

INGINERIA ENERGIILOR REGENERABILE –INGINERIE PRIORITARĂ PENTRU SECOLUL XXI

Dr. Ing. Corneliu CRISTESCU¹, Dr. Ing. Catalin DUMITRESCU¹,
Dr. Ing. Radu RADOI¹, Dipl. Ing. Liliana DUMITRESCU¹, Prof. Dr. Ing. Valeriu DULGHERU²

¹ Institutul de Cercetări pentru Hidraulică și Pneumatică, INOE 2000-IHP, București, Romania,²

² Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova.

REZUMAT. În prima parte a articolului, se prezintă unele considerații generale privind potențialul surselor de energii regenerabile existente în lume, în EUROPA și în ROMANIA, precum și unele tehnologii de conversie și stocare a energiilor regenerabile practicate pe plan mondial, soluții caracterizate de randamente energetice ridicate. În partea a doua a articolului, se prezintă câteva soluții tehnologice noi pentru conversia, combinarea și stocarea energiilor regenerabile, soluții tehnice rezultate din activitățile de cercetare în domeniul energiilor regenerabile ale institutului INOE 2000-IHP, unele aflate acum în curs de brevetare la OSIM București.

Cuvinte cheie: Energii regenerabile, conversie energie, eficientizare energetică, sisteme combinate de energie, sisteme hibride de energie, tehnologii de stocare a energiei.

ABSTRACT. The first part of the paper presents some general considerations regarding the potential of renewable energy sources in the world, on EUROPE and in ROMANIA, as well as some technologies for converting and storing renewable energies, practiced worldwide, solutions characterized by high energy yields. The second part of the paper presents some new technological solutions for converting, combining and storing renewable energies, technical solutions resulted from INOE 2000-IHP renewable energy research activities, some of them being now in pending patenting, at OSIM Bucharest

Keywords: Renewable energy, conversion energy, energy efficiency, energy combining systems, energy hybrid systems, energy storage technologies.

1. INTRODUCERE

Creșterea alarmantă a **poluării mediului, emisiile de gaze de seră, ploile acide**, toate cauzate de producerea energiei din arderea combustibililor fosili, dar și **perspectiva epuizării** acestora, au pus omenirea la o **răscruce existențială**: ori găsește calea spre **energii alternative**, ori se pune în pericol însuși gradul de civilizație tehnologică la care s-a ajuns. Aceasta este **marea provocare pentru secolul XXI**.

Dar, pentru a nu se mai repeta această posibilă situație critică în existența omenirii, este de preferat și chiar înțelept ca sursele noi de energie identificate, să fie **“energii regenerabile”**, adică să se refacă în mod ciclic și să se integreze organic în **eco-sistemul** numit mediul înconjurător, pentru a nu-l mai afecta și vicia, adică energii care să facă parte din **“sistem”**, să asigure sustenabilitatea, pe termen lung, a societății umane.

Spre exemplu, **energia geotermală și energia nucleară** nu fac parte din **eco-sistem**, pentru că sunt surse de energii **“stocate”**, ca și energiile din surse fosile, și care, desigur, sunt susceptibile epuizării.

Dar omul este inteligent, inventiv, luptător și în continuă căutare de nou și de mai bine, așa că el a descoperit direcția, calea, sursa de unde poate să procure energie inepuizabilă, și anume: ... **SOARELE!**

Față de combustibilii **fosili și cel nuclear**, epuizabili, și care, în esență, sunt surse stocate de energie, formate pe parcursul a multor milioane de ani, sursele regenerabile de energie (SRE) sunt definite ca **“energii obținute din fluxurile existente în mediul ambiant și care au un caracter continuu și repetitiv”**. Spre deosebire de cea regenerabilă, energia combustibililor fosili este încorporată (legată) și ea poate fi eliberată numai **în urma unei activități a omului**.

Prin eliberarea energiei **stocate** în combustibilii fosili (SFE) sau în cei nucleari, nu numai se **poluează mediul ambiant** cu deșeuri și se **amplifică efectul de seră**, dar se contribuie la poluarea termică a mediului. Fluxul de energie regenerabilă are un caracter **închis**, iar cel de energie fosilă – **deschis** [1].

În cazul folosirii SRE, fluxul de energie, provenit din mediul ambiant, se transformă cu ajutorul instalației de conversie într-o altă formă de

energie, necesară consumatorului, și apoi se re-întoarce (conform legii conservării energiei, cantitatea de energie rămâne neschimbată) în același mediu, echilibrul termic al acestuia nefiind afectat.

Când se utilizează o **sursă fosilă de energie** (SFE), energia înmagazinată în combustibil este eliberată în instalația energetică, utilizată de consumator și apoi **emisă în mediul ambiant**, provocând o poluare termică a acestuia. Totodată, **se elimină și bioxidul de carbon**, ca produs al arderii carbonului, înmagazinat de milioane de ani în combustibilii fosili.

De aceea, în întreaga lume se desfășoară o activitate intensă de **cercetare și dezvoltare** în direcția conceperii de noi soluții de captare, conversie și stocare a energiilor regenerabile, de **eficientizare energetică** a acestora. În acest sens, s-a declanșat un proces puternic de **investiții semnificative**, la nivel global, pentru a **pune în valoare resursele regenerabile de energie**.

2. INGINERIA SURSELOR REGENERABILE –INGINERIE PRIORITARĂ

Economia mondială actuală se bazează, în general, pe energia provenită din resurse fosile (cărbune, petrol, gaze naturale, care sunt pe cale de epuizare), fapt ce are ca efect creșterea emisiile de gaze de seră, care favorizează încălzirea globală.

Ingineria energiilor regenerabile va trebui să devină ingineria prioritară a secolului XXI, pentru că ea trebuie să găsească soluțiile tehnice și tehnologice care **să asigure baza energetică** a următorului secol, când, probabil, sursele fosile de energie vor fi epuizate. De altfel, până în prezent, s-au și obținut unele rezultate promițătoare, deși la scară planetară, ele sunt încă modeste.

Conform datelor cunoscute, **energiile regenerabile** au contribuit cu **peste 22%** la producția de energie electrică și au reprezentat **circa 19%** din consumul total global de energie.

Ce șanse are ca omenirea, până la sfârșitul actualului secol, să poată să-și asigure necesarul de energie din alte surse decât cele fosile, acumulate în miliarde de ani?

Aceasta este o întrebare la care se va răspunde pozitiv numai dacă lumea va declara/considera **ingineria resurselor regenerabile** de energie ca pe o activitate/**inginerie prioritară**, acum când încă mai există ceva rezerve de surse fosile de energie, care permit dezvoltarea, în paralel cu activitățile economice curente, a unor tehnici de vârf, performante de captare, conversie și stocare pe termen lung, în vederea utilizării ulterioare producerii acestor energii.

Toate energiile regenerabile utilizate momentan în lume (solară, eoliană, hidrolică și biomasa) au ca sursă primară **soarele**, figura 2.1, cu excepția energiilor: nucleară, a mareelor și chiar geotermală.

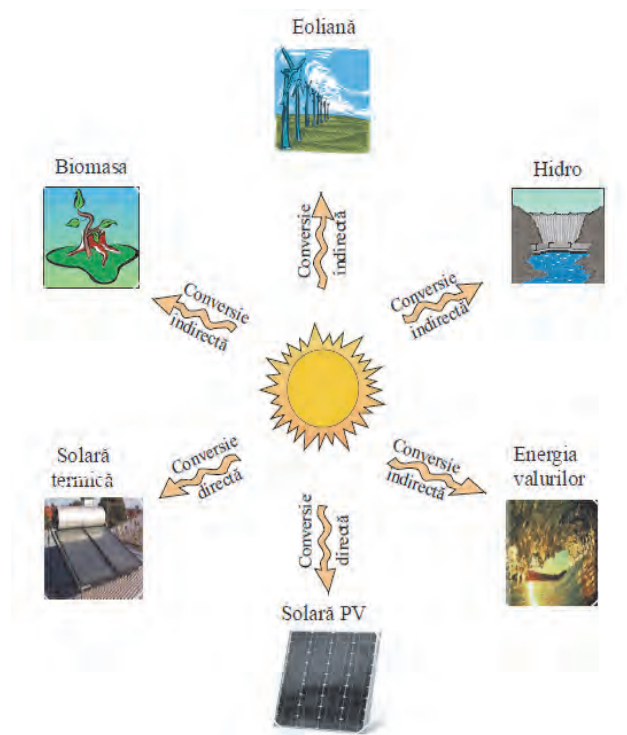


Fig. 2.1. Formele principale ale energiei solare.

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**. În figura 2.2, se arată tendința de dezvoltare a energiei electrice din surse regenerabile, prognozată până în anul 2030 [2].

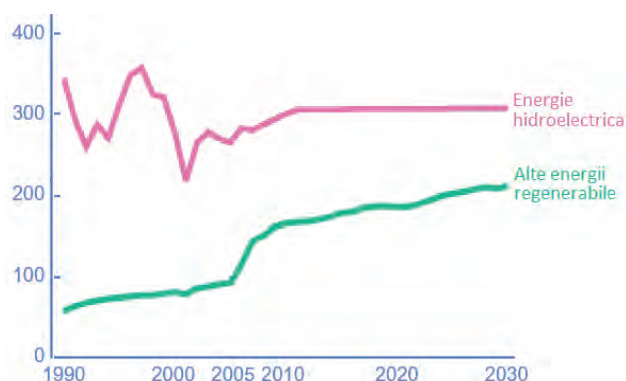


Fig. 2.2. Istoricul și tendința de dezvoltare a energiei electrice din surse regenerabile până în anul 2030 (în mld. kWh) [2].

De aceea, în întreaga lume se desfășoară o activitate intensă de **cercetare și dezvoltare** în direcția conceperii de noi soluții de captare, conversie, combinare și stocare a energiilor regenerabile și eficientizare energetică a acestora.

În același timp, s-a declanșat un proces puternic de **investiții semnificative**, la nivel global, pentru a **valoarea resursele regenerabile de energie**.

Energia totală captată de scoarța terestră este de **720*106 TWh pe an**, dar disponibilitatea acestei energii depinde de ciclul zi-noapte, de latitudinea unde este captată, de anotimpuri și de nori.

Accesul la această imensă cantitate de energie **depinde de noile tehnologii** care vor fi concepute, dezvoltate și experimentate, până ce ele vor deveni tehnologii mature, **în timpul secolului XXI**

3. SITUAȚIA ACTUALĂ ÎN INGINERIA ENERGIILOR REGENERABILE

La nivel mondial, unele tehnologii au atins un anumit **grad de maturitate**, dar sunt și altele în **faza de testare** sau chiar de **cercetare aplicativă** [3].

Energia solară fotovoltaică a crescut de 10 ori în deceniul 2005-2015 și încă 25% până în 2017.

Energiile regenerabile furnizează aproximativ **8%** din valoarea finală a **energie termice** de încălzire și servicii de răcire la nivel mondial, marea majoritate furnizată de **biomasă**, cu contribuții mai mici din **energia solară**.

În domeniul transporturilor rutiere, energia regenerabilă a reprezentat un procent de circa **4%** din combustibilul mondial, reprezentată, în special de **biocombustibilii lichizi**.

Energia eoliană a fost sursa principală de generare de energie nouă. Sectorul **off-shore** este în plină expansiune. Este o tehnologie costisitoare, dar **foarte eficientă**, mai ales în Europa.

Sectoarele eolian și solar cumulează cea mai mare capacitate de generare a **energiei electrice**, reprezentând aproximativ **77%** din instalațiile noi.

Cotele crescânde ale energiei variabile din surse regenerabile au **impulsionat dezvoltarea unor capacități suplimentare de stocare a energiei**.

Stocarea a devenit **problema numărul unu** a energiilor regenerabile, **în special pentru PV și energie eoliană**. **Noile tehnologii de stocare** a energiei depășesc stadiul de cercetare sau de testare industrială și, unele, **devin tehnologii mature**.

Un interes major al investitorilor și utilizatorilor se îndreaptă, în mare parte, și spre **aplicații la scară mică**, unde **perspectivele** pentru sursele de energie regenerabilă sunt **promițătoare** [4].

S-a estimat că **energiile regenerabile vor atinge curând 30% din capacitatea mondială** de generare a energiei, suficient pentru a furnizează aproximativ 24,5% din energia electrică la nivel mondial, **hidroenergie oferind aproximativ 16,6%**.

De asemenea, s-a observat o **creștere a interesului față de proiectele hibride sau combinate**, care **integrează energia fotovoltaică (PV)**, la nivel local, cu altele energiile regenerabile, în mod frecvent cu energia eoliană.

Există **tendința de a se crea ferme masive solare și/sau eoliene**, acesta fiind cel mai **eficient mod de a obține energie electrică**. adoptată ca fiind un **stil inovativ** [5].

La nivel european, energia obținută din surse regenerabile a **crescut puternic în ultimii ani** [6].

Mai concret, **ponderea energiei din surse regenerabile** în consumul final brut de energie a ajuns la o **valoare dublă**, în ultimii ani, de la cica **8,5 % în 2004** până la **17,0 % în 2016**., figura 3.1.

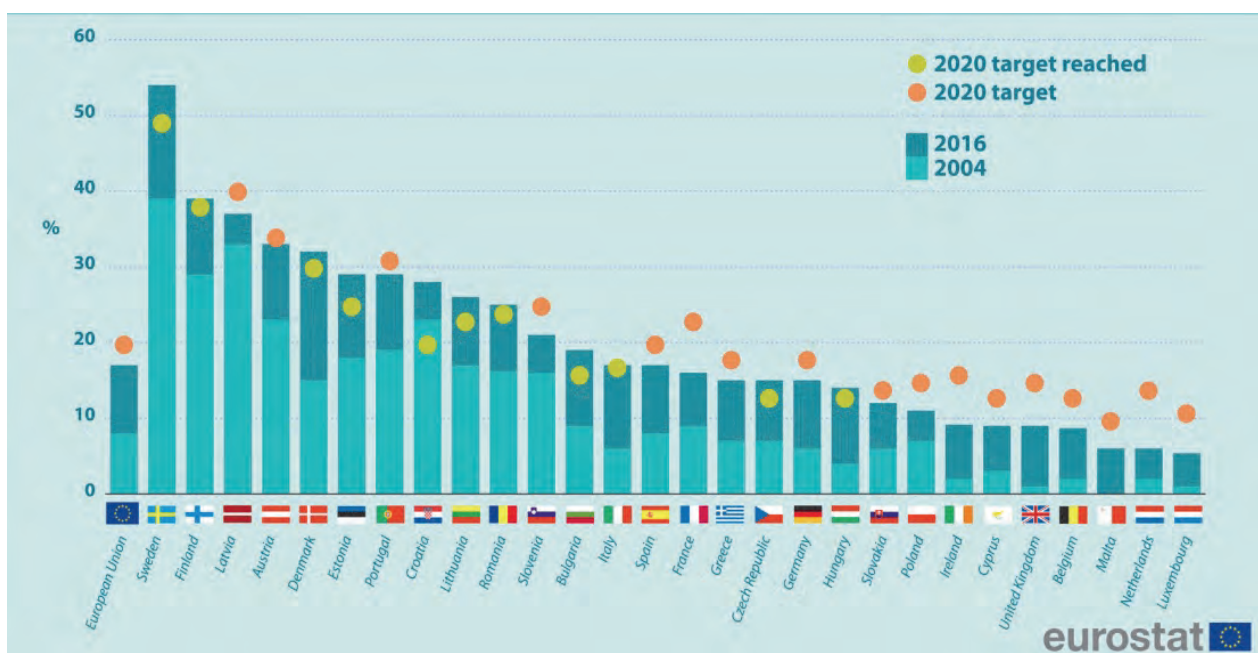


Fig. 3.1. Ponderea energiei din surse regenerabile din consumul final brut de energie [6].

Această evoluție pozitivă a fost **determinată de obiectivele obligatorii** din punct de vedere juridic de creștere a ponderii energiei din surse regenerabile prevăzute de *Directiva Europeană 2009/28/CE* privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, cu două obiective principale.

În ceea ce privește **ponderea globală a energiei din surse regenerabile** la nivel european, în consumul final brut de energie, în figura 3.1 se pot vedea țările care **au atins ținta pentru 2020**, printre care și ROMÂNIA, dar mai ales evoluția spectaculoasă a SUEDEI, care a atins deja **55%**!

În ceea ce privește **ponderea surselor regenerabile de energie utilizate în transporturi**, din consumul final brut de energie, în afară de **Suedia care are 30 %**, restul țărilor au **sub 19 %**,

În Romania, dintre energiile regenerabile existente, în afara energiei cinetice și potențiale ale apelor, cea mai dezvoltată până în prezent, o preocupare importantă este aceea de **captare, conversie și utilizarea energiei solare**, atât sub forma **energiei termice**, captată prin intermediul panourilor termice solare, cât și ca **energie electrică**, captată direct prin panourile fotovoltaice, dar și **energia vântului**, captată cu centralele eoliene, care, la origine, este **tot o energie solară**.

În Raportul Național 2016, al *Autorității Naționare Române de Reglementare în domeniul Energiei* (ANRE), se artă că energia din surse regenerabile a asigurat, în anul 2016, **42,29%** din producția națională de electricitate, cea mai mare pondere fiind a energiei hidraulice. Astfel, **energia hidro** a însemnat **29,88%** din producția totală a țării de energie electrică, energia eoliană a fost **11,07%**, energia fotovoltaică - **1,18%**, iar din biomasă s-a produs **0,16%** din total [7].

România și-a asumat ca până în **2020** energia produsă din surse regenerabile să aibă o **pondere de 24%** în consumul total de energie, o țintă care a fost **realizată deja cu trei ani înainte** de termenul limită. În prezent, Romania a instalat în centrale electrice din surse de energie eoliană 3.000 MW, 1.400 MW fotovoltaic, 350 MW mini- și micro-hidrocentrale și 124 MW biomasă, inclusiv gaz de fermentare a deșeurilor [8].

4. PERFORMANȚE ALE INGINERIEI ENERGIILOR REGENERABILE

Experiența tehnică și tehnologică obținută până în prezent, la nivel mondial, precum și dezideratul de a eficientiza la maximum aceste tehnologii, au condus la identificarea unor noi direcții de acțiune, la conceperea de tehnologii noi, uneori spectaculoase, desigur și costisitoare, dar mult mai performante și eficiente energetic față de soluțiile clasice, care se consideră a fi depășite..

Panourile solare termice clasice, plane sau cu tuburi vidate, spre deosebire de panourile solare fotovoltaice, care captează aproape întreg spectrul radiației solare, au un randamentul ridicat, fiind în jur de **60%-80%** raportat la energia razele solare incidente, dar temperatura apei nu depășește 100 °C.

Tehnologiile mai noi au în vedere **concentrarea radiația solară** cu ajutorul reflectoarelor speciale, prin care se **poate genera energie termică** la temperaturi mai mari de **300 °C**, care, la rândul său, poate fi folosită pentru producerea energiei electrice. Astfel de **centrale termice solare** sunt deja în exploatare comercială în SUA, figura 4.1, [9].



Fig. 4.1. Colectoare cu jgheaburi aparținând centralei solare tip SEGS [9].

În varianta comercială, fluidul termic care circulă prin tubul absorbant amplasat în linia focală este un ulei (amestec de oxid de difenil și bifenil), care suportă temperaturi de până la **400°C**, motiv pentru care funcționarea sistemului este limitată la această valoare. În varianta cu **săruri topite temperaturile de funcționare pot atinge 500°C**.

Au apărut centrale termice cu **reflectoare liniare FRESNEL** care utilizează fâșii de oglinzi lungi și înguste, plane sau ușor curbate, care se pot roti în jurul axei longitudinale pentru a focaliza lumina asupra unuia sau mai multor tuburi absorbante, care utilizează tehnologia cu generare directă de abur în colector, în aplicații cu **presiuni 55 bar** și temperaturi de **500 °C**, figura 4.2, [10].



Fig. 4.2. Concentrator liniar tip turn cu oglinzi Fresnel [10].

De asemenea, o **alta noutate** este **utilizarea oglinzilor parabolice discoidale**, care au în zona punctului focal al oglinzii, trei componente: **receptor termic, motor STIRLING și generator electric**. Rolul receptorului termic constă în **convertirea** în căldura a radiației solare concentrate și transferul către **motorul Stirling**, figura 4.3, [10].

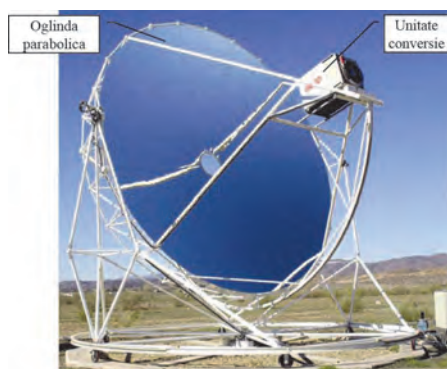


Fig. 4.3. Concentrator cu oglinda parabolică discoidală [10].

Alte exemple de tehnologii performante, de utilizare a potențialul energetic eolian mondial anual, care se ridică la aproximativ 260.000 TWh, sunt prezentate mai jos. Acest potențial este de 15 ori mai mare decât actualul consum energetic al lumii și de 40 de ori mai mare decât actualul comsum de energie electrică a lumii [2].

Pe lângă tehnologia **clasică**, dezvoltată pe uscat (on shore), a apărut tehnologia pe mare (off shore),

figura 4.4, care este în plină dezvoltare, având o eficiență ridicată, dar cu costuri mai mari [11].



Fig. 4.4. Turbina eoliană plutitoare [11].

Au apărut și variante spectaculoase, și anume **turbina eoliană zburătoare**, figura 4.5, [12].



Fig. 4.5. Turbina eoliană zburătoare [12].

Așa cum s-a spus, din cauza manifestării inconstante, a **fluctuației surselor regenerabile** de energie, **problema numărului unu** a utilizării acestora rămâne aceea a **stocării energiei**. Deoarece nu se poate stoca direct energia electrică, este necesară **conversia** acesteia în alte forme de energie,

O tehnologie revoluționară constă în **stocarea energiei solare cu ajutorul hidrogenului**, cu cele 3 variante: **hidroliză, hidrogenul ca vector energetic, cu stocare a hidrogenului prin lichefiere criogenica, fixarea hidrogenului pe un compus chimic și extracția la destinație, toate fiind tehnologii inovative în plină expansiune** [13].

În Quebec se face **electroliza a apei și hidrogenare catalitica** a unor **produsi aromatici**, care se încarcă în vase petroliere și **transportă stocat** până în Europa, la Le Havre. Substanța suport este dehidrogenată, devenind hidrogenabilă, iar **hidrogenul** utilizat în Franța.

O altă soluție **spectaculoasă, genială de stocare** a energiei electrice, este prin **conversia în aer comprimat** (tehnica CAES) și **stocarea** acestuia în **ape adânci**. Astfel, compania canadiană HIDROSTOR a inventat sistemul **Hydrostor Marine**, cu **baloane subacvatice** aflate sub presiune, figura 4.6, plasate la **55 de metri adâncime** în **Lacul Ontario**, lângă Toronto, Canada, [14].

De asemenea, sistemul *Hydostor Cavern* se bazează pe utilizarea unor **caverne existente**, care provin de la o salină sau de la o mină. Echipamentul de suprafață Hydostor constă dintr-un electro- ompresor care produce aer comprimat, și care este stocat în cavernă, figure 4.7, [14].

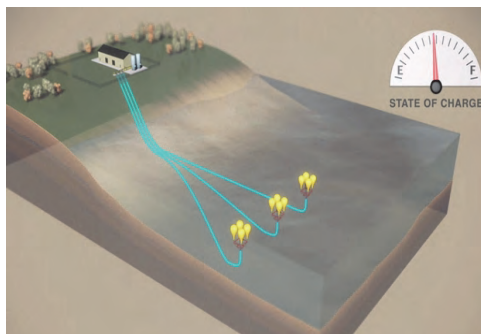


Fig. 4.6. Hydostor Marine Technology [14].

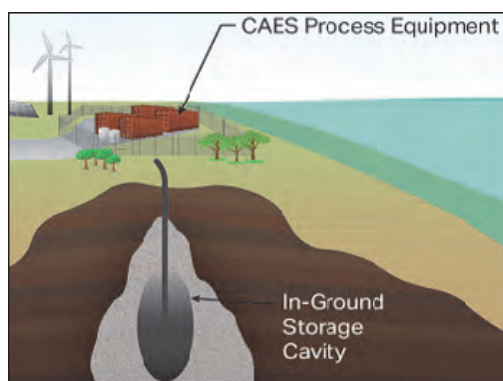


Fig. 4.7. Hydostor Cavern Technology [14].

Locațiile preferate sunt în cavernele sărate, foste saline construite artificial de către om

5. SOLUȚII REHNICE INOVATIVE PENTRU CONVERSIA, COMBINAREA, STOCAREA ȘI UTILIZAREA ENERGIILOR REGENERABILE

Sistemele de producere a energiei electrice bazate pe surse regenerabile, exemplu energiile solară și eoliană, ridică însă **probleme tehnice**, datorită **caracterului fluctuant al energiei vântului**, respectiv datorită norilor și **alternanței zi - noapte**. Prin urmare, în regim autonom, continuitatea alimentării cu energie electrică **trebuie dublată** de alte surse, de exemplu grupuri electrogene etc.

Pormind de la aceste considerente, în institutul INOE 2000-IHP, prin proiectul CONVENER, cofinanțat de Uniunea Europeană și UEFISCDI prin Fondul European de Dezvoltare Regională, în cadrul Programului Operațional pentru Competitivitate 2014-2020, Contractul financiar nr. 37 / 02.09.2016, în urma unui studiu de documentare la nivel mondial, privind problema și tehnologiile de valorificare a

surselor regenerabile de energie, s-au elaborat o serie de scheme/concepte/proiecte de realizare a unor sisteme de captare, conversie, stocare a energiei, cu eficiență energetică ridicată.

În cele ce urmează, vor fi prezentate asemenea **concepte**, unele aflate în faza de brevetare la OSIM

5.1. Sisteme combinate din mai multe surse regenerabile

Una dintre **căile de eficiențizare energetică**, a utilizării surselor regenerabile de energie, este aceea a **combinării a două sau mai multe surse regenerabile**, pentru a se completa una pe cealaltă, în așa fel că să existe continuu energie disponibilă pentru utilizare. Cele mai folosite sisteme combinate, care realizează un ansamblu hibrid, sunt **sistemele solare și sistemele eoliene**.

Majoritatea sistemelor hibride sau combinate sunt **sisteme off-grid**, adică nu sunt conectate la rețea, fiind folosite pentru utilizatori privați, aflați în zone izolate sau depărtate de rețele electrice.

Principiul de funcționare al sistemului hibrid are în vedere faptul că, în multe situații, **potențialul solar și cel eolian se compensează în mod natural**. Funcționarea, în paralel, a doua sisteme eolian-solar, permite obținerea unei siguranțe sporite în alimentarea cu energie electrică a rețelei de consumatori, respectiv atingerea unor **randamente superioare** în raport cu **funcționarea lor separată**.

În concluzie, având în vedere caracterul fluctuant a unora dintre resursele regenerabile, **pentru eficiențizarea energetică** a producerii și a consumului de energie, este necesară elaborarea de **concepte de sisteme combinate sau hibride de energie**, mai ales din surse complementare.

De asemenea, pentru **stocarea energiei**, obținute din surse regenerabile, este necesar a fi **imaginat scheme/concepte/tehnologii de stocare** temporară a energiei electrice provenite de la centrale eoliene și de la panouri fotovoltaice.

În cele ce urmează, se vor prezenta unele scheme conceptuale de realizare de sisteme combinate sau hibride, cu sau fără stocarea energiei obținute, elaborate în institutul INOE 2000-IHP.

În figura 5.1, se prezintă o schemă conceptuală pentru un sistem combinat de obținere a energiei din două surse regenerabile, și anume: energie termică și energie electrică, ambele provenite de la soare. Energie termică se obține prin utilizare panourilor termice solare, plane sau cu tuburi vidate, iar energie electrică este furnizată de panouri/captatoare fotovoltaice, care funcționează pe baza fenomenului fotoelectric. Pentru încălzirea apei menajere, contribuie atât panourile termice solare în mod direct, cât și curentul electric generat de panourile fotovolt-

ice, care, după adaptarea parametrilor la sistemul de stocare compus dintr-o baterie de acumuloare electrice, este trimis la o rezistență electrică montată în

interiorul recipientului/rezervorului de apă caldă. Tot din bateria de acumuloare electrice sunt alimentați și alți consumatori electrice (becuri, climatizare, etc)

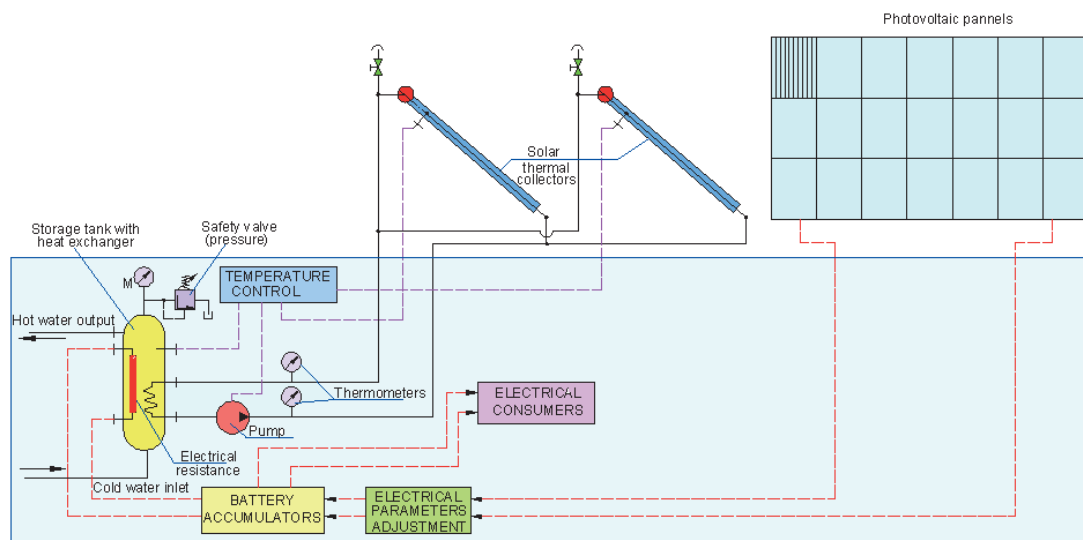


Fig. 5.1. Sistem combinat pentru două tipuri de energii regenerabile: termică și electrică.

În figura 5.2, se prezintă, de asemenea, o schemă/concept pentru un sistem combinat de obținere a energiei termice și electrice din două surse de energii regenerabile, și anume: prima provine

direct de la soare, energie solară, iar a doua din **energia vantului**, prin montarea unei **micro/mini centrală eoliană**. Acest sistem combinat presupune o investiție importantă privind centrala eoliană.

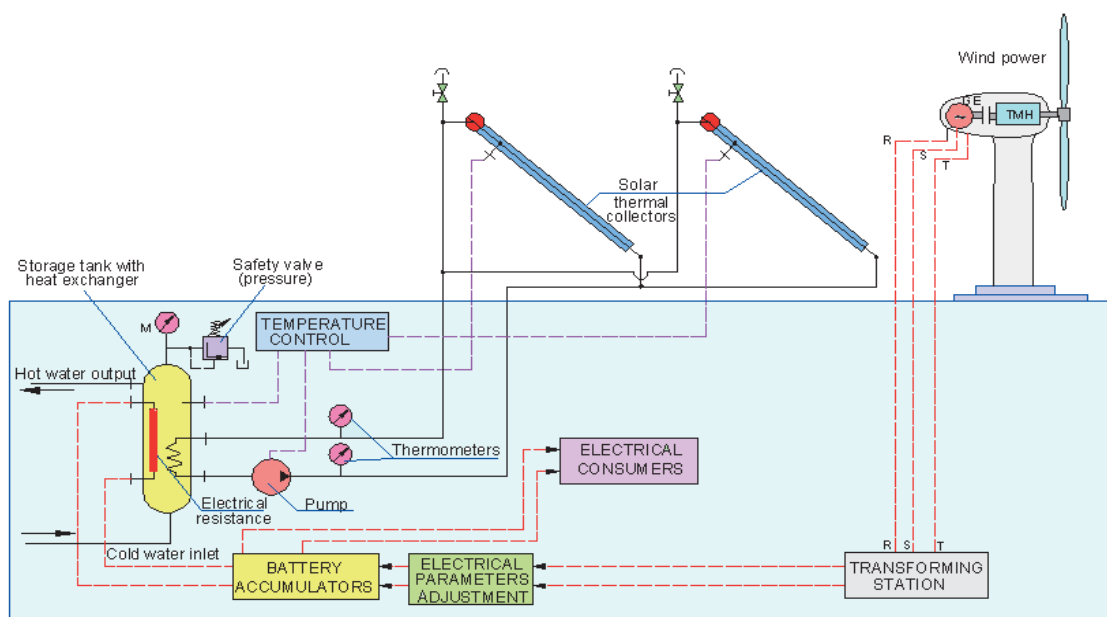


Fig. 5.2. Sistem combinat pentru obținerea energiei termice și electrice din două surse.

Curentul electric furnizat de centrala eoliană, este mai întâi transformat și, apoi, adaptat la parametri necesari de a putea fi stocat în **bateria de acumuloare electrice**.

Din acumuloarele electrice, curentul poate fi utilizat de către **consumatorii electrice uzuali**, sau de către **rezistența de încălzire** montată în rezervorul de apă caldă, dacă este necesar.

În rest, componența și funcționarea sistemului combinat de obținere a energiei sunt similare

Similar, s-a concepe un **sistem combinat** compus dintr-o centrală **eoliană** și o serie de panouri **fotovoltaice**, care produc curent electric din două surse regenerabile: solară și eoliană.

În figura 5.3, sistemul concentrează **3 sisteme de livrare a energiei**, fiind prevăzut, suplimentar, cu

panouri fotovoltaice care, de asemenea, produce energie electrică fluctuantă, ca și centrala eoliană.

Sistemul combină cele 3 surse regenerabile pentru obținerea apei calde și a electricității

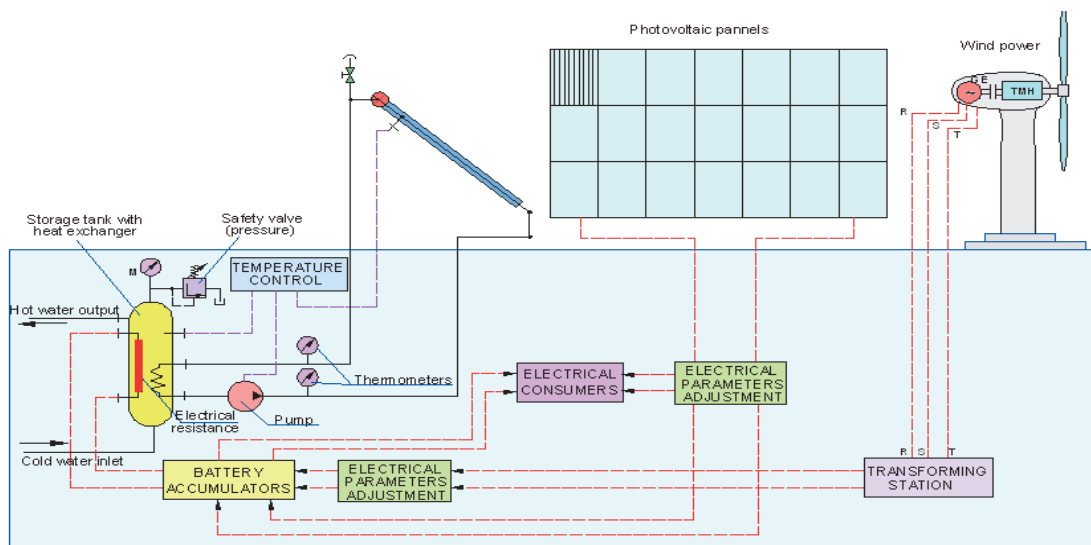


Fig. 5.3 Sistem combinat cu trei surse regenerabile.

Asocierea celor **trei tipuri de energii**, oferă o siguranță mărită de a avea la dispoziție, la orice oră din zi, energia de care este nevoie pentru un **consumator aflat în zone izolate**

5.2. Sisteme de stocare a energiei electrice provenite din surse regenerabile

Pornind de la **necesitatea stringentă de stocare a energiei electrice**, în mod special, provenită de la panourile solare fotovoltaice și de la centralele eoliene, în institutul INOE 2000-IHP, după realizarea unor studii de documentare bibliografică și pe INTERNET, s-a conceput o soluție nouă, **inovativă**, pentru un **sistem de conversie, stocare și reutilizare pneumatică a energiei electrice**, prezentat în figure 5.4.

Sistemul de tip CAES, presupune producere de aer comprimat ce poate fi stocat, reconvertit și refolosit ulterior. Soluția propusă se află în curs de brevetare la (OSIM) [15]. Schema cuprinde: un electrocompresor care face conversia energiei electrice în energie pneumatică, recipiente de stocare a aerului, elemente de

preparare aer (Filtre-Regulator-Lubrificator), reductor de presiune la valoarea presiunii de lucru, un motor pneumatic care antrenează un generator electric, acesta făcând conversia energiei pneumatice în energie electrică.

În figura 5.5, se prezintă o schemă conceptuală de conversie și stocare pneumatică a energiei electrice provenită de la o centrală eoliană.

Schema asigură și reconversia energiei pneumatice în energie electrică în vederea utilizării acesteia.

5.3. Sisteme combinate de surse regenerabile cu stocarea energiei

În figura 5.6, se prezintă o schemă conceptuală pentru un sistem combinat cu **două surse regenerabile**, o microhidrocentrală și niște panouri fotovoltaice, **cu stocarea energiei** prin conversia în energie pneumatică. Sistemul permite utilizarea energiei, prin reconversie în energie electrică. Utilizând această tehnică, se pot face diferite combinații de surse regenerabile cu stocarea energiei. Aceste sisteme vizează utilizatorii privați, în mod special cei izolate, fără rețele electrice.

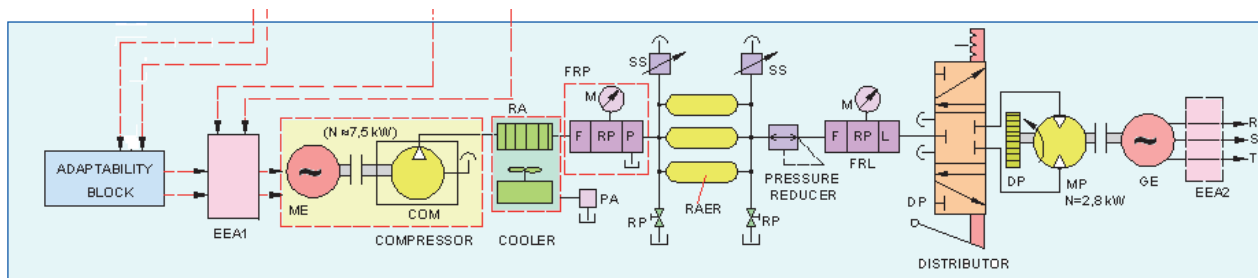


Fig. 5.4. Sistem de conversie, stocare și reutilizare pneumatică a energiei electrice.

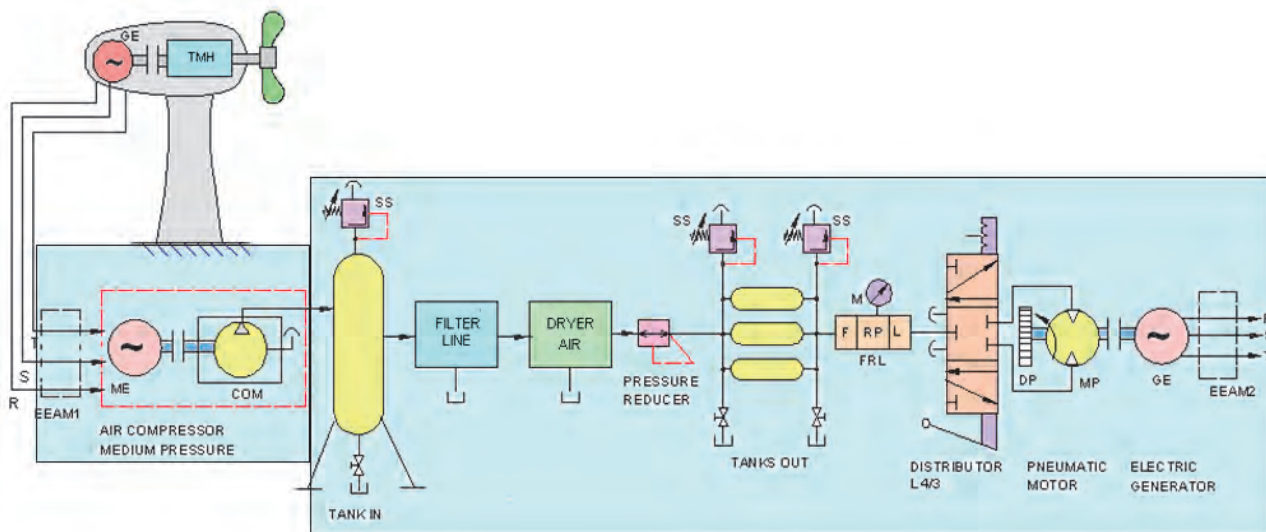


Fig. 5.5 Schema conceptuală a unui sistem de conversie și stocare pneumatică a energiei electrice.

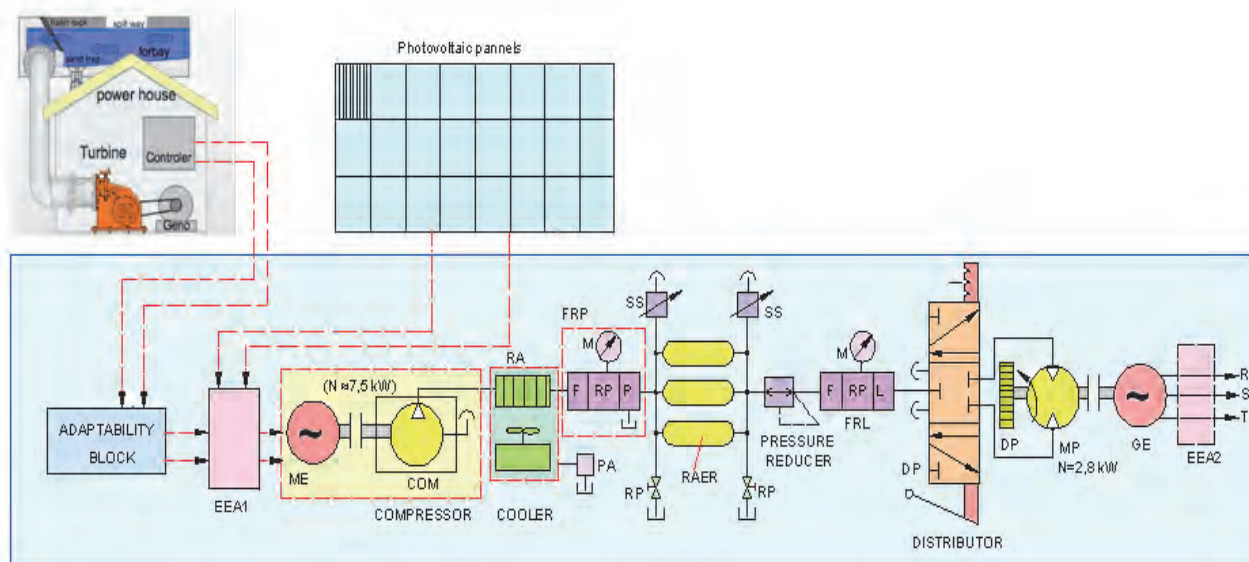


Fig. 5.6. Schema conceptuală a unui sistem combinat cu stocare pneumatică a energiei electrice

2. CONCLUZII

În prima parte a articolului, se prezintă unele considerații generale privind necesitatea dezvoltării resurselor regenerabile de energie și se arată care este stadiul utilizării surselor de energii regenerabile în lume, în Europa și în România. Se prezintă, apoi, o serie de tehnologii performante, uneori chiar spectaculoase, de captare, conversie și stocare a energiei captate, practicate la nivel mondial, unele dintre ele fiind încă într-un concept nou sau o fază experimentală.

Datorită caracterului fluctuant, una dintre **căile de eficientizare energetică** a utilizării surselor regenerabile de energie este aceea a **combinării a două sau mai multe surse regenerabile**, pentru a se completa una pe cealaltă, în așa fel că să existe continuu energie disponibilă pentru utilizare.

În acest sens, se dă exemplul combinării energiei solare cu energia eoliană, care sunt, în mod natural, cvasicomplementare, prin combinare având o livrare de energie electrică, oarecum, constantă.

Sunt prezentate câteva **noi concepte elaborate** în INOE 2000-IHP, pentru dezvoltarea sistemelor combinate care utilizează energii regenerabile, scheme care vor sta la baza mai multor aplicații.

În ingineria resurselor regenerabile, **problema numărul unu este stocarea energiei electrice**, datorită regimului lor de lucru foarte înconstant. Și în acest sens, în articol se prezintă o **soluție inovativă de conversie și stocare** sub forma de energie pneumatică, realizată în INOE 2000-IHP și aflată acum în **faza de brevetare la OSIM**, soluție cu un potențial mare de realizare practică.

În final, se prezintă scheme conceptuale pentru realizarea unor **sisteme combinate/hibride** de surse

regenerabile **cu stocarea energiei** electrice obținute, care permite utilizarea continuă a energiei.

Față de amploarea **cercetărilor, investițiilor și realizărilor actuale** în domeniul utilizării surselor regenerabile de energie, deși, momentan, nu reprezintă un procent mare din necesar, prin **dezvoltarea prioritara a ingineriei resurselor regenerabile în secolul XXI**, se poate asigura, în mare parte, necesarul de energie al începutului secolului XII.

Acknowledgements / Mulțumiri

Acest articol face parte din proiectul CONVENER, cofinanțat de Uniunea Europeană și UEFISCDI prin Fondul European de Dezvoltare Regională, în cadrul Programului Operațional pentru Competitivitate 2014-2020, Contractul financiar nr. 37 / 02.09.2016

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bostan I., Dulgheru V., Sobor I., Bostan V., Sochireanu A. *Sisteme de conversie a energiilor regenerabile. Eoliană, Solară, Hidraulică*. Editura. TEHNICA-INFO, Chișinău, 2017.
- [2] Maican Ed. *Sisteme de energii regenerabile*. Editura PRINTECH, București, 2015
- [3] *** *Renewables 2017 global status report. REN21 Renewable Energy Policy Network for 21st Century*. Paris, 2016. In: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/178399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf
- [4] *** *Studiu de soluții privind electrificarea rurală din surse regenerabile sinteza (etape 1-3)*. In: http://www.minind.ro/domenii_sectoare/energie/studii/surse_regenerabile.pdf
- [5] *** *descoperă.ro. Fermele solare sunt o nouă tendință în producția energetică*. In: <http://www.descopera.ro/dnews/15131878-fermele-solare-sunt-o-noua-tendinta-in-productia-energetica-5-dintre-cele-mai-frumoase-ferme-solare-din-lume-foto>
- [6] *** *Eurostat statistics explained. Statistici privind energia din surse regenerabile. Date extrase în ianuarie 2018*. In: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/ro
- [7] *** *ANRE. Raport National 2016*. In: *RN_RO_ANRE_2016_31iulie2017(1).pdf* www.anre.ro/download.php?f=hKd8hA%3D%3D&t=vdeyut7dlcecrLbbvY%3D.
- [8] *** *Agroteca. România și-a atins ținta în domeniul energiei produse din surse regenerabile cu 3 ani mai devreme 28 iunie 2017*. In: <https://agroteca.ro/romania-si-atins-tinta-domeniul-energiei-produse-din-surse-regenerabile-cu-3-ani-mai-devreme/>.
- [9] Wikipedia. *Concentrated solar power*. In: https://en.wikipedia.org/wiki/Concentrated_solar_power.
- [10] Wikipedia. *Centrale solare*. In: https://ro.wikipedia.org/wiki/Central%C4%83_solar%C4%83.
- [11] Mircea Băduț. *Turbine eoliene plutitoare*. In: T&T, 20.03.2017, <http://www.ttonline.ro/sectiuni/energie/articole/14178-turbine-eoliene-plutitoare>.
- [12] Dan Caragea. *Turbine eoliene zburătoare.20.martie.2014*. <http://dan-caragea.ro/blog/2014/03/30/turbine-eoliene-zburatoare/>.
- [13] *** "Hydrogen Electroliser" – *Stocarea energiei solare cu ajutorul hidrogenului obținut prin electroliză*. In: <http://ecoprofit.ro/hydrogen-electroliser-stocare-energie-solara-hidrogen-electroliza>.
- [14] *** *Hydrostor. Advanced Compressed Air Energy Storage. Hydostor Marine and Hydostor Cavern*. In: <https://hydrostor.ca/>
- [15] Dumitrescu C., Cristescu C., Drumea P. *Sistem de conversie, stocare și reutilizare pneumatica a energiei electrice provenite din surse regenerabile*. Cerere de Brevet de Inventie OSIM București, Romania, Nr. A/00729 – 14.10.2016.