

MODELARE CASE PENTRU MONITORIZAREA DISTRIBUȚIEI ENERGIEI DIN SURSE REGENERABILE

Veronica Ștefan

veronica.stefan@valahia.ro

Dorin Dacian Leț

ldorin@valahia.ro

Universitatea VALAHIA Târgoviște

Rezumat: Folosite, la început, pentru a echipa sateliți, apoi pe scară largă în aplicații pentru locuri izolate, în ultimii 20 de ani sistemele fotovoltaice au cunoscut o dezvoltare deosebită în aplicații terestre diverse. În zonele dens populate, ca și în părți importante ale Europei, Japoniei și Statelor Unite, integrarea pe scară largă a sistemelor fotovoltaice se realizează prin sisteme distribuite în mediul urban. Poziția geografică a României permite accesul la un important potențial energetic solar, determinant fiind amplasamentul la paralela 45° lat N, în condițiile climatului temperat-continental.

Articolul de față și-a propus prezentarea modului de operare a unui utilizator - producător de energie solară, prin intermediul celor mai moderne tehnici software în domeniu, de la modelul înregistrării datelor furnizate de instalația respectivă, monitorizarea acestora prin proiectarea unui mediu software, conexiunea lui prin Internet cu piața comercială a energiei prin intermediul unui administrator al producătorilor de energie electrică, punând la dispoziție mijlocul informatic de interfațare și conectare cu operatorul de energie electrică OPCOM, prin intermediul unui portal dedicat. Lucrarea valorifică cercetările efectuate în proiectul ICOP-DEMO 4080-98 de echipa *Departamentului de Cercetare Energie - Mediu* al Universității VALAHIA precum și o serie de lucrări prezentate în *Conferințele Naționale de Surse Noi și Regenerabile de Energie*.

Instrumentele de proiectare de tip CASE Designer pun la dispoziție un set de task-uri care permit proiectarea modelelor de diferite tipuri inclusiv modelarea orientată obiect, compararea și sintetizarea acestor modele, navigarea în model prin mecanismul unor hiperlink-uri ce creează niveluri ierarhice de analiză, generarea automată a script-ului bazei de date, interschimbarea modelelor utilizând formatul XML și editarea automată a documentației.

Cuvinte cheie: energie din surse neconvenționale regenerabile, sisteme fotovoltaice, model OOM, CASE, OPCOM, Certificate Verzi, Piața Zilei Următoare, Permise de emisii CO₂.

1. Premise

Conform definiției *Oficiului Federal Elvețian al Energiei* SFOE [18] (Swiss Federal Office of Energy), energia din surse regenerabile este cea care poate fi obținută din surse naturale, ce se refac continuu și care, în momentul actual, reprezintă o resursă utilizabilă economic, cu importante beneficii și potențial pentru viitor.

Politica națională [17], cât și *politica europeană* [11], în ceea ce privește diversificarea surselor de energie prin promovarea energiilor regenerabile, ca măsură legislativă prioritară enunțată în *Cartea Verde a Energiei* [19], au fost adoptate în anul 2001.

„Obiectivul este ca «energia verde» să ajungă la 22 % din totalul energiei produse în UE în 2010, față de 14 % în 1997. În același timp, *Uniunea Europeană* s-a angajat prin *Protocolul de la Kyoto* să reducă emisia gazelor cu efect de seră cu 8% până în 2008-2012.

Utilizarea sistemelor fotovoltaice în mediul urban are numeroase aplicații, între care:

- integrarea modulelor fotovoltaice ca elemente cu rol artistice și de producere a energiei;
- sisteme instalate pe acoperiș, conectate la rețea;
- soluții arhitectonice ce valorifică iluminatul natural pasiv și efectul de seră;
- bariere antisonice pe autostradă sau linii de centură pentru marile orașe.

Tendența ultimelor cercetări este aceea de a crea soluții adaptate locuințelor individuale, pentru a asigura „autonomia” energetică a locuințelor și confortul sporit, prin utilizarea unor instalații de alimentare a consumatorilor din sursa fotovoltaică solară.

2. Modelul implementat

Modelul de referință pentru experimentarea cercetărilor și relatărilor teoretice, cât și pentru interpretarea rezultatelor finale, îl reprezintă Amfiteatrul Solar al Universității VALAHIA din Târgoviște [3], [13], [22], fiind proiectat și realizat prin aplicarea unor metode moderne de utilizare a energiilor solare active și pasive. Principiul tehnologic de bază îl constituie generatorul fotovoltaic de putere semnificativă (10 KWp) reprezentând cea mai mare instalație fotovoltaică cuplată la o rețea națională, fiind unicat până la această dată în România.

Pentru monitorizarea analitică, este nevoie de un sistem automat de achiziție a datelor [1], [7].

Setul minim de parametri monitorizați este prezentat mai jos:

- radiația totală în planul modulelor fotovoltaice;
- radiația globală în plan orizontal;
- temperatura pe spatele modulelor;
- temperatura ambiantă;
- tensiunea și curentul de la generatorul fotovoltaic;
- curentul spre invertor.

Tabelele 1 și 2 prezintă un set complet de parametri necesari evaluării energetice a sistemului fotovoltaic.

	Parametru	Simbol	Unitate de măsură	Formula utilizată
1.	Puterea furnizată pe modul	P_{MO}	W	
2.	Puterea furnizată de generatorul PV	P_{SAI}	W	$P_{SAR} = \rho K_{SA} MNP_{MO}$
3.	Puterea instalată a generatorului PV	P_{SAI}	W	$P_{sai} = \sum(P_{MO_i})$
4.	Eficiență			
	- modul	η_{MO}	%	
	- generator PV	η_{SA}	%	

Tabel 1. Valori măsurate inițial

	Parametru	Simbol	Unitate de măsură	Formula de calcul
1.	Radiația medie zilnică în plan orizontal	$\overline{H_{HOZ}}$	W/m ²	$H_{HOZ} = \frac{1}{t_D} \sum(H_{HOZ} \Delta t)_i$
2.	Radiația medie zilnică în planul modulelor	$\overline{H_{POA}}$	W/m ²	$H_{POA} = \frac{1}{t_D} \sum(H_{POA} \Delta t)_i$
3.	Timp însorit	t_{sa}	h	$t_{SA} = \sum(t_{SAI}); H_{POA} > 200W / m^2$
4.	Timp însorit teoretic	h		timp zi minus timp cu soare
5.	Factor de însolare	%		$\left(\frac{t_{SD}}{t_{SA}}\right) * 100$

Tabel 2. Parametrii de mediu monitorizați

Monitorizarea unui sistem fotovoltaic [15,16] presupune o serie de facilități hardware și software, care să permită extragerea rezultatelor de interes tehnic, dar și economic. Posibilitatea de a urmări parametrii de funcționare ai unei astfel de structuri permite efectuarea unor calcule științifice, dar și de eficiență, randament, calitate și fiabilitate.

3. Configurare hard și soft

Instalația fotovoltaică Amfiteatrul Solar este monitorizată cu ajutorul unui controler specializat Sunny Boy Control [15] (SBC), care culege parametrii de funcționare ai invertoarelor, o dată cu informațiile primite de la un număr de senzori, și îi retransmite către o stație de achiziție PC sau îi stochează local, pe EEPROM-ul încorporat.

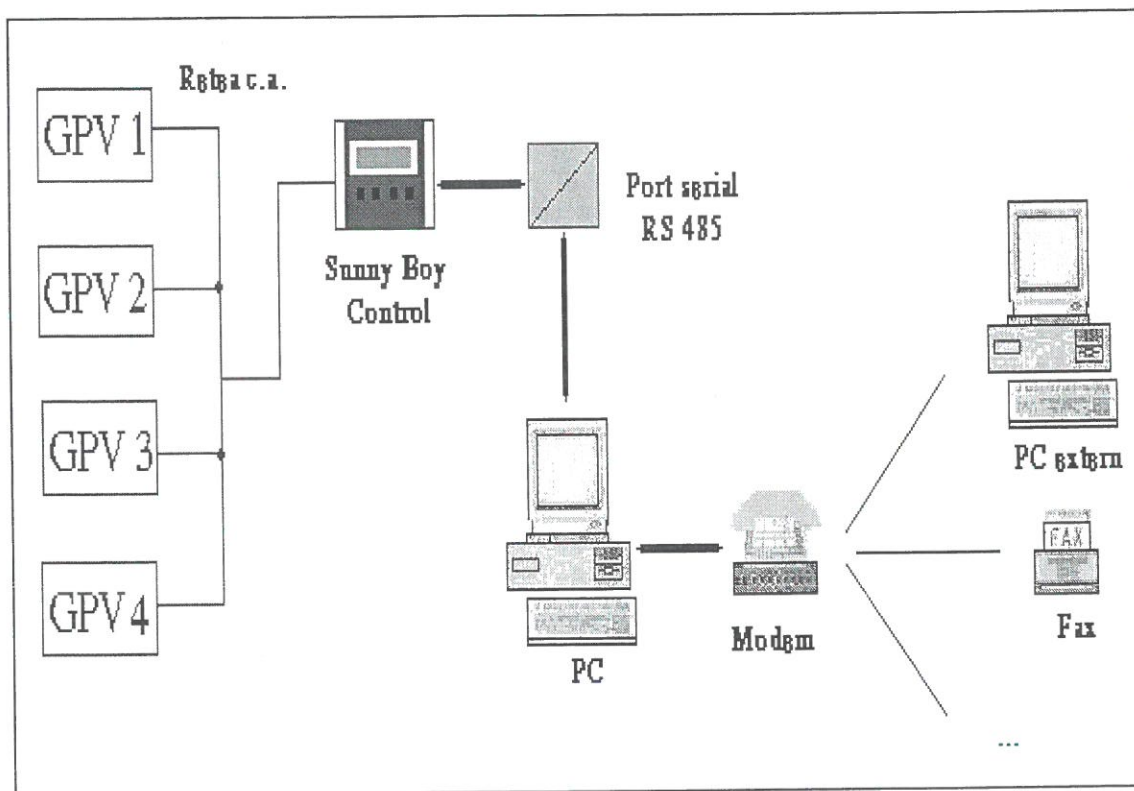


Figura 1. Schema de conectare în rețea a SBC

Același controler are posibilitatea de a conecta și o serie de senzori pentru a completa datele de achiziție cu parametrii de mediu, necesari prelucrării ulterioare. Astfel, unii senzori sunt folosiți pentru măsurarea radiației solare (Piranometru și senzorul ESTI) și alții pentru temperatura ambiantă (PT100) și pentru temperatura modulelor fotovoltaice (LM135).

3.1. Cuplarea Sistemului de achiziții pe interfața RS-232

Sistemele de achiziție a datelor [1], [8], cuplate pe interfața serială, au cunoscut în ultimul timp o dezvoltare importantă, care se datorează faptului că sistemele de achiziție de date, care comunică pe interfața serială RS-232, pot fi considerate universale, putându-se cupla cu orice tip de calculator ce are în componență acest tip de interfață

O problemă pentru realizarea sistemelor de achiziție a datelor este aceea de declanșare a conversiei analog-numeric și a canalului pe care se face aceasta. Există posibilitatea ca interfața de achiziție să fie realizată cu un microprocesor, microcontroler sau un procesor de semnal DSP (Digital Signal Processing). SBC folosește un DSP Texas Instruments [2], [14] ce poate oferi o serie de prelucrări ale semnalului achiziționat în funcție de setările microcontrolerului.

3.2. Achiziția și prelucrarea datelor

Sunny Data Control (SDC) [16], este utilitarul software, care realizează interfața dintre Sunny Boy Control și sistemul de achiziție. SDC este special dezvoltat pentru a oferi o soluție eficientă de achiziție [12], control, stocare, monitorizare și analiză. Acest software oferă o interfață interactivă real-time pentru controlerul SBC, ce afișează datele achiziționate la o rată de înprospătare refresh rate de 5-10 secunde în fereastra locală online, oferind posibilitatea de dezvoltare a unor aplicații de monitorizare online. Astfel, SDC are încorporat un server special pentru transmiterea online a datelor de achiziție prin protocolul TCP, către un script specializat, care le interpretează și le afișează în fereastra clientului Web.

Ca facilitate de achiziție [1], [8] și de stocare, SDC oferă posibilitatea copierii automate a datelor stocate în controler. Interpretarea acestora este facilitată prin faptul că fișierele de achiziție sunt de tip .XLS, putând fi prelucrate și interpretate cu ajutorul pachetului software MS Excel. Valorile achiziționate de controler sunt stocate în două fișiere:

- valorile zilnice în fișiere de genul SDT_MD.xls (M – luna, D - ziua) într-un director de genul: \Sunny Data Control\Plants\Uvt\SBC1113044652\;
- valorile totalizatoare sunt stocate pe fiecare lună sub forma: SDM_YM (Y – anul, M – luna).

©SMA

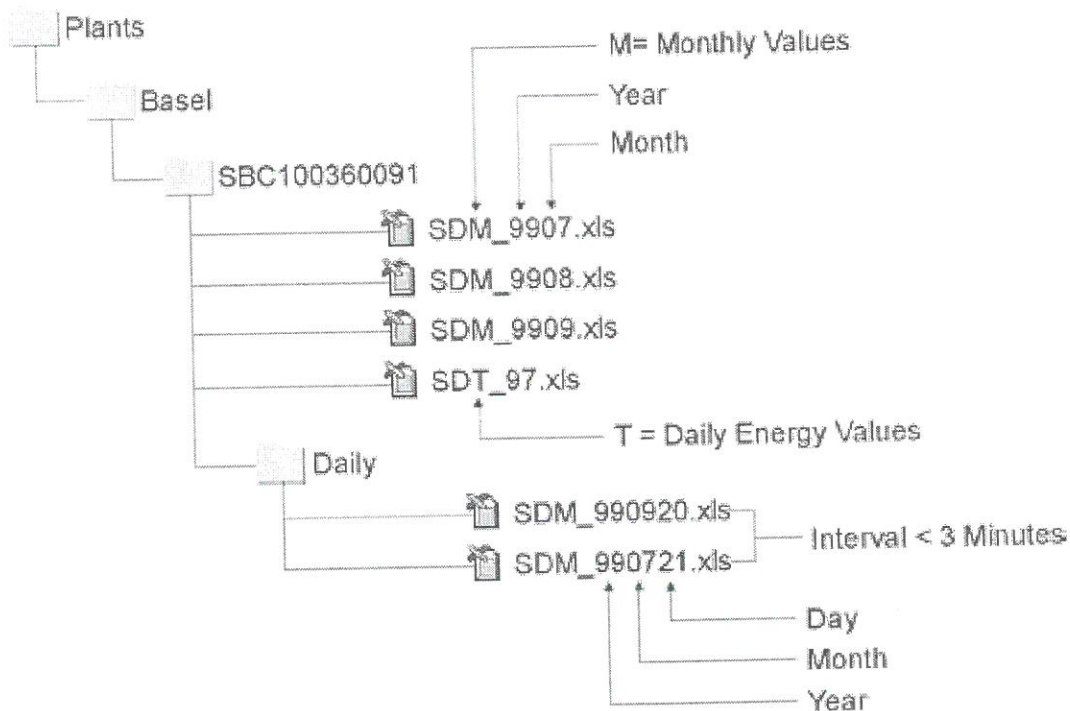


Figura 2. Structura directoarelor ce conțin datele de achiziție ale SDC

Fișierul în format MS Excel va cuprinde câte o foaie de calcul, separată pentru fiecare dispozitiv din sistem, denumită pe baza numărului de serie a dispozitivului detectat, și în care coloanele reprezintă valorile canalelor măsurate pentru dispozitivele detectate, iar pe linii sunt preluate informațiile privind data și timpul efectuării măsurătorilor.

Compatibilitatea datelor salvate cu formatul MS Excel nu are numai avantajul oferit de acest software, ci permite exportul acestor date în Baze de date relaționale [9] și posibilitatea unor prelucrări și modelări multiple ale datelor stocate, inclusiv de tip grafic și diagrame vizuale pe diferite profile și vederi ale modelelor cu ajutorul instrumentelor de tip CASE [10].

3.3. Extensibilitatea modelului

Deoarece valorile măsurate pe ore, zile, luni și ani, reprezintă un volum foarte mare de date care trebuie stocate și regăsite pentru diferite studii sau pentru conexiunea cu cerințele OPCOM [21]. (Operatorul pieței de energie electrică din România), este necesară crearea unei structuri de gestiune a acestor date, o bază de date relațională și un site local, precum și un portal de interfață între utilizatori și această bază de date prin intermediul OPCOM.

Rezultă că modelul descris poate fi extins pe următoarele trei direcții de cercetare:

- analiza, proiectarea și utilizarea modelului datelor din sistem din perspectiva creării unei baze de date relaționale și utilizării instrumentelor CASE pentru modele;
- extinderea modelului de analiză a datelor prin raportarea la un model distribuit al producătorilor-consumatorilor independenți, referiți la începutul articolului și crearea unui site local;
- utilizarea tehnologiilor Web [4] pentru realizarea unui portal de interfață având în vedere apariția OPCOM care tranzacționează pe lângă piața energiei electrice și *Piața Certificatelor Verzi* și a *Permiselor de Emisii CO2*.

Referitor la prima direcție enunțată, prezentăm rezultatul aplicării unui instrument CASE de tip designer orientat obiect [5], pentru a realiza modelul bazei de date a sistemului, diagrama modelului distribuit, precum și diagrama de caz a înscrierii pe piața certificatelor verzi și a modului de operare a unui utilizator prin intermediul portalului Web [10].

Modelul cu care s-a elaborat aplicația informatică a utilizat ca instrument de lucru Power Designer, un mediu de proiectare a bazelor de date care lucrează în MS Windows cu diagrame de tip UML, ce se construiesc după un set de reguli specifice tipului de diagramă utilizat. Modelul de tip OOM utilizează următoarele vederi grafice [9]: Diagrame de caz, Diagrame de secvență, Diagrame de clase, Diagrame de tip PDM (Physical Data Model) din care se generează automat script-ul bazei de date SQL, precum și o serie de alte diagrame (Diagrama de Activitate, Diagrama de Stări - Tranziții, Diagrama componentelor și Diagrama de amplasare).

Diagrama fizică a bazei de date, din care se generează automat script-ul bazei de date SQL, este următoarea:

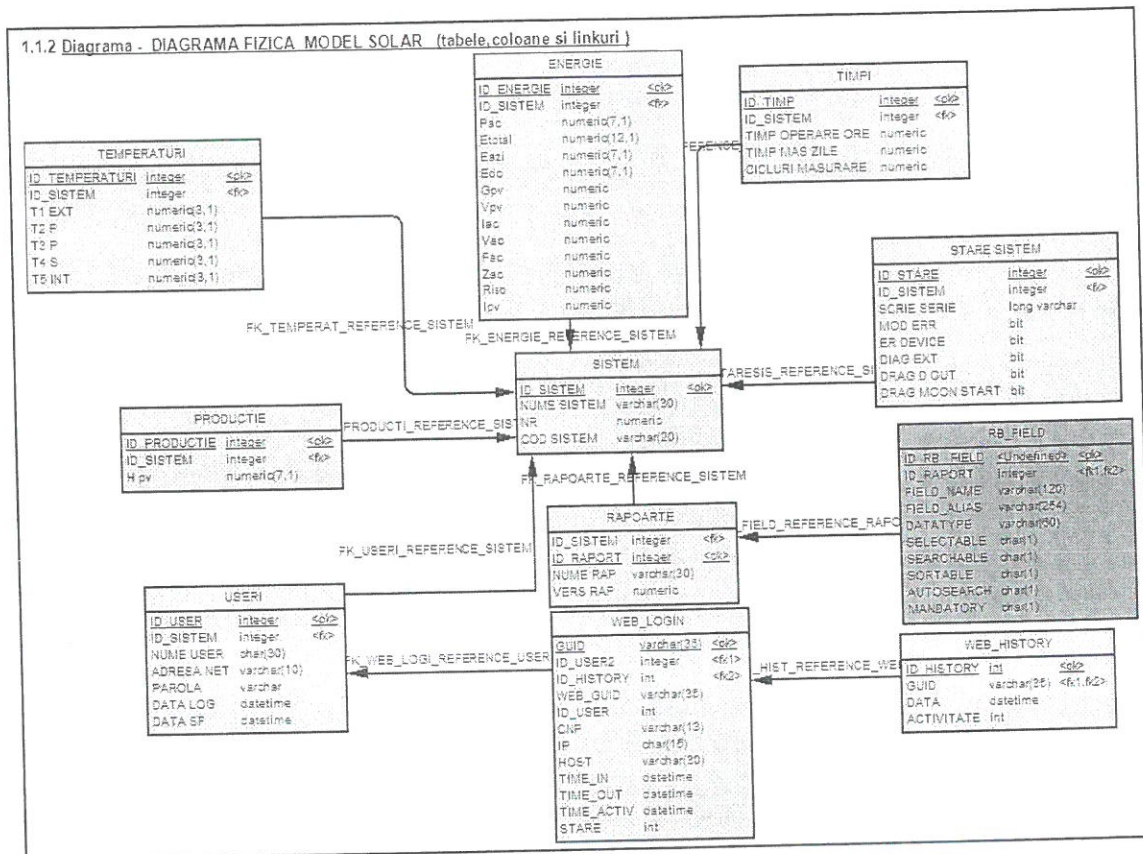


Figura 3. Diagrama fizică a modelului bazei de date

Această diagramă deține o tabelă centrală, numită Sisteme cu atribute caracteristice, și tabelele din grupările definite în diagrama generală, cu conexiuni de tip parent – child, definite prin proprietățile lor. Ea a fost generată din Diagrama de clase și, pe baza ei, Power Designer generează automat script-ul SQL. În urma executării, acest script generează în SQL și baza de date fizică.

Diagrama generală a modelului OOM [10] se compune din șapte pachete ce conțin diagramele de caz ale modelului. Aceste pachete reprezintă o modalitate de lucru cu diagramele, având posibilitatea descompunerii de tip arborescent a modelului de analiză și proiectare.

Referitor la extinderea modelului de analiză a datelor prin raportarea la un model distribuit al producătorilor-consumatorilor independenți, piața produselor de comunicație privind producția și distribuția energiei electrice, precum și producția de echipamente și software pentru acestea, este dominată actual de Sunny Portal [23]. Acesta oferă stocarea datelor de tip display individual a parametrilor sistemului și a performanțelor sale pentru toți clienții Sunnyboy. Acest portal oferă, de curând, vizualizarea și monitorizarea proceselor de producere a energiei fotovoltaice și pentru Amfiteatrul solar al Universității VALAHIA din Târgoviște.

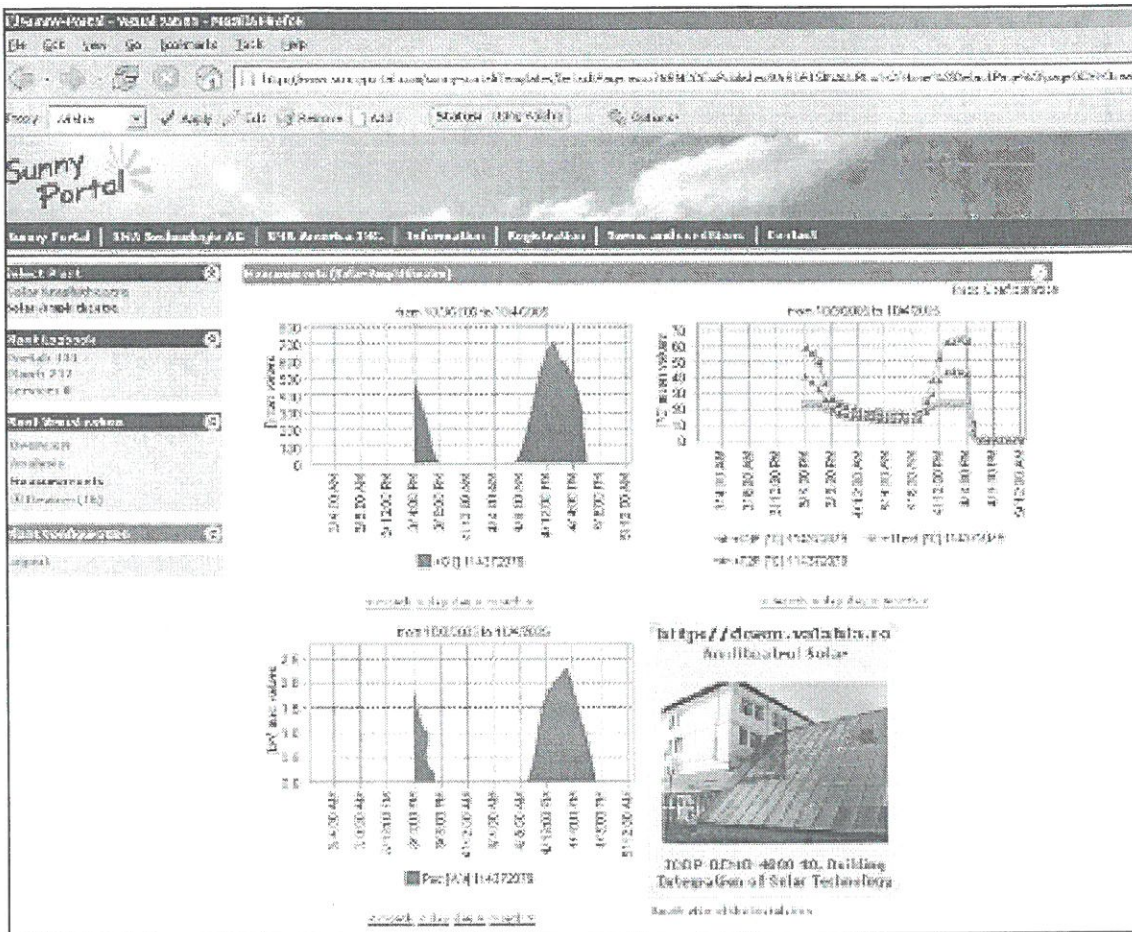


Figura 4. Monitorizarea Amfiteatrului VALAHIA pe site-ul Sunny Portal

Pentru preluarea automată a datelor din sistemele de producere a energiei fotovoltaice solare [6], se utilizează un dispozitiv creat de Sunny, Webbox Sunny, care transmite automat datele măsurabile din proces.

Diagrama modelului pentru portal prezintă modul de accesare și drepturile de acces protejate prin parole, condițiile pe care trebuie să le îndeplinească un utilizator al acestui portal, utilizările permise și înregistrarea acestuia, în cazul acceptării condițiilor impuse, precum și datele care se introduc în baza de date prin intermediul portalului proiectat.

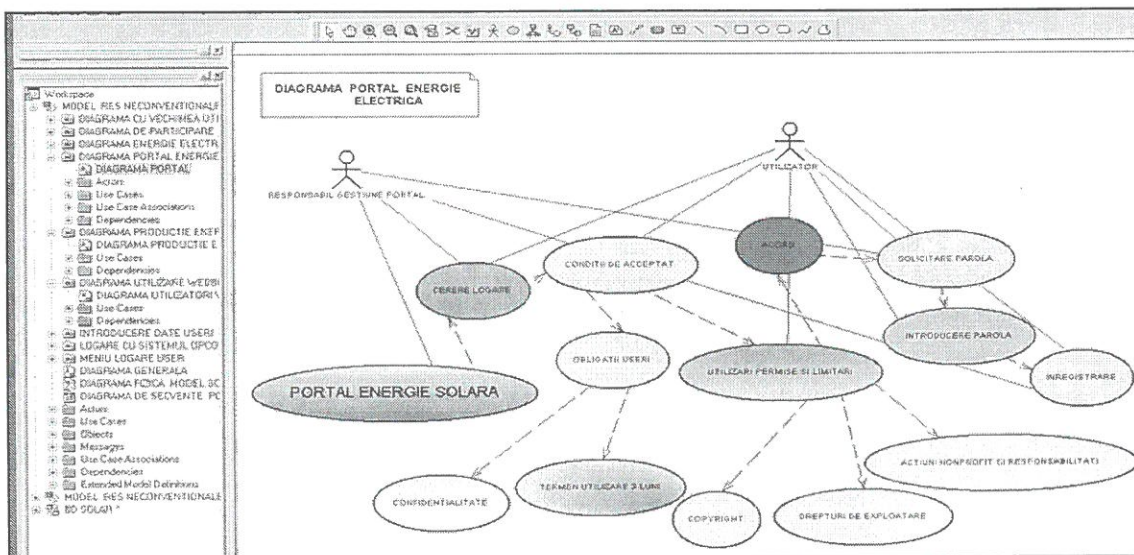


Figura 5. Diagrama de caz a portalului de energie electrică

Diagrama de participare pe piața OPCOM prezintă cele două componente principale din punct de vedere al pieței energiei solare, respectiv Piața Certificatelor Verzi, cu cerințele specifice înscrierii, și anume: scrisoare de intenție, condiții de participare, copie atestat calificare, lista companiilor ofertante, lista unităților de producție, precum și procedura de licență pentru Piața din Ziua următoare (PZU) cu următoarele componente: licența de producător, scrisoare de intenție, documentația de înregistrare, convenția de participare și achitarea tarifului de piață.

În cazul diagramei de logare cu sistemul OPCOM, se prezintă un model în care apar trei actori, respectiv administratorul de portal, utilizatorul și OPCOM, pentru cazul în care se dorește realizarea unui portal Web cu pagini personalizate pe utilizatori, în cadrul unui administrator al acestor utilizatori - producători de energie din surse neconvenționale.

Aceștia intermediază conexiunea cu cerințele comerciale ale responsabilului în domeniu, pe cele două obiective principale și anume: PZU (Piața Zilei Următoare), și PCV (Piața Certificatelor Verzi).

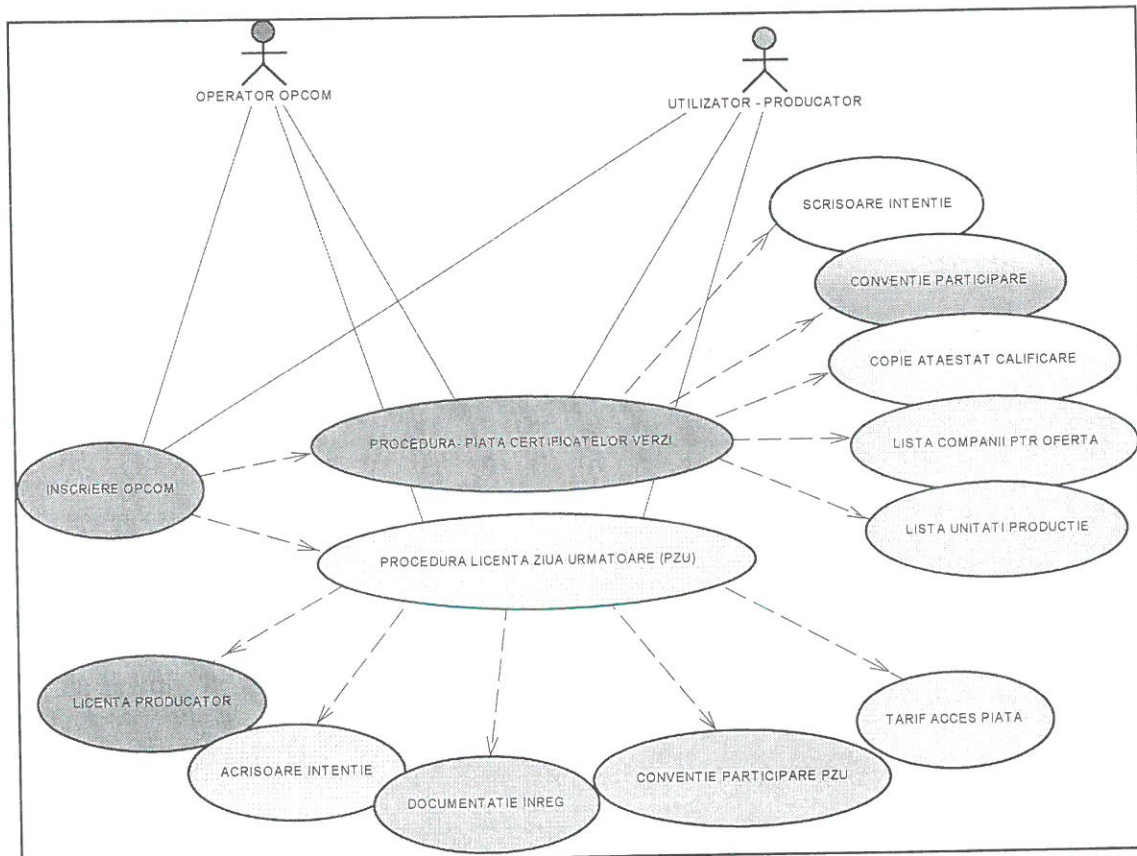


Figura 6. Procedurile de înscriere pe piața certificatelor verzi și a licențelor PZU

Valoarea Certificatelor Verzi se stabilește prin mecanisme de piață, prin Tranzacționarea Certificatelor Verzi pe o piață bilaterală între producător și furnizor precum și pe o piață centralizată, organizată de OPCOM.

Funcționarea Pieței centralizate de Certificate Verzi presupune o serie de tranzacții ce pot fi efectuate online, prin intermediul *eServiciilor* ce se pot efectua pentru operații precum înscriere, confirmare, validare, comunicare, acceptare, plată, respingere etc. care pot fi efectuate online pentru a beneficia de avantajele acestui tip de servicii (eficiență, fluidizare, transparență, economie de timp, eliminare birocratie etc.), pentru o serie de acțiuni precum:

- semnarea Convenției de participare la Piața centralizată de certificate verzi;
- plata tarifului de acces la piață;
- înregistrarea participantului în Registrul Certificatelor Verzi;
- transmiterea lunară de către participanți a ofertelor de vânzare sau cumpărare;
- primirea ofertelor și transmiterea confirmărilor participanților de către OPCOM;
- validarea ofertelor și comunicarea notificărilor privind acceptarea sau respingerea lor.

Atât timp cât OPCOM este administratorul pieței de certificate verzi atât al pieței bilaterale, cât și al pieței centralizate, precum și operatorul Pieței Centralizate de Certificate Verzi, este deosebit de utilă realizarea unui portal destinat utilizatorilor specifici ai acestuia.

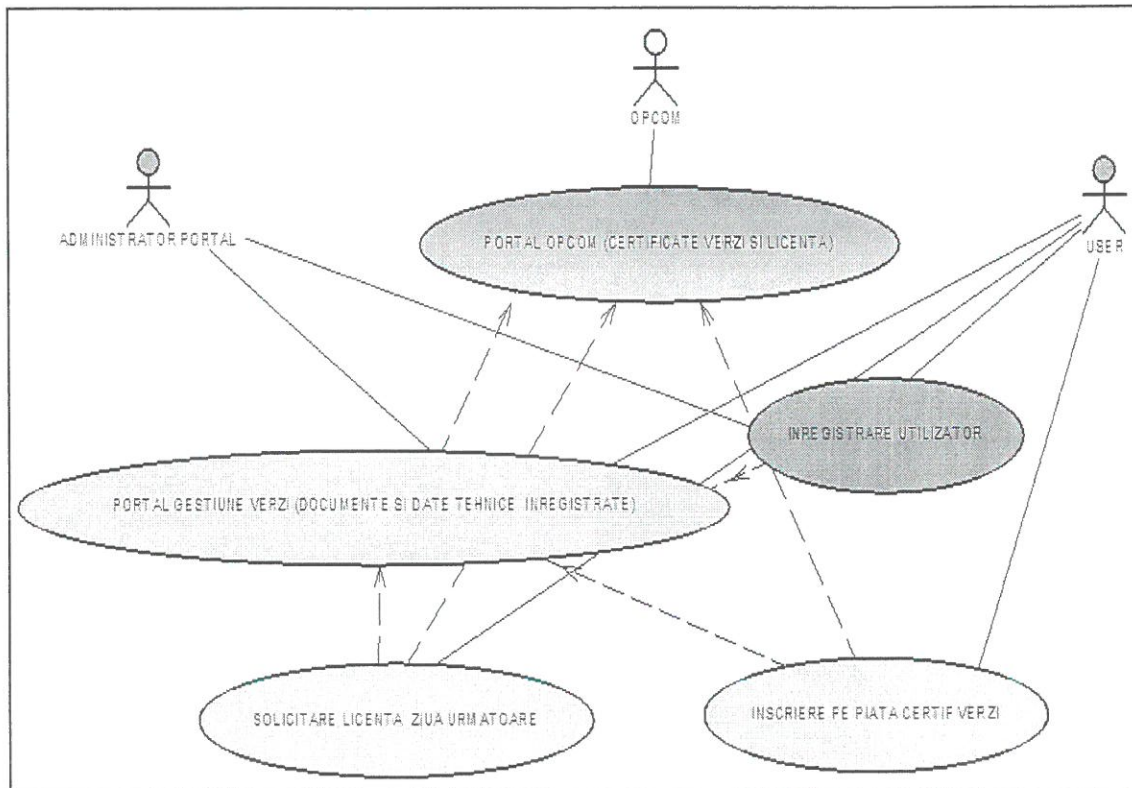


Figura 7. Diagrama de caz logare cu sistemul OPCOM

4. Concluzii

- Integrarea sistemelor solare fotovoltaice în clădiri oferă costuri avantajoase și reprezintă un concept atractiv pentru zonele dens populate. Sistemele fotovoltaice, instalate pe suprafețele clădirilor, permit posibilitatea combinării producerii energiei electrice cu alte funcțiuni ale clădirii. Având în vedere avantajele integrării în clădiri, din ce în ce mai multe țări văd în sistemele fotovoltaice distribuite o sursă de energie cu un potențial larg pentru viitor.
- Principalele motive de promovare a utilizării energiei electrice din surse regenerabile sunt de ordin economic, de mediu și social.
- Creșterea utilizării energiei electrice din surse regenerabile presupune existența a trei elemente fundamentale: mecanisme de susținere financiară, un cadru adecvat și stabil de reglementare, dar și soluții tehnologice pentru asigurarea unui management eficient al producției și distribuției.
- Creșterea numărului de generatoare bazate pe surse regenerabile de energie va determina o scădere în importanță a rețelei de transport mutând accentul pe rețeaua de distribuție, iar funcțiile de bază ale rețelei de distribuție se vor schimba.
- Numărul din ce în ce mai mare de constrângeri asupra rețelei de distribuție va impune mai multe sisteme de control în timp real, care includ și aplicații de tipul unui portal Web.
- Piața de Certificate Verzi din România va începe în curând să funcționeze și este important ca, pe lângă prevederile legislative, să fie creat și un cadru tehnologic adecvat.
- Articolul de față aduce în prim plan aceste problematice propunând, în același timp, o modalitate tehnică viabilă de soluționare, prin intermediul tehnologiei informatice.

Bibliografie

1. **CIASCAI, I.:** Sisteme de achiziție date, Ed. Albastră, București, 1999.
2. **JOHNSON, G.:** LabView Graphical Programming, McGraw-Hill, New York, 1996.
3. **LEȚ, D.:** Monitorizarea online a unei instalații voltaice, CNSRE, 2003.
4. **NĂSTASE FL., P. NĂSTASE:** Tehnologia aplicațiilor Web, Ed. Economică, București, 2002.
5. **NIKOS, D.:** Constructing Object-Oriented Software in Interactive Graphical”,
6. **OLARIU N.:** Sisteme Fotovoltaice”, note de Curs.
7. * * *: Programming Environments, Computer Based Learning Unit, University of Leeds, 1993.
8. **WILLIAM, H., R. and T. DALBY:** Computer Interfacing – A practical Approach to Data Acquisition and Control, Prentice Hall, New Jersey, 1995.
9. **ȘTEFAN, V.:** Tehnologii orientate obiect pentru baze de date relaționale, Editura Infomega, București, 2006.
10. **ȘTEFAN, V.:** Tehnologii Web și instrumente CASE orientate obiect în managementul surselor neconvenționale de energie, CNSNRE, 2005.
11. **REDING, V.:** i2010: The European Commission’s New Programme to Boost Competitiveness in the ICT sector, Prague, ianuarie, 2005.
12. * * *: Academic Press, Data Acquisition Techniques Using PC’s, 1991.
13. * * *: Documentația tehnică a proiectului ICOP-DEMO 4080-98, Faza 5.
14. * * *: National Texas Instruments: Internet Developer Toolkit, Reference Manual.
15. * * *: SMA, Sunny Boy Control Plus, Reference Manual.
16. * * *: SMA, Sunny Data Control, User manual.
17. * * *: Planul Național de Cercetare - Dezvoltare, Inovare, Normative 2006.
18. <http://www.managenergy.net/index.html>
19. http://www.europa.eu.int/comm/energy_transport/livrevert/12/2001
20. <http://www.mcti.ro/1810.html>
21. <http://www.opcom.ro>
22. <http://solar.valahia.ro/>
23. <http://sunnyportal.com/>