconductor materials, increased efficiency and promotion of new technologies for greater productivity, increased production capacity and the appearance on the market of new competitors. It is expected a greater contribution of voltaics in the energy mix of the countries, the more that studies currently performed by institutions of higher scientific competence in Germany forecast that spectacular growth of their share should significantly help to fit the requirements of "smart grid", energy independence of the buildings in the smart city, energy storage and electric transport. The paper aims to present significant elements of an installed solar kWh cost, its scenario within the timeframe of 2050, expected trends and how in the end Germany considers that the cost of a kWh delivered by a solar power facility will decrease. This will happen as a result of increasing efficiency of the cell by developing new technologies based on better use of the solar spectrum by multi-junction cells and decreasing the price of a Wv below 50 USD cents, analyzing the promoted solutions that may contribute to lower component costs and activities which contribute to achieving a solar system from the situation today (1 kWh solar installed in Germany in 2014 valued approx. 1000 EUR / kWh) to reach in 2050 a cost that will fall in the range up to 610 EUR / kWh - minimum 280 EUR / kWh. German experience in this field, assessments of the ISE Fraunhofer and Agora [1, 2] after historical curves of the evolution of parameters and retrieved in the paper have a high degree of trust and justify an attempt to adapt the model to the situation in Romania [9-10].

Keywords: photovoltaic, trends, kWh cost, cost of peak kV.

1. CRIZA PETROLULULUI ȘI POLITICILE GLOBALE PRIVIND ENERGIA

Criza petrolului a reprezentat o provocare a societății adresată cercetătorilor de a găsi alte surse de energie care să constituie un substitut pentru energiile bazate pe o resursă –hidrocarburile- în curs de epuizare.

Vântul, energia fotovoltaică (FV), biomasa, au fost principalii vectori care să se alăture celorlalți

competitori convenționali iar eforturile cercetătorilor s-au materializat prin dezvoltarea de noi celule solare cu randamente ridicate, turbine de vânt de puteri de ordinul MW.

Maturizarea exploatării acestor resurse a determinat Uniunea Europeană să demareze proiectul 20/20/20, surse regenerabile trebuind să acopere 20% din balanța energetică a unei țări, să se reducă nivelul de poluare cu 20% și consumul de energie cu 20%.

Surse noi care să se alăture celor convenționale, eficiența economică, reducerea nivelului de poluare, reducerea consumului de hidrocarburi în generarea energiei, creșterea ponderii energiilor regenerabile în „mixul” de energie al unei țări, reducerea consumului de cărbune și decarbonizarea au fost obiective abordate de toate țările.

Conversia Energiei Fotovoltaice, a devenit matură, au crescut randamentele celulelor FV, noi materiale și arhitecturi au fost dezvoltate, a scăzut în mod continuu costul kW instalat și se prevede că în etapa următoare, această filieră să crească ca pondere, mai ales că în condițiile în care costul kWh produs prin alte filiere poate crește, costul în sistemele FV se antcipă a scădea în continuare până în anul 2050.

Dupa strategia 20/20/20, Consiliul Mondial al Energiei (WEC) abordează astăzi o nouă strategie prin recentul raport „Trilema energiei” în care alte probleme devin obiective prioritare al energiei: **securitatea, echitatea și accesul tuturor la electricitate, sustenabilitatea**. Energia solară este o filieră care se implică în toate aceste cerințe ale Raportului, de unde și rolul crescut care se anticipa ca-l va avea în viitor !

Costul kWh obținut prin filiera FV fiind decisiv în promovarea acestei tehnologii, lucrarea își propune utilizând studii recente dezvoltate în ultimii ani de instituții de înaltă competență [1-7], să analizeze pornind de la situația existentă în anul 2014, care va fi evoluția probabilă a costului cu care vor fi realizate până în anul 2050 sistemele solare FV și componentele lor și cum acest lucru se răsfrânge asupra costului kWv livrat de o centrală solară.

În cele mai pesimiste scenarii, instalațiile PV care se vor adăuga anual, vor crește de la 140 GW/an în 2014, la 175 GW/an în 2050, capacitatea cumulată până în anul 2050 urmând să ajungă la 6000 GW.

După [1], în scenariul optimist, în anul 2050 se va ajunge la 1780 GW și o capacitate cumulată de 36000 GW iar fiecare dublare a numărului de module produse, va conduce la o scădere a prețului celulei cu 20%.

Orașul inteligent are nevoie de energie și filiera FV este aptă de a i-o asigura, la costuri care să crească accesibilitatea cetățeanului la ea iar interesul pentru energia solară va crește dacă problemele legate de stocare, realizarea de sisteme distribuite va avea rezolvări cât mai rapide.

2. ENERGIA FV ÎN OPINIA SPECIALIȘTILOR

Energia obținută prin filiera fotovoltaică a fost considerată de specialiști ca una din marile promisiuni ale erei solare când prima aplicație în misiunea spațială din 1958 a dat startul acestei

competiții care a condus la dezvoltarea unei industrii care produce anual (2013), peste 140 GW module FV.

Contribuția acestei filiere la balanța energetică a unei țări a crescut în mod continuu, țările europene propunându-și ca 20% din energie să fie asigurată în anul 2020 din surse regenerabile, soarele, vântul și hidro, contribuind în mod semnificativ. România s-a alăturat și ea acestei cerințe, ea depășind această cifră încă de acum câțiva ani (24%). Costurile au scăzut în mod continuu, inclusiv al capacităților industriale, o fabrică de celule FV făcută în zilele noastre, costând cu cca. 80% mai puțin decât una făcută cu ani în urmă [1].

Există în urma rezultatelor obținute în exploatarea centralelor FV instalate până la această dată, optimismul multor prognoze privind creșterea ponderii FV în generarea de energie, dovedit și prin intențiile UE ca să prevadă o creștere a ponderii regenerabilelor în balanțele energetice la 27% până în anul 2030, energia FV urmând a avea un rol și mai important decât cel cunoscut astăzi.

Acestor opinii li se opun alți specialiști care îndeamnă la promovarea unui entuziasm mai reținut, întrucât mai există multe probleme care necesită răspuns: intermitența energiei FV și dependența de diferențele de însolare și vreme, prietenia stocării cu rețeaua și optimizarea cererii, răspunsul consumatorului la cererea de energie a producătorului [8-11].

Analiza riguroasă a acestor probleme și promovarea de scenarii care se desfășoară în multe țări ale lumii, nu pun în discuție nevoia dezvoltării acestei filiere FV, ci arătând tendințele și identificând restricțiile, să se ofere soluții optime de dezvoltare, autorul propunându-și a semnală acele tendințe care se referă la costul celulei FV, a energiei furnizate, la materiale și randamente, elemente care pot oferi specialistului date viabile în luarea unei decizii.

Recentele studii dezvoltate de Franhofer Institut din Germania, sunt deosebit de pertinente și o analiză a unor rezultate comunicate de acesta va face obiectul prezentei comunicări.

Principalele concluzii ale studiului și având caracter general sunt următoarele:

* Filiera FV a devenit astăzi una din cele mai ieftine tehnologii, costul kWh scăzând de la 43 cenți/kWh în 2005 la 8,7 cenți/kWh în 2015. Se menționează că în alte regiuni ale lumii având un grad de însolare mai ridicat, există deja costuri și mai mici !

* Tendința de scădere a costului în multe regiuni ale lumii este stimulată de globalizarea pieței de componente care intră într-o instalație solară și a prețurilor similare, singurul factor de influență rămânând nivelul de însolare al zonei unde se montează instalația. Se estimează ca la nivelul anilor 2025 vor exista costuri ale kWh de ordinul a 4-6 cenți/kWh și 2-4 cenți/kWh în 2050.

FILIERA FOTOVOLTAICĂ, SUPTOR PENTRU DEZVOLTAREA ORAȘULUI INTELIGENT



Fig. 1. Costul kWh solar în perioada 2005–2015 (după [1]).

* Reglementările financiare și de mediu au un rol important în reducerea costului kWh, cu luarea în considerare a condițiilor locale, acționarea lor ca stimulent și nu o frână în promovarea tehnologiilor solare.

* Supraestimarea rolului energie solare în rețelele energetice făcute în multe prognoze trebuie fundamentată prin estimarea costurilor pentru celula PV și a componentelor, modelarea viitoare a sistemelor solare funcție de mutațiile care au loc cu dezvoltarea orașelor/zonelor și contribuția PV la acestea.

În dezvoltarea unei analize privind costul kWh solar, experiența Germaniei este interesantă ea reprezentând una din cele mai dezvoltate piețe ale instalațiilor solare, dispune de o mare experiență în estimarea costurilor printr-o curbă: preț/experiență sau așa numita curbă de învățare, balanța sistemului în care trebuie să se analizeze atât celula PV cât și celelalte componente ale unei centrale solare [1-2 /

3. COSTUL KWh SOLAR ASTĂZI ȘI MĂINE

Costul ridicat al kWh produs prin filiera solară în primii ani de aplicații, cunoaște scăderi impresionante ajungând să se plaseze astăzi în zona „vânt on shore” sau a centralelor pe cărbune sau gaz. În tabelul 1 se prezintă câteva date privind costul în câteva filiere energetice.

Analizele dezvoltate, arata că energia produsă prin filiera FV va fi în multe țări ale Europei competitivă cu cea obținută prin alte tehnologii energetice (cost 5-10 cenți kWh), cost care va fi atins în 2025 și în întregime în 2050 în cazul celor mai defavorabile scenarii.

Și costul celulei FV cunoaște scăderi mari; date recente extrase din literatura tehnică americană [6-7] arată că în ultimii 39 ani în SUA costul celulei FV a scăzut de 100 de ori iar în ultimii 15 ani de 25 ori cu tendințe clare de scădere în perioada viitoare lucru care se reflectă în scăderea costul kWh solar care în statul Washington tinde spre 5 cenți \$ în anul 2016.

Tabelul 1. Costuri recente ale kWh, scăderea lui și competitivitatea față de alte filiere

Anul	Filiera	Cost, cenți /kWh	Țara
2005	Fotovoltaic	40	Germania
2014	Fotovoltaic	9	Germania
2015	Fotovoltaic	8,7	Germania
2015	Fotovoltaic	5,84	Dubai – 200 MW
2015	Fotovoltaic	< 7	Brazilia, Uruguay
2015	Vânt on shore	6-8,9	SUA , Marea nord
2015	gaz-cărbune	7-11	SUA

În alte regiuni ale lumii cu grad de însolare mai ridicat, în anul 2050 costul poate fi și mai redus decât cel din Europa: 1,6–3,7 cenți/kWh în India; 3,4-7,1 în Australia; 1,6- 3,7 MENA (Midle Est and Nord Africa); 1,5- 5,8 America.

Utilizarea accelerată a filierei solare în diverse zone ale lumii, este explicată prin existența unor reglementări financiare stimulative în privința investițiilor: mai mult soare poate însemna un cost mai mic al acestora iar în cazul unor zone cu însolare mai redusă un cost mai ridicat întrucât recuperarea investiției se va face într-un termen lung. Acordurile de cumpărare a energiei pe termen lung, pot reduce costul investiției.

Focalizarea studiilor care se întreprind, s-a făcut având la bază tehnologiile convenționale de Siliciu (Siliciu cristalin c-Si) socotit ca element conservativ și pe instalațiile dispuse pe sol socotite ca similare în plan internațional spre deosebire de costurile la cele dispuse pe acoperișuri, care diferă de la țară la țară.

Costul este înțeles cost la cheie, pentru un sistem FV apt să opereze într-o rețea (module, invertor, infrastructură, rețea).

În proiectarea viitorului cost, există o relație matematică stabilită în urma experimentării situațiilor de piață în mulți ani și explicitate printr-o curbă propusă a reda difuzia unei tehnologii pe piață. Conform acestei experiente , se constată că în ultima decadă, piața FV a avut o creștere rapidă, de 15 ori în ultimii 6 ani (2006–2013), de la 9,2 GW în 2007 la 138,9 GW în 2013 (vezi fig.3).

SOLUȚII PENTRU UN ORAȘ INTELIGENT



Fig. 2. Costul kWh solar la noi centrale solare construite în anii 2015–2050 în America, Australia, India, MENA [1].

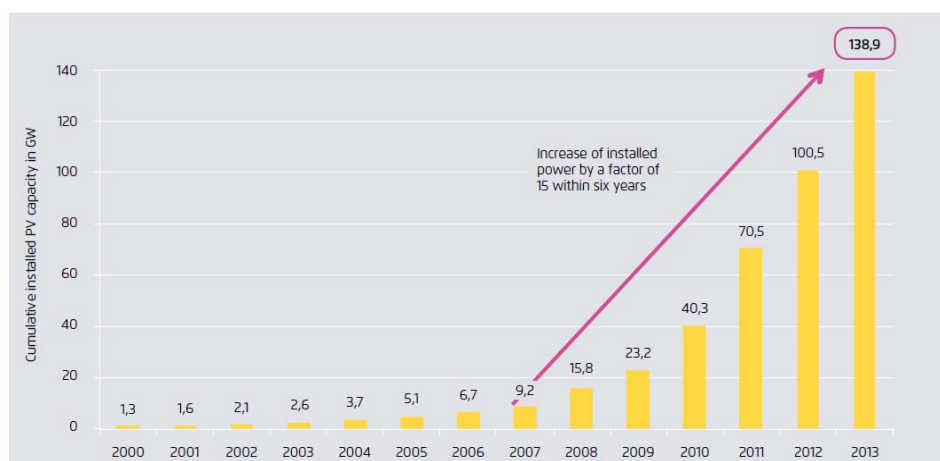


Fig. 3. Creșterea capacităților FV instalate în lume și ani (după 1).

4. BALANȚA COSTURILOR ÎNTR-O CENTRALĂ SOLARĂ

În figura 4 se prezintă o sinteză a acestor costuri.

În estimarea costurilor care vor apare la dezvoltarea unei centrale solare fotovoltaice, se poate porni de la nivelul unor realizări recente din Germania, luând ca dimensiune modul, un sistem de 1 kW

considerat ca o soluție matură și al cărui cost actual variază între 935-1055 EUR/kWv, cu o medie de aproximativ 1000 EUR/kWv.

În structura de costuri se poate aproxima ca 660 EUR reprezintă modulele (550 EUR) și invertorul (110), restul de 340 EUR reprezentând costul altor componente sau activități: montaj sistem, instalare, cablare c.c., infrastructură, transformator, cuplare la rețea, proiectare și documentare.

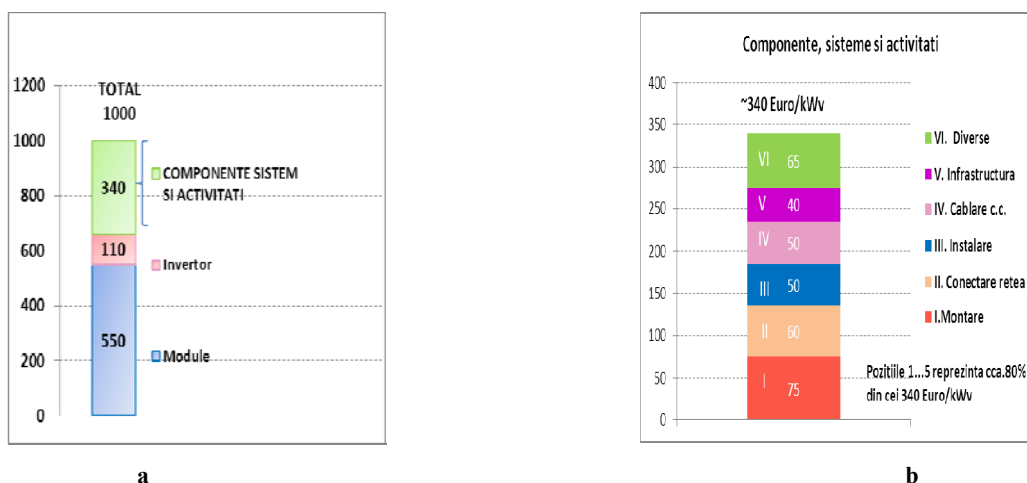


Fig. 4. Balanța de costuri la un sistem FV din Germania care generează 1 kWv: modul, invertor, alte costuri componente ale sistemului (a); componente sistem activitati (b).

Costul cu care se realizează o centrala fotovoltaică este dat de costurile componentelor care intră în structura sa și de activitățile care concură la realizarea ei:

- panourile fotovoltaice;
- invertorul;
- componente și activități:
 - instalare;
 - structura de montaj;
 - cablarea;
 - conectarea la rețea;
 - infrastructura;
 - cheltuieli de proiectare & documentare;
 - transformatorul și întrerupătorul.

4.1. Costul modulelor/panourilor solare. Tendințe

Progresele în domeniul arhitecturii celulei solare, materialele utilizate și reducerea pierderilor, reducerea cantității de Ag, randamentele în continuă creștere și o producție de masă, au condus la faptul că încă din anul 2014, există fabricanți care **oferă module la costuri de 50 cenți EUR/Wv**. De menționat faptul că oferta chineză de module solare se înscrie deja la valori sub 0,4 EUR/Wv !

În cele mai defavorabile scenarii care s-au făcut în privința costului panourilor solare, **acesta va tinde spre zona 35,7–20,8 cenți EUR/Wv (2050)**, dar se semnalează faptul că pot apare unele perturbații în cazul în care costurile materiale vor crește mai mult de 0,1–0,2 cenți EUR/Wv. Se estimează că scăderea costului kWh este atribuită în principal, creșterii randamentului celulei FV. Valorile randamentului prognozate a fi atinse de celulele solare la nivelul anului 2050 față de cel uzual din 2014 și diverse tehnologii, este dat în figura 5.

Realizarea unor celule FV cu randament superior are un impact pozitiv asupra costului final al unei instalații solare asigurând mai multă electricitate debitată de la o aceeași suprafață și costuri

mai mici la fabricantul de celule, ambele influențând costul kWh livrat.

O soluție care s-a prefigurat în ultimii ani pentru creșterea randamentului a fost maximizarea transformării fotonilor din spectrul solar în energia dată de celula FV și anume **folosirea și a părților din spectru care sunt în afara benzii de trecere** a materialului semiconductor utilizat în construcția celulei convenționale, monojonțiune.

Existența unor fotoni cu energii mai mici sau mai mari decât lățimea de bandă și neasocierea lor în procesul de conversie, a limitat randamentul teoretic și implicit a celui comercial la valori care nu depășesc în cazul celulelor monojonțiune, valoarea de 33% pentru celule PV din Siliciu (26% comercial) și 28,8 pentru GaAs (25,6 comercial).

Dezvoltarea tehnologiilor multi jonțiune care să utilizeze mai bine spectrul solar constituie astăzi calea de creștere a randamentului, ideea de bază constând în dispunerea mai multor celule solare realizate din materiale semiconductoare diferite ca lățime de bandă, care în ansamblu să utilizeze o mai mare parte din spectrul solar și reducerea pierderilor termice. Prin această construcție a celulei FV, fiecare „subcelulă” realizează conversia unei părți specifice din spectrul solar iar randamentul ansamblului poate ajunge teoretic la 46% (celulele duale) și 52% pentru cele triplu jonțiune.

Pașii care trebuie făcuți în stabilirea arhitecturii unei celule multijonțiune se referă la combinația optimă a lățimilor de bandă, făcută prin calcule teoretice, alegerea materialelor care răspund cerințelor stabilite și realizarea arhitecturii, mai simplă în aplicații terestre și dublajonțiune, mai complicată pentru triplajonțiune.

Celulele multijonțiuni din grupele III–V semiconductoare, deja au fost utilizate pentru aplicații spațiale sau în sistemele terestre (la care se asociază sistemele de concentrare CPV). Din acest grup se desprinde un nou material PEROVSKITE, estimându-se că în cazul celulelor PV triplu jonțiune, randamentele vor ajunge la 35%.

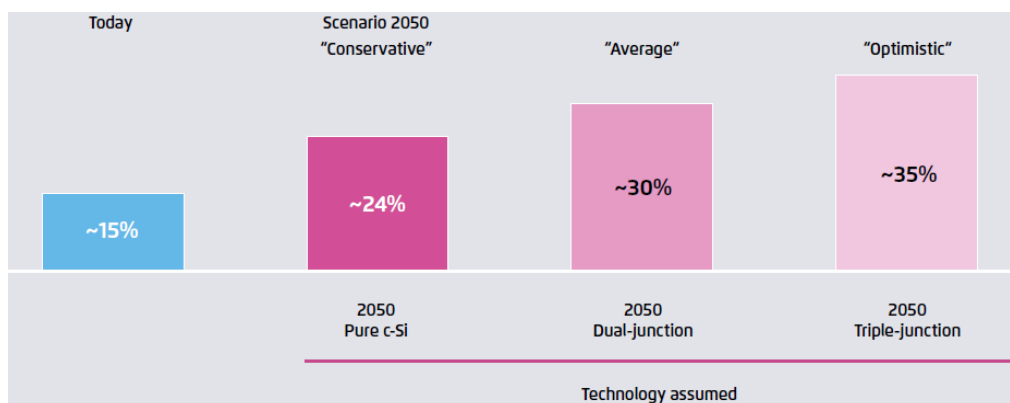


Fig. 5. Randamentul prognozată pentru celule solare la nivelul anului 2050 [1].

SOLUȚII PENTRU UN ORAȘ INTELIGENT

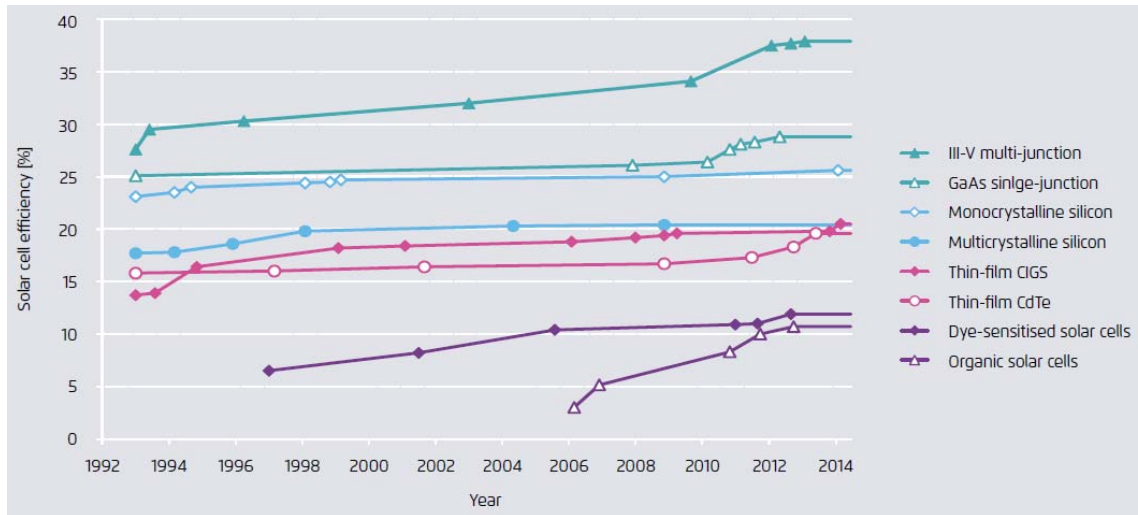


Fig. 6. Evoluția randamentelor oferite de celule solare, de-a lungul anilor.

O pistă promițătoare este reprezentată de dezvoltarea unor celule FV din Si dublă joncțiune cu partea inferioară din Si și un material cu bandă mai largă în partea superioară.

Randamentele pentru diverse familii de Celule PV obținute de-a lungul anilor și stadiul actual este dat în fig.6.

Creșterea randamentului unei celule PV și reducerea costurilor de fabricație datorată unei producții de masă, constituie factori care contribuie în mod esențial la scăderea costului kWh livrat într-o instalație solară.

4.2. Evoluția costurilor în domeniul invertoarelor

Similar ca și în cazul celulelor solare, costul invertoarelor a scăzut în mod continuu. Dacă în anul 1990 costul invertoarelor se stabilea pornind de la 1 EUR/Wv, în 2014 costul s-a redus la 0,1 EUR/Wvârș.

În paralel cu creșterea randamentului a crescut și densitatea de putere, s-au realizat noi topologii a circuitelor, invertoarele au devenit mai „inteligente” devenind interfața de monitorizare și comunicare care poate să sporească funcțiile instalației fotovoltaice, spre exemplu asigurând energia reactivă sau activă în diverse situații în cazul în care rețeaua o cere.

Tabelul 2. Scenarii privind costul pentru un invertoare, la nivel an 2050

Scenarii cenți/Wvârș	1	2	3	4
Minim	3,5	3	2,6	2,1
Maxim	4,2	3,6	3,1	2,5

Considerând aceeași bornă de timp 2050, costurile invertoarelor vor scădea, toate scenariile făcute,

semnalând această tendință. Din Tabelul 2 rezultă că și în cazul celei mai defavorabile situații (scenariul 1), costul invertoarelor se va găsi în zona 3,5-4,2 cenți / Wv.

4.3. Componente și activități în realizarea unui sistem PV

În structura de costuri, aceste componente și activități reprezintă la nivelul anului 2014 cca 340 EUR. Costurile cu care sunt realizate ele la nivelul anilor 2014 și cum vor evolua ele în 2050 -în caz defavorabil sau favorabil- este dat în fig. 7. Se estimează că la nivelul anului 2050 ele vor cunoaște o scădere continuă ajungând aproximativ în zona 120-210 EUR.

Structuri de montaj. Este reprezentată de construcțiile metalice pe care se vor dispune modulele și nu cuprinde costul de instalare a acestor structuri. Costurile structurii sunt evaluate astăzi la nivelul a 75 EUR/kWv estimându-se că la nivelul anilor 2050 ele se vor găsi în zona 38–60 EUR/kWv, cu o reducere a costului actual de 20–50%. Reducerea costului structurii este atribuită creșterii randamentului celulei PV, standardizării și utilizării unor noi materiale.(vezi fig.8)

Costul modulului este elementul din structura unei centrale solare care contribuie cel mai mult la stabilirea costului în ansamblu, în sensul că dacă la o centrală de 1 MW se utilizează celule cu randament ridicat spre exemplu de la 15% la celule cu 30%, structura se reduce la aproape jumătate.

Instalare structură. În condițiile în care randamentul modulelor rămâne același, se estimează că de la 50 EUR/kWv în 2014 se va ajunge în 2050 la un cost cu 10-40% mai mic. Creșterea randamentului conduce la reduceri de costuri și mai mari.

FILIERA FOTOVOLTAICĂ, SUPTOR PENTRU DEZVOLTAREA ORAȘULUI INTELIGENT

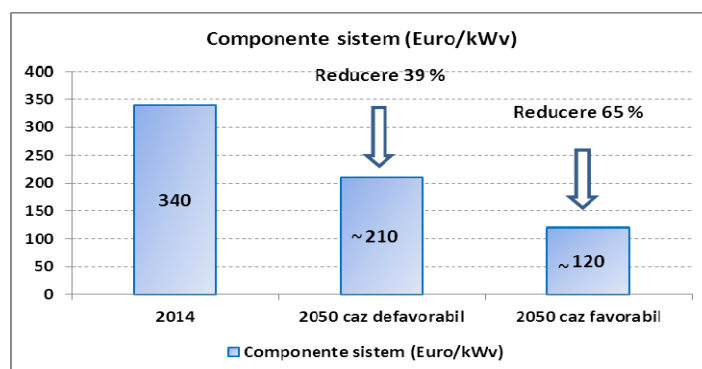


Fig. 7. Evoluția costului total al componentelor și activităților în anii 2014-2050 (caz defavorabil – caz favorabil). Modul în care fiecare element din grupa componente și activități contribuie la costul grupei în anul 2014 este dat în fig. 4b. Infrastructura, conectarea la rețea, cablarea c.c., instalarea, montarea, reprezintă în 2014 cca. 80% din costul total de aprox. 340 Euro.

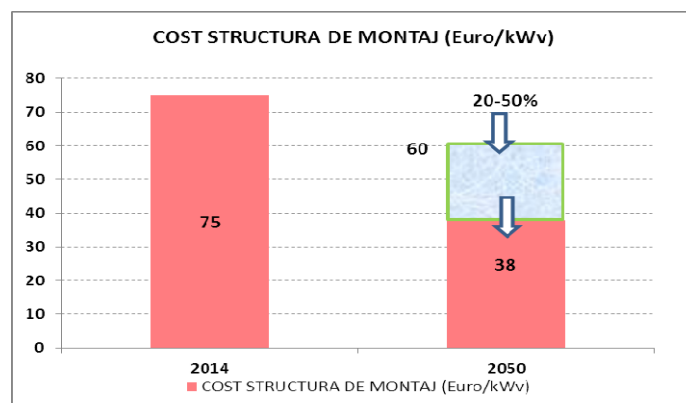


Fig. 8. Previțiuni privind costurile, datorate structurii de montaj în 2030 și 2050.

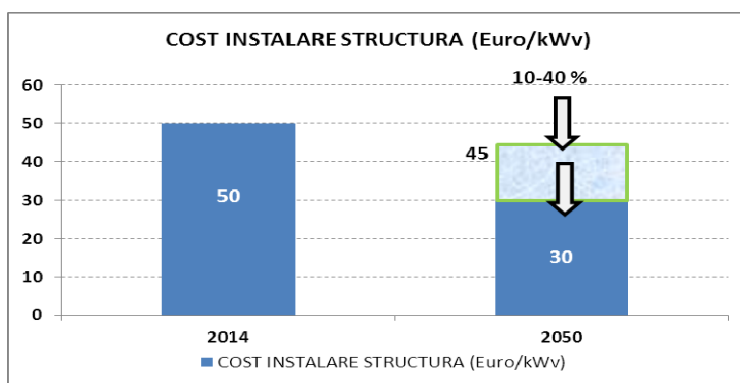


Fig. 9. Prognoza de reducere a costurilor de instalare a structurii.

Costul acestei activități este atribuit operațiilor de asamblare a structurii de montaj, dispunerea modulelor, conectarea între ele și la invertor, operație evaluată la nivelul anului 2014 a fi de ordinul a 50 EUR/kWv.

Volumul mare de manoperă și limitarea numărului de operații care pot fi automatizate, fac ca prognoza de reducere a costurilor până în anul 2050 să fie mai scăzută, costul urmând a se reduce în intervalul 2014–2050 cu 10-40%, adică în zona 30–45 EUR/kWv, așa cum este prezentat în figura 9.

Cablarea în c.c. Operația de cablare constă în realizarea conexiunilor între module, șiruri de

module și invertor, cutii de conexiune, costurile datorându-se materialelor din care sunt realizate cablurile (Cu și parțial Al), al secțiunilor și lungimilor utilizate.

Creșterea tensiunii poate reduce secțiunile și contribuie la reducerea dimensiunii dar transferă unele dificultăți de costuri în zona izolațiilor care trebuie să fie întărite. Standardizarea poate fi și ea o modalitate de a contribui la reducerea costurilor de la 50 EUR/kWv în 2014 la 30-45 EUR/kWv în 2050, o reducere procentuală a costurilor plasată în zona 10–30% (fig. 10).

SOLUȚII PENTRU UN ORAȘ INTELIGENT

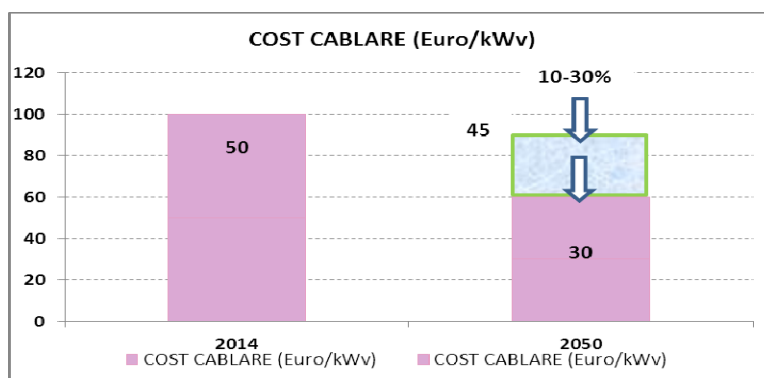


Fig. 10. Reducerea costurilor la cablare.

Conectarea la rețea a sistemului PV. Costurile operației de cuplare a inverterului la rețea depinde de punctul de acces la aceasta – care poate varia de la sute de metri la câțiva km – de infrastructura necesară și lucrările aferente, eventualele constrângeri dictate de drumuri. Se estimează că aceste costuri evaluate a fi la nivelul anului 2014 de 60 EUR/kWv, vor ajunge la 24-36 kWv în 2050, adică o reducere procentuală de 40–60%. (fig.11).

Infrastructura. Asigurarea infrastructurii pentru realizarea unei centrale solare presupune amenajarea terenului și realizarea de drumuri și căi de acces. Se estimează o scădere mai mică a costurilor de la aproximativ 40 Euro/kWv în 2014 la 28-36 EUR/kWv în 2050, o reducere de 10%, maxim 30 în anul 2050. (fig. 12)

Documentarea, proiectarea, transformatorul și întrerupătorul. Costurile pentru documentare și proiectare sistem FV se apreciază că la nivelul anului 2014, au fost de 25 EUR/kWv, reducerea care se estimează că va apărea în viitor pentru costuri datorându-se standardizării și modularizării unor componente, a unor programe de calcul mai evolute.

Creșterea puterii instalate într-un sistem FV și a tensiunii conduce la alegerea unor transformatoare mai puternice al căror cost este mai redus decât a câtorva unități de puteri mai mici. Dacă în anul 2014 costul ce revenea transformatorului era de 20 EUR/ kWv, se estimează că în 2050 el se va reduce cu 20–40%.

Costul care revine întrerupătorului este evaluat la 5 EUR/kWv și va cunoaște o reducere cuprinsă între 0-50%.

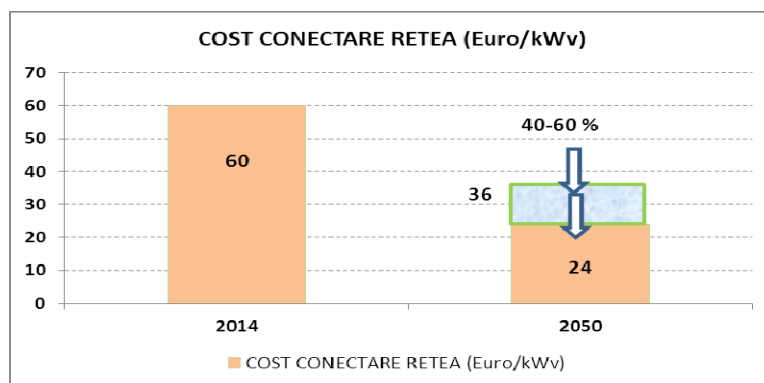


Fig. 11. Reduceri ale costurilor de conectare în perioada 2014–2050.

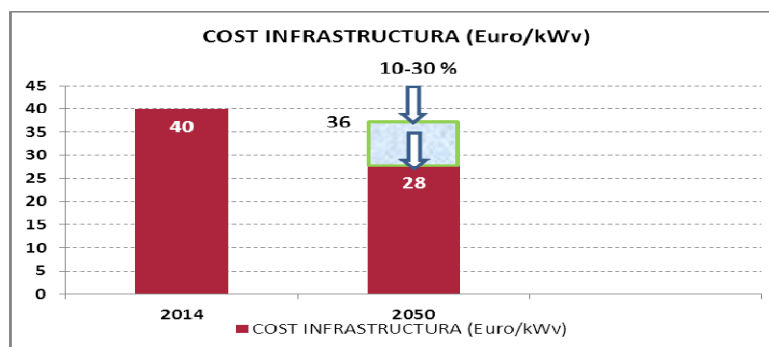


Fig. 12. Evoluția costurilor pentru infrastructură (2014 și 2050).

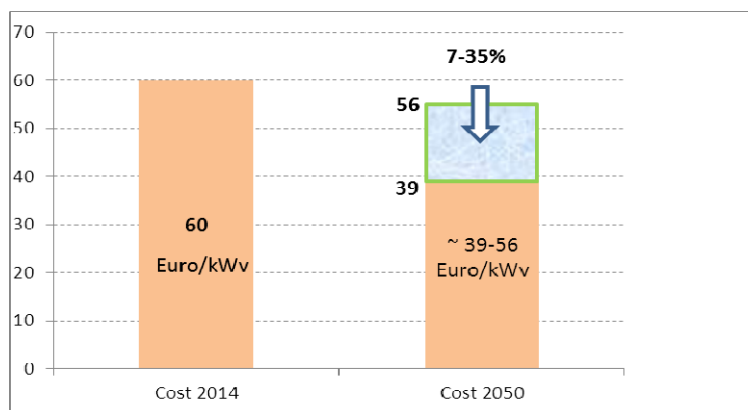


Fig. 13. Reducerea costurilor în activitatea de documentare/proiectare; achiziție transformator și întrerupător.

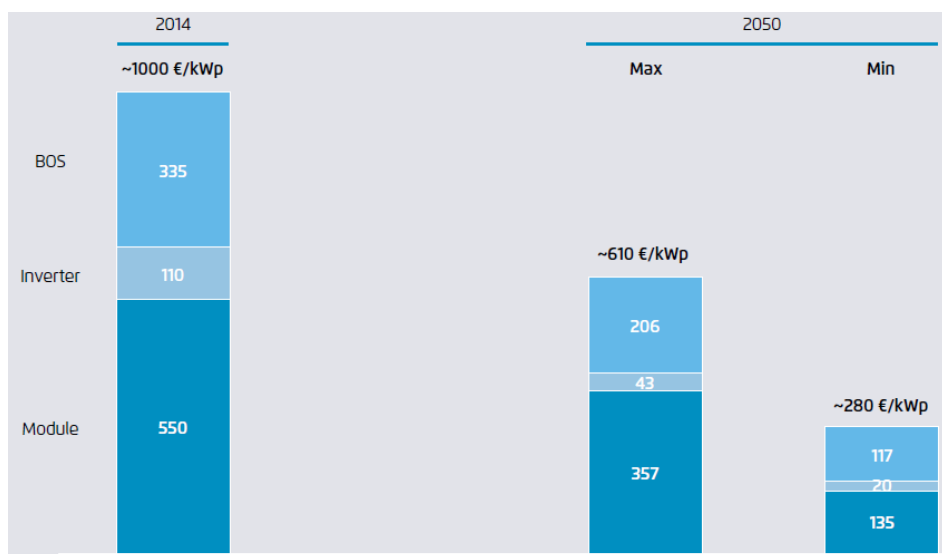


Fig. 14. Evoluția costului unui kWp solar instalat în 2014 și 2050 (valoare maximă/minimă)

În lumina acestor evaluări, pe ansamblu, costurile pentru aceste elemente vor scădea de la aproximativ 60 EUR/kWv în anul 2014 la 39-56 EUR/kWv în 2050, conform fig. 13.

Sintetizând cele prezentate până acum, costul unui kWv instalat în anul 2050 față de anul 2014, în două variante maximă/minimă va varia între 610 EUR/kWv și 280 kWv în anul 2015. (Vezi fig 14)

5. CONCLUZII

5.1. Prezenta lucrare și-a propus ca din datele prezentate în studiul ISE Fraunhofer să se prezinte unele tendințe care se semnalează în domeniul construcției de sisteme solare FV, scăderea costului unor componente și activități, cu implicații în reducerea în final a costului kWv instalat și a kWh livrat și devenit competitiv față de cel obținut prin alte filiere energetice.

5.2. Prognoze recente a căror concluzii au fost analizate în lucrare, anticipă dezvoltări spectacu-

loase în etapele 2030, 2050, atât din punct de vedere al progreselor obținute în domeniul celulei FV (randament, arhitectură, folosire în mai mare măsură a întregului spectru solar) cât și a celorlalte componente sau activități conexe proiectării și dezvoltării unei centrale FV, progrese care se reflectă asupra costului kWh livrat.

5.3. Performanțele tehnice care se prevăd a apare în orizontul de timp 2030 și 2050 și reducerile spectaculoase de costuri explică interesul crescut al statelor pentru generarea de energie prin filiera FV.

5.4. Existența acestui model german rezultat dintr-o analiză a numeroase sisteme FV funcționând comercial și cu date verificate, poate sta la baza unei modelari a unui sistem FV similar în România, la condițiile în care acesta ar trebui dezvoltat, cu o evaluare mai apropiată de realitățile noastre și putând sta la baza unor decizii de dezvoltare și exploatare a unei centrale FV.

5.5. Datele comunicate și tendințele care se semnalează în domeniul costurilor, deși evaluări cu un anumit grad de risc dat fiind elementele surpriză care pot

SOLUȚII PENTRU UN ORAȘ INTELIGENT

apare, pot furniza elemente de decizie privind zonele în care se poate acționa pentru optimizarea costului kWh livrat de o centrală solară FV.

5.6. Interesul pentru această filieră este real, întărit de evoluția costului kWh atins astăzi în Germania ajuns la nivelul vântului on shore: de la 43 cenți EUR/kWh în anul 2005 la 8,7 în anul 2015 și prognozele viitoare pentru anul 2050 (4-8 cenți).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Iohanes Meeyer s.a. Study. *Current and future cost of Photovoltaic*. Fraunhofer ISE, febr. 24, 2015 și Agora Energiewende.org/services/publications.
- [2] Cristoph Kost. *Levelised cost of electricity renewable energy technologies*. Study Fraunhofer ISE, nov. 2013.
- [3] D Feldman s.a. *Photovoltaic System Princings Trends Historical, Recent and Near Terms Projections*. US Department of Energy, 2015.
- [4] Brauker s.a. *A review of solar photovoltaic levelised cost of electricity*. Elsevier, Vol 15, Issue 9, Dec 2011, p. 4470-4482.
- [5] M Raugei, P Frank. *Life Cycle impacts and costs of Photovoltaics*. Energy – Elsevier, Vol 34, Issue 3, March 2009, p 392-399.
- [6] *** *Solar electricity cost vs Regular electricity cost*, Solarcellcentral.com/cost_page.html.
- [7] *** *Average Utility – Scale solar Price in US . Falls to 5 cent /kWh*, Cleantechnica.com average-utility-scale – solar.
- [8] Recent facts about photovoltaics in Germany <https://WWW.ise.fraunhofer.de/recent-facts>. Rap Fraunhofer 2016.
- [9] FT Tănăsescu: *Sistemele de stocare a energiei o soluție pentru optimizarea funcționării rețelelor electrice la care sunt racordate surse regenerabile/intermitente*. In: Proceedings ASTR, Sibiu, Ed AGIR 2014.
- [10] FT Tănăsescu: *Intrebări la care trebuie răspuns la proiectarea unui Sistem de Stocare a Energiei*. Proceedings FOREN, Costinești, 2016, RT 4.
- [11] *** *Electrical Energy Storage*. IEC White Paper. Geneve, dec. 2011.