

## Alternative energy sources - Fuel cell

ANDERCĂU VASILE, MAGHEAR GEORGIANA,  
OANEA ANAMARIA

COLEGIUL NAȚIONAL "VASILE LUCACIU"  
BAIA MARE, MARAMUREȘ

Specializare: matematică-informatică

Clasa: a X-a C

Email: [vasile.andercau@lucaciu.ro](mailto:vasile.andercau@lucaciu.ro)

Email: [georgiana.maghear@lucaciu.ro](mailto:georgiana.maghear@lucaciu.ro)

Email: [anamaria.oanea@lucaciu.ro](mailto:anamaria.oanea@lucaciu.ro)

### Abstract

*In the context of the human need for energy and the gradual consumption of fuel reserves, finding alternative energy sources is becoming a global challenge. It is estimated that oil and natural gas will run out in approximately 50 years, and coal in approximately 200 years. We studied several alternative energy sources and presented their utility. For instance, the fuel cell uses the principle of reversing the electrolysis reaction and the continuous conversion of the chemical energy of a fuel into electrical energy.*

### Keywords:

- energie electrică;
- surse regenerabile;
- combustibili fosili;
- pilă de combustie;
- electroliză.



## Introducere

Energia este definită ca fiind o mărime fizică ce caracterizează capacitatea unui sistem fizic de a efectua lucru mecanic când trece printr-o transformare din starea sa inițială într-o altă stare.

Energia poate fi:

- Mecanică (cinetică și potențială);
- Chimică;
- Termică;
- Electrică;
- Nucleară;

Odată cu revoluția industrială din secolul XIX care a avut loc datorită descoperirii de noi surse de energie, electricitatea a devenit tot mai importantă în viața cotidiană a oamenilor. În zilele noastre, consumul de curent electric a crescut foarte mult, lucru ce implică o nevoie mai mare de producere a energiei electrice. Materia primă din care poate fi produsă energia electrică se clasifică în următoarele categorii:

1. **Surse de energie epuizabile:** Din această categorie fac parte combustibilii fosili. Aceștia sunt obținuți din resturi organice, plante și animale. Cei mai importanți sunt cărbunele, gazele și petrolul, care produc energie prin procesul de ardere.
2. **Surse de energie nepuizabile:** Acestea se referă la surse de energie rezultate din procese naturale regenerabile. În această categorie se încadrează surse precum: energia luminii solare, a vântului, a

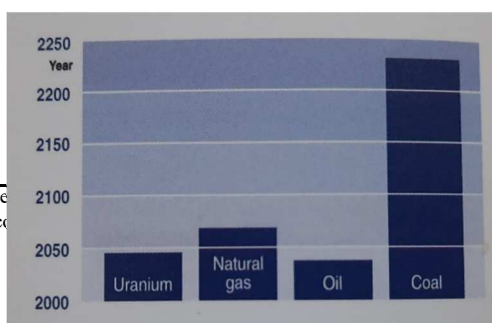


Fig. 1. Disponibilitatea proiectată a combustibililor fosili și nucleari (pe baza ratei actuale de consum)

C. Voigt, S. Hoeller, U. Kueter, *Fuel Cell Technology for Classroom Instruction*;

apelor curgătoare, a proceselor biologice și a căldurii geotermale. Acestea pot fi captate de către oameni utilizând diferite procedee și pot fi transformate în energie electrică.

Resursele noastre globale de combustibili fosili și nucleari sunt limitate.

Metode alternative de producere a energiei:

Două dintre cele mai utilizate surse regenerabile de obținere a curentului electric sunt energia eoliană și energia solară.

Energia eoliană (Fig. 2.) reprezintă procesul de creare a energiei electrice folosind vântul sau fluxurile de aer care apar în mod natural în atmosfera terestră. Turbinele eoliene moderne sunt utilizate pentru a capta



*Fig. 2. Turbine eoliene*

<https://ermes-metal.md/ro/ce-sunt-si-cum-functioneaza-turbinele-eoliene/>

energia cinetică de la vânt și pentru a genera energie electrică.

Energia de la Soare este captată cu ajutorul panourilor solare, care pot să fie de două feluri: termice și fotovoltaice.

Panoul solar fotovoltaic (Fig. 3.) utilizează celule solare pentru a produce energie electrică din energia luminoasă a razelor solare.



*Fig. 3. Panoul solar fotovoltaic*

<https://cismigiuparc.ro/cumpara-un-panou-solar-fotovoltaic-sfaturi-practice/>

Panoul solar termic (Fig. 4.) produce energie termică folosind energia provenită de la razele solare.



Fig. 4. Panoul solar termic

<https://alesbine.ro/cel-mai-bun-panou-solar-pentru-apa-calda/>

## Pila de combustie

O metodă alternativă de obținere a energiei electrice este conversia electrochimică, adică transformarea directă a energiei chimice în energie electrică.

O pilă de combustie este o celulă electrochimică care produce energie electrică prin intermediul unor reacții chimice dintre hidrogen și oxigen.

### Clasificare

După modul de utilizare a combustibilului clasificarea pilelor de combustie este:

- pile de combustie cu alimentare directă, alimentate cu combustibil din rezervor;
- pile de combustie cu alimentare indirectă, prevăzute suplimentar cu sistem de reformare catalitică, fiind alimentate cu metanol, etanol, gaz metan, benzină, hidrazină, amoniac etc., din care rezultă prin reformare hidrogenul.

După temperatura de funcționare există:

- pile de combustie de temperaturi joase ( $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- pile de combustie de temperaturi medii ( $200\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- pile de combustie de temperaturi înalte ( $> 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

După electrolit și combustibil, cele mai cunoscute sunt:

- pile de combustie cu membrană schimbătoare de protoni (PEM);
- pile de combustie cu acid fosforic;
- pile de combustie alcaline;
- pile de combustie cu carbonat topit;
- pile de combustie cu oxizi solizi;
- pile de combustie cu alimentare directă cu metanol ;
- pile de combustie cu alimentare indirectă cu metanol;
- pile de combustie cu alimentare directă cu etanol.

### Istoric

Prima mențiune a pilei de combustie a fost făcută în anul 1838 în „The London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science” când fizicianul danez Sir William Grove a încercat să

inverseze procesul de electroliză. Materialele folosite de acesta pentru construcția pilei au fost o combinație de tablă de fier, cupru și plăci de porțelan și o soluție de sulfat de cupru și acid diluat. În anul 1839 a fost publicată o scrisoare a fizicianului german Christian Friedrich Schönbein despre prima pilă dezvoltată de el, unde era descris curentul generat din hidrogen și oxigen dizolvat în apă. Această pilă folosea materiale similare cu cele folosite astăzi la pilele de combustie cu acid fosforic. Francis Thomas Bacon a realizat în 1932 o pilă de combustie care a devenit primul tip de pilă utilizat în mod comercial de către NASA la mijlocul anilor 1960 pentru generarea energiei pentru sateliți și capsule spațiale.

Montajul utilizat în laborator pentru evidențierea modului în care funcționează o pilă de combustie conține următoarele componente:

- Panou solar;
- Electrolizor PEM;
- Rezervoare de hidrogen și oxigen;
- Celula de combustie PEM;
- Electrolit (apă distilată);
- Reactanți (oxigen și hidrogen);
- Elice.

Electrolitul este o substanță care disociază în ioni prin dizolvare în apă sau topire, permițând trecerea curentului electric prin soluție.

Electrolizoarele PEM au componenta centrală o membrană polimerică conductoare de protoni. Membrana este acoperită cu un strat de material catalizator pe ambele părți, care constituie electrozii celulei.

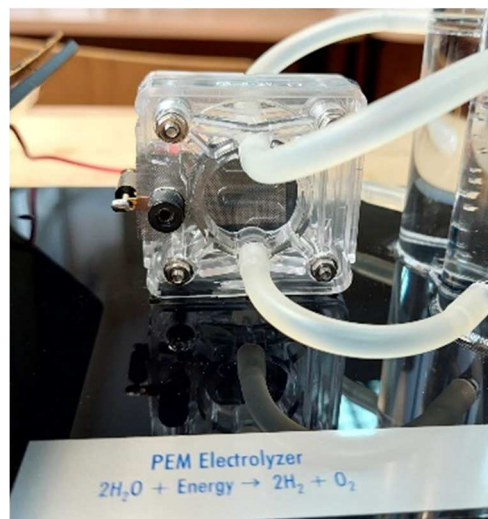


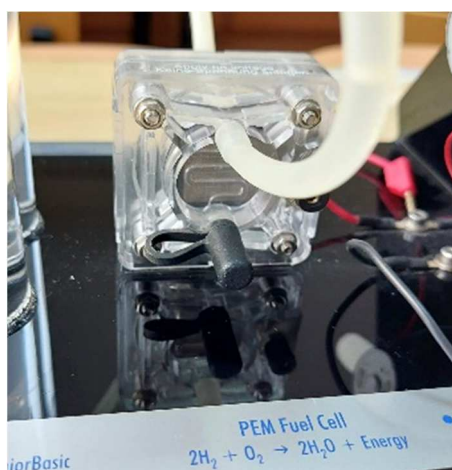
Fig. 5. Electrolizor PEM  
Dispozitiv experimental

Cum funcționează pila de combustie?

Principiul după care funcționează pila de combustie este următorul: electrolizorul utilizează energia electrică provenită de la panoul solar pentru a descompune apa (electrolitul) în hidrogen și oxigen, proces numit electroliză. Cele două gaze sunt stocate în două rezervoare separate, iar prin intermediul celulei de

combustie PEM (Fig. 6.), în care membrana polimerică conductoare de protoni separă cei doi electrozi, procesul de electroliză este inversat și cele două gaze sunt reunite, formând o reacție chimică care duce la producerea energiei electrice.

Fig. 6. Celula de combustie PEM  
Dispozitiv experimental



În timpul electrolizei, electrolitul se descompune în hidrogen și oxigen în momentul în care o tensiune de curent externă (obținută cu ajutorul panoului solar) se aplică asupra catodului (polul negativ) și asupra anodului (polul pozitiv), cei doi electrozi fiind în contact cu electrolitul. Acest proces se desfășoară în interiorul electrolizorului PEM, unde au loc următoarele reacții chimice:



În timpul reacției declanșate la anod, apa este oxidată, rezultând protoni de hidrogen ( $\text{H}^+$ ), electroni liberi ( $\text{e}^-$ ) și oxigen ( $\text{O}_2$ ).

Gazul de oxigen obținut rămâne în rezervorul de la anod, în timp ce protonii de hidrogen se deplasează prin membrana conductoare de protoni către catod, unde reacționează rezultând hidrogen sub formă de gaz. Acest gaz este captat în rezervorul de la catod.

În interiorul celulei de combustie PEM cei doi electrozi, separați de membrana conductoare de protoni, primesc hidrogenul și oxigenul sub formă de gaz, iar hidrogenul este furnizat spre anod și oxigenul spre catod.



La anod hidrogenul este descompus în protoni de hidrogen ( $\text{H}^+$ ) și electroni ( $\text{e}^-$ ).

Acum protonii și electronii se deplasează spre catod, însă pe căi diferite. Protonii de hidrogen trec prin membrana conductoare de protoni, iar electronii trec prin circuitul extern, astfel furnizând energia electrică a celulei de combustie.

Apa este formată în cele din urmă la catod, prin reacția dintre oxigen și protonii de hidrogen cu electronii. Astfel procesul de electroliză este inversat și energia chimică este transformată în energie electrică, lucru care se poate observa conectând la pila de combustie motorul ce acționează elicea care începe să funcționeze.

Aplicație:

Modul de lucru:

Pasul 1: Deschidem tuburile de aerisire de pe ambele părți ale celulei de combustie prin îndepărtarea capacelor de cauciuc;

Pasul 2: Umplem rezervoarele pilei de combustie cu  $20 \text{ cm}^3$  de apă distilată și eliminăm bulele de aer din tuburile flexibile externe prin strângerea repetată a furtunurilor;

Pasul 3: Completăm cu apă distilată până la nivelul superior al rezervoarelor (Fig. 7.) și atașăm rezervoarele suplimentare;

Pasul 4: Închidem tuburile de aerisire ale celulei de combustie prin atașarea capacelor de cauciuc;

Pasul 5: Conectăm cablurile panoului solar la electrolizorul PEM;

Pasul 6: Expunem panoul solar la lumină;

Pasul 7: Electrolizorul împarte apa în hidrogen și oxigen cu ajutorul electricității provenite de la panoul solar, iar gazele sunt stocate în cele două rezervoare într-un raport volumic de  $\text{H}_2:\text{O}_2$  de 2:1 (Fig. 8.);

Pasul 8: Îndepărtăm pe rând capacele de cauciuc pentru a permite hidrogenului și oxigenului să intre în celula de combustie, reintroducând-le la loc în momentul în care apa ajunge la nivelul superior;

Pasul 9: Așteptăm până când gazele s-au acumulat din nou în rezervoare;

Pasul 10: Conectăm sarcina electrică la celula de combustie, acest pas ducând la punerea în funcțiune a elicei.

Experimentul arată că prin intermediul panoului solar fotovoltaic de putere 500 mW și suprafață  $90 \text{ cm}^2$  conectat la electrolizorul PEM de 1 W, apa distilată este descompusă în hidrogen și oxigen datorită tensiunii (2 V). Electrolizorul produce aproximativ  $4,3 \text{ cm}^3/\text{min}$  de hidrogen și  $2,15 \text{ cm}^3/\text{min}$  de oxigen. Gazele ajung la celula de combustie PEM, care va genera o tensiune între 0,4-0,96V, suficientă pentru a pune în mișcare elicea.



Fig. 7. Umplerea rezervoarelor cu apă distilată  
Dispozitiv experimental



Fig. 8. Separarea hidrogenului de oxigen  
Dispozitiv experimental

### Aplicații în viața cotidiană

Începând cu anul 1932, pilele de combustie au fost utilizate în diverse aplicații.

Deoarece petrolul este o sursă epuizabilă, industria auto trebuie să găsească metode alternative pentru a-l înlocui. Pila de combustie este o soluție în cazul acesta, mai multe pile de combustie fiind suficiente pentru a genera energia necesară punerii în mișcare a unui autovehicul.

Spre deosebire de motoarele cu ardere internă care au un randament de doar 40% cauzat de pierderea energiei termice în urma răcirii și prin circuitul de eșapament, pilele de combustie au randament superior deoarece nu prezintă aceste constrângeri, temperatura lor de funcționare fiind mai redusă, prin urmare nu se pierde nimic prin circuitul de eșapament.

Câteva exemple prin care producătorii de autovehicule au reușit să integreze acest proces sunt:

1. Tehnologia Toyota Fuel Cell System folosită în modelul Mirai produce electricitate printr-o reacție între hidrogen și oxigen. Combustibilul este stocat în rezervoare de înaltă presiune și introdus într-o pilă de combustie, unde hidrogenul și oxigenul reacționează unul cu celălalt generând electricitate. Ca și în cazul unui autovehicul hibrid, electricitatea stocată în baterie este utilizată pentru a antrena motorul electric. Ulterior, energia este captată într-o baterie de fiecare dată când mașina frânează sau încetinește, ceea ce contribuie la o economie de combustibil și mai bună.

2. BMW a prezentat primul său motor cu hidrogen încă din 2004, un V12 de 6 litri care atingea 100km/h în 6 secunde și avea viteza maximă de 300 km/h.

3. Modelul HydroGen3 de la Opel utilizează un număr de 200 de pile de combustie conectate în serie, poate ajunge la 100 km/h în 16 secunde, având o viteză maximă de 150km/h.

## Concluzii

Pila de combustie este o sursă ecologică, nepoluantă și silențioasă de producere a curentului electric, fiind o metodă de reducere a consumului de combustibili fosili.

## Bibliografie

- C. Voigt, S. Hoeller, U. Kueter, *Fuel Cell Technology for Classroom Instruction*, pp. 12-27, 2005;
- *Fuel Cell - Operating Instructions* de h-tec, pp. 8-14.
- Autori multipli, *Fizică pentru grupele de excelență*,

<https://ro.wikipedia.org/wiki/>

<https://www.cezinfo.ro/portal-eficienta/stiri-si-articole/energia-eoliana/>

<https://www.ecolife.ro/articole/tehnologie/53-tipuri-de-pile-de-combustie.html>

<http://www.cityfemme.com/2020/02/18/energie-epuizabila-vs-energie-inepuizabila/>

<https://www.twi-global.com/locations/romania/ce-facem/intrebari-frecvente-faq/ce-sunt-celulele-cu-combustibil-hidrogen>

<https://germes-metal.md/ro/ce-sunt-si-cum-functioneaza-turbinele-eoliene/>

<https://cismigiuparc.ro/cumpara-un-panou-solar-fotovoltaiic-sfaturi-practice/>

<https://alesbine.ro/cel-mai-bun-panou-solar-pentru-apa-calda/>