

Tehnologii energetice care micșorează emisia gazelor cu efect de seră

Sectorul energetic al unei țări constă într-o succesiune de procese complexe care privesc extragerea resurselor de energie, convertirea lor în forme de energie convenabilă și distribuirea acestora către consumatori. În ultimele două secole, cererea de energie a crescut anual în medie cu 2%, creștere ce variază considerabil în timp și între țări. Chiar dacă această tendință se va menține, emisiile de gaze cu efect de seră vor crește mai lent decât consumul de energie global, datorită intensificării eliminării dioxidului de carbon care este elementul principal și care rezultă în urma arderii combustibilului. Astfel, într-un număr de scenarii imaginate de I.P.C.C. (Intergovernmental Panel on Climate Change), cantitatea de dioxid de carbon emis în atmosferă

va crește de la 6 GtC în 1990 la 7-12 GtC în 2020 și până la 19 GtC în 2050, din care sectorul energetic este responsabil pentru 2,3 – 4,1 GtC în 2020 și 1,6 – 6,4 GtC în 2050. Aceste valori vor fi atinse numai prin îmbunătățiri tehnologice ale surselor de energie primare, atât convenționale, cât și neconvenționale.

Resursele și rezervele de combustibil fosil, potențialul resurselor de energie neconvenționale și disponibilitatea de uraniu și thoriu nu reprezintă impedimente majore asupra aprovizionării cu energie pe termen lung. Consumurile, rezervele și sursele de energie globale, conținutul lor de carbon, potențialul lor până în 2020 – 2025 și potențialul tehnic maxim sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Sursa de energie	Consumul 1860 – 1990		Consumul 1990		Rezerve identificate Potențial până în 2020-2025		Baze de resurse Potențial maxim	
	Ej	GtC	Ej	GtC	Ej	GtC	Ej	GtC
Petrol	3343	61	128	2,3	13100	240	24600	452
Gaze	1703	26	71	1,1	11700	175	36100	541
naturale								
Cărbune	5203	131	91	2,3	25200	638	>125500	3173
Nucleară	212	-	19	-	1800	-	>14200	-
					Ej/an		Ej/an	
Hidro	500	-	21	-	35-55	-	>130	-
Geotermală	-	-	<1	-	4	-	>20	-
Eoliană	-	-	-	-	7-10	-	>130	-
Ocean	-	-	-	-	2	-	>20	-
Solară	-	-	-	-	16-22	-	>2600	-
Biomasă	1150	-	55	-	72-137	-	>1300	-

Potențialul pe termen lung al resurselor de energie neconvenționale este mare, dar costurile necesitate de utilizarea unei părți semnificative din ele sunt incerte și depind de activitatea de cercetare, dezvoltare și demonstrare (RD & D) și de adoptarea mai rapidă pe piețe a tehnologiilor respective în toate zonele geografice.

În sectorul energetic, tehnologiile și infrastructurile au timp de viață economic lung, iar transformări fundamentale se produc în câteva zeci de ani. Ca urmare, măsurile tehnice necesită un timp lung pentru implementare. În decurs de un secol, întregul sistem de aprovizionare cu energie se schimbă de cel puțin două ori. Concomitent cu investițiile normale pentru înlocuirea infrastructurii și utilajelor uzate și învechite, se realizează și reducerea emisiilor de gaze.

La stabilirea potențialului reducerii emisiei de gaze se are în vedere că evaluările tehnologiilor individuale nu sunt aditive, unele excluzându-se reciproc. De aceea, este necesară o abordare globală a impactelor și compatibilitatea măsurilor de atenuare individuale la nivelul sistemului energetic, cu asigurarea echilibrului între cerere și ofertă.

Pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră în sectorul energetic se propun următoarele:

- eficientizarea conversiei combustibililor fosili;
- orientarea spre combustibili cu conținut de carbon mic;
- decarbonizarea combustibilului și stocarea dioxidului de carbon rezultat;
- extinderea energiei nucleare;
- creșterea cantității de energie din surse inepuizabile.

Eficientizarea conversiei combustibililor fosili se realizează prin tehnologii care măresc randamentul producției de energie, prin producerea simultană a energiei electrice și termice și prin „cascadarea” energiei.

Actualmente, randamentul producerii energiei electrice în centralele, care produc numai electricitate și folosesc combustibili fosili, este, în medie, de 30%, dar, pe termen lung, el poate să atingă valori de 60% prin introducerea de tehnologii noi. În cazul centralelor de cărbune se propun cicluri cu vapori supraîncălziți, ardere presurizată în pat fluidizat, cicluri integrate combinate cu gazificarea. Pentru astfel de centrale, o creștere a eficienței conversiei de 1% ar conduce la o reducere de 2,5% a emisiilor de dioxid de carbon.

În cazul centralelor electrice cu ciclu combinat ce folosesc gazele naturale, conversia combustibililor fosili atinge 45%, dar, pe termen lung, se preconizează o eficiență de 55%. Totodată aceste centrale prezintă și avantajul unui cost cu 30% mai scăzut, decât dublarea vaporilor cu gaz convențional. Randamentele care se realizează în prezent în aceste tipuri de centrale sunt cu mult sub valorile teoretice rezultate din principiul al doilea al termodinamicii.

Producerea simultană a energiei electrice și termice determină o creștere importantă a utilizării combustibilului până la 80-90%, valoare cu mult mai mare decât în cazul producerii separate a celor două tipuri de energie.

„Cascadarea” energiei presupune utilizarea energiei termice a unui agent pentru obținerea temperaturii de la valori foarte înalte până la valori mici.

La orientarea spre combustibili fosili cu un conținut de carbon mai mic ca sursă de energie primară, se are în vedere micșorarea raportului între conținutul de carbon și hidrogen. Ca urmare, cărbunele va fi înlocuit cu păcură sau gaze naturale, iar păcura de gazele naturale Gazele naturale au cea mai mică emisie de gaze cu efect de seră pe unitatea de energie; din calcule a rezultat 15 kgC/GJ, în timp ce păcura are 20kg C/GJ, iar cărbunele 25 kgC/GJ. Conversia combustibililor cu conținut de carbon mai mic este mai eficientă atât termic și economic, cât și din punct de vedere al poluării. Gazele naturale emit cu 50% mai puține gaze cu efect de seră decât cărbunele. Totuși, folosirea prea extinsă a gazelor naturale nu este avantajoasă deoarece:

- costurile inițiale pentru realizarea transportului, distribuției și utilizării sunt mari;
- de-a lungul traseului acestor sisteme se pot produce scăpări de gaz metan în atmosferă cu dublă consecință: creșterea costului gazelor naturale, la utilizator și a cantității acestora acumulate în atmosferă;
- dependența de import a țărilor în subsolul cărora nu există gaze naturale, cu consecințe politice.

Decarbonizarea combustibililor constă în micșorarea conținutului de carbon prin:

- eliminarea dioxidului de carbon din gazele de ardere, a combustibililor fosili;
- îndepărtarea dioxidului de carbon din gazele rezultate la gazificarea cărbunelui;
- folosirea combustibililor fosili ca materie primă pentru obținerea celor cu conținut mare de hidrogen precum metanol, etanol sau metan.

În cazul centralelor electrice pe cărbune cu un randament de 40%, eliminarea a 87% din CO₂ conținut în gazele de ardere, corespunde unei reduceri a carbonului de la 230 la 30 gC/kWh, dar randamentul scade la 30% și costul electricității crește cu 80%.

Pentru centralele electrice cu ciclu combinat pe gaze naturale cu un randament de 50%, eliminarea a 82% din CO₂ micșorează randamentul la 45% și mărește costul electricității cu 50%.

În cazul centralelor electrice pe cărbune, se propune construirea pe plafoane integrate care conțin și instalații de gazeificare a cărbunelui. Gazele rezultate sunt folosite ca sursă de energie în centrale; înaintea utilizării lor se îndepărtează dioxidul de carbon conținut. Randamentul unei astfel de centrale este de 44%. Prin îndepărtarea dioxidului de carbon în proporție de 85% ce corespunde unei micșorări a conținutului de carbon de la 200 la 25 gC/kWh, randamentul scade la 37%, iar costul electricității se mărește cu 30-40%. Pentru reducerea costurilor se preconizează ca la ardere, să se folosească oxigen în locul aerului.

Combustibilii fosili pot fi folosiți ca materie primă pentru obținerea metanolului, etanolului și metanului, care vor reprezenta energia primară în centralele electrice. Prin stăpânirea riguroasă a tehnologiilor conversiei se preconizează să se realizeze celule de combustibil, care vor folosi eficient hidrogenul ca sursă de energie în centralele electrice, eliminându-se emisia de dioxid de carbon.

Dioxidul de carbon rezultat din procesele menționate se captează și se depozitează. Sursele alese pentru depozitare trebuie să împiedice contactul gazului cu atmosfera. De aceea, se propun golurile rămase din zăcămintele de gaze naturale epuizate, salinile acvifere și oceanele la o adâncime de cel puțin 3000 m. Acestea oferă o izolare a dioxidului de carbon pentru câteva secole.

O altă propunere privind reducerea emisiei de dioxid de carbon este folosirea energiei nucleare ca înlocuitor al combustibililor fosili în centralele electrice, cu condiția să se asigure un mare grad de siguranță reactorilor, transportului și depozitării deșeurilor radioactive, iar proliferarea materialului nuclear să fie pe deplin controlată.

În prezent, se proiectează reactori nucleari modulari răciți cu gaze aflate la temperatură înaltă, ce prezintă o mare siguranță. Timpul de construcție, costurile de funcționare și de întreținere sunt mici. Sunt în studiu reactori răciți cu metale lichide, iar acceleratoarele de energie înaltă au fost reactualizate datorită posibilităților lor de folosire în conducerea și dispunerea materialului fisionabil. Costul energiei electrice generate cu ajutorul energiei nucleare este mai mic decât în cazul folosirii combustibililor fosili, iar emisia de dioxid de carbon este nulă.

Se preconizează folosirea reactorilor nucleari de putere pentru producerea aburului industrial și a termoficării, iar pe termen lung pentru producerea hidrogenului.

Sursele de energie inepuizabile

Sursele de energie inepuizabile sau reînnoibile pot fi folosite pentru obținerea unei mari părți din energia

necesară, mai ales în cazul generării intermitente. Aceste surse sunt apa, biomasa și soarele.

Apa folosită la producerea electricității este de suprafață (a mărilor, fluviilor și oceanelor) și subterană, aflată la o temperatură ridicată. Cea de suprafață, folosită în hidrocentrale, are un potențial tehnic de $14 \cdot 10^{12}$ kWh/an din care $(6-9) \cdot 10^{12}$ kWh/an sunt exploatabili pe termen lung. Potențialul hidroenergetic poate să înlocuiască combustibilii fosili la obținerea electricității. Când hidrocentralele înlocuiesc centralele electrice pe cărbune, emisia de dioxid de carbon se reduce corespunzător unei cantități de cărbune de 0,9-1,7 GtC/an, iar în cazul centralelor electrice pe gaze naturale cu 0,4-0,9 GtC/an.

Investițiile necesitate de construcția hidrocentralelor sunt mari și se amortizează greu, dar reducerea de dioxid de carbon este totală. Totuși, utilizarea ei prea intensivă are consecințe sociale și produce modificări directe și indirecte asupra mediului înconjurător, precum devieri ale cursurilor de apă, schimbări ale pantei terenului, pregătirea lacului de acumulare, crearea unei infrastructuri pentru o forță de muncă numeroasă, perturbarea ecosistemelor acvatice cu impacte nedorite asupra sănătății umane, uneori strămutări de localități. Totuși, creșterea populației în zonele respective determină prosperitatea economică locală, iar lacul de acumulare duce la dezvoltarea agriculturii în regiune.

Apa geotermală este folosită pentru obținerea energiei electrice în 21 de țări, din care 14 au instalate capacități mai mari de 100 MW. Utilizarea sa este însoțită de emisii de dioxid de carbon, hidrogen sulfurat și compuși ai mercurului. Prin aplicarea de tehnologie avansată, cantitatea acestor gaze scade foarte mult. Se estimează că între 2020-2025 potențialul energetic va fi de $4 \cdot 10^{15}$ kJ. Costul electricității obținute este aproximativ egal cu cel al energiei generate în centralele nucleare.

Ca surse de energie pot fi folosite și mările, valurile, gradientii termici și ai salinității oceanelor, dar exploatarea lor în următorii 100 de ani, va fi de mică importanță.

Biomasa, ca sursă pentru energie, este formată din deșeuri solide orășenești, reziduuri industriale și agricole, păduri și plantații speciale. Ea generează emisii de dioxid de carbon de la descompunerea, revărsarea rezervoarelor sau menținerea nefolosită un timp prea lung.

Producția și costul energiei din biomasa depinde de condițiile locale, precum disponibilitatea pământului și de deșeurilor biomasice și tehnologia folosită.

Costul producerii biomasei variază mult. Pe baza experienței unor țări s-a estimat că biomasa necesară pentru $13 \cdot 10^{15}$ kJ/an poate fi produsă sub formă de aşchii din lemn cu un cost de 2\$/GJ. Costul atenuării emisiei de dioxid de carbon pentru formele de energie obținute cu biomasa, precum electricitatea, căldura, biogaz și combustibili folosiți la transport nu depinde numai de costul producției de biomasa, ci și de economiile realizate prin înlocuirea tehnologiilor de conversie a combustibililor specifici.

Biocombustibilii specifici din mase lemnoase conduc la randamente de energie mai înalte și costuri mai mici; impactul asupra mediului înconjurător este mai scăzut decât cel produs de biocombustibili tradiționali.

În zonele rurale, energia produsă din biomasa poate genera venituri rezultate din economii, care permit proprietarilor de ferme să-și modernizeze mijloacele de muncă. În țările dezvoltate, producerea de biomasa pe terenuri agricole poate determina guvernele să acorde subvenții agriculturii.

Tehnologiile avansate de conversie a biomasei precum și plantațiile de biomasa sunt la început. Ele cer cercetări și experimentări pentru a deveni tehnologii mature și viabile economic.

Biomasa poate fi folosită și pentru producerea hidrogenului.

Puterea intermitentă a vântului poate fi folosită la producerea a 15-20% din cantitatea de electricitate anuală fără amenajări speciale pentru stocare. Până în 2010 ea va deveni competitivă cu electricitatea produsă cu combustibilii fosili și cu cea nucleară, iar până în 2020 se preconizează să se producă $700-1000 \cdot 10^9$ kWh; înlocuind combustibilul fosil, reducerea emisiei de dioxid de carbon va fi de 0,1-0,2 GtC/an.

În cazul unei tehnologii noi, costul investiției este de 1200\$/kWh, iar energia electrică este estimată la 6 \$/kWh în zonele cu vânt intens, costul poate ajunge la 3,2 \$/kWh, iar emisia de dioxid de carbon este zero.

Totuși dezvoltarea acestei forme de energie primară poate să întâmpine rezistență din partea populației, datorită zgomotului produs de turbine, schimbării peisajului și perturbării vieții.

Energia solară poate fi convertită direct în electricitate și căldură cu ajutorul elementelor fotovoltaice și al tehnologiilor electrotermice solare.

Elementele voltaice sunt competitive ca sursă de putere de sine stătătoare; în utilizările ce necesită conectare la rețeaua electrică nu sunt competitive global. Costurile sistemului de bază sunt cuprinse între 700-1000 \$/kWh chiar în condiții de soare foarte bune ($2400 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$). Prin cercetare și dezvoltare, sistemele fotovoltaice, se pot îmbunătăți mult, iar costul va scădea. Datorită modularității tehnologiilor energetice cu elemente fotovoltaice se pretează foarte bine la inovarea tehnologică.

Între 2020 și 2025 potențialul economic anual al energiei solare este evaluat a fi de $16-22 \cdot 10^{15}$ kJ, valoare care arată îmbunătățirile ce se pot aduce tehnologiilor electrice solare. Pentru perioada menționată se estimează costuri ale investițiilor de 700-800 \$/kWh, iar costul electricității de 2,2-4,4 \$/kWh, în funcție de nivelul însoririi, ca termen de comparație s-a luat tehnologia anului 1995, când o uzină cu o putere de 50 MW necesita investiții de 2300 \$/kWh în zonele cu o însorire bună.

Înlocuirea generării electricității pe bază de cărbune cu elemente fotovoltaice, ar duce la o reducere a dioxidului de carbon de 0,3-0,4 GtC/C anual. Deși elementele fotovoltaice nu sunt poluante la fabricare, utilizare și montare, unele sisteme folosesc materiale toxice care pot prezenta riscuri la fabricare, utilizare și montare.

Sistemele solare electro-termale pot să producă pe termen lung o parte importantă din energia termică și electrică a lumii. Tehnologia sistemului parabolic a atins costuri accesibile care conduc la 9-13 \$/kWh.

La producerea electricității, sisteme solare termale pot să genereze căldura proceselor tehnologice cu temperaturi înalte. De asemenea, se pot folosi sisteme cu recipienti centrali pentru obținerea combustibililor precum hidrogenul și cei chimici (metanul, etanul). Aceste sisteme pot fi folosite pentru încălzirea clădirilor și obținerea apei calde în gospodărie, comerț și industrie.

Introducerea, dezvoltarea și maturizarea tehnologiilor energetice ce folosesc surse de energie nepuizabile cer aplicarea unor măsuri care se referă la programe bazate pe economia de piață, la politica mediului înconjurător și în infrastructură.

Programele bazate pe economia de piață prevăd:

- introducerea de taxe pe emisiile de gaze, astfel ca emitenții să reducă emisia până la nivelul la care costul controlului egalează taxa pe emisie.
- micșorarea progresivă până la eliminarea pe termen lung, a subvențiilor din sectorul energetic, deoarece ele creează bariere artificiale pentru introducerea tehnologiilor noi care reduc emisiile de gaze cu efect de seră. Capitalul retras va fi investit în eficientizarea energiei, în cercetarea și dezvoltarea tehnologiilor care emit dioxid de carbon și în alte activități economice. Totuși pe termen scurt, subvenții trebuie alocate pentru intrarea pe piață a tehnologiilor care reduc emisia de gaze cu efect de seră, precum cele bazate pe surse nepuizabile (reînnoibile), pe energie nucleară etc.
- evaluarea costului total al serviciilor energetice incluzând și costurile externe (sociale). Acestea pot să îmbunătățească competitivitatea și folosirea tehnologiilor energetice cu emisie joasă de gaze. Cu toate acestea, costurile externe diferă mult de la țară la țară și pot să afecteze competitivitatea internațională. De aceea, asupra acestora trebuie să existe înțelegeri internaționale.
- lipsa asistenței financiare atât în țările dezvoltate, cât și în cele aflate în tranziție, reprezintă un obstacol pentru implementarea tehnologiilor care micșorează emisiile de gaze. O tehnologie care cere costuri ale ciclului de viață mai mici, dar necesită capital mai mare pentru introducere decât o alternativă, nu este atractivă mai ales când tehnologiile de aprovizionare cu energie concurează cu alte nevoi de dezvoltare. De aceea, este indicat să se opteze pentru descentralizarea tehnologiilor, mai ales în mediul rural, conceperea de tehnologii indigene, creându-se o infrastructură locală nouă și locuri de muncă.

Politicile de mediu înconjurător au în vedere standarde uniforme bazate pe tehnologii și performanță, proiecte guvernamentale și acorduri voluntare care prevăd îmbunătățiri ale mediului înconjurător. Standardele obligă pe poluatori să întreprindă activități de micșorare a poluării. Ele stabilesc a priori un nivel maxim al emisiei care va fi respectat de toți poluatorii și care va depinde de împr-

jurări. Proiectele guvernamentale se duc la îndeplinire de către guverne, care alocă fonduri pentru îmbunătățirea calității mediului.

Acordurile voluntare sunt acțiuni întreprinse de însuși poluatori în vederea reducerii emisiei de gaze cu efect de seră. Acestea pot fi la nivel național și internațional și cuprind acorduri bazate pe performanță, cooperare în RD&D, schimb de informații și activități de implementare comună.

Cercetarea în sectorul energetic trebuie să aibă ca obiectiv inovarea, pentru scăderea emisiei de gaze și a costurilor tehnologiilor respective. De aceea, este nevoie de un suport financiar sporit alocat cercetării, experimentării și dezvoltării tehnologiilor energetice. Dintre acestea, cele ce folosesc surse reînnoibile cer investiții relativ moderate în cercetare, datorită modularității acestor tehnologii. Pentru acest sector este important să existe o strategie guvernamentală privind reducerea emisiilor de gaze, care să cuprindă toate tipurile de surse energetice, fără discriminare, dar cu un accent deosebit pe cele reînnoibile.

Măsurile infrastructurii se referă la desființarea barierelor instituționale, reconsiderarea sistemului energetic și măsuri locale și regionale privind mediul înconjurător.

Desființarea barierelor instituționale precum eliminarea monopolurilor de producător, a rețelelor de distribuție și transport permit producătorilor independenți și mici accesul lor la rețelele mari îmbunătățind competitivitatea acestora. Facilitarea conectării la marile rețele este asigurată de standardizarea echipamentelor.

Reconsiderarea sistemului energetic constă în emiterea de instrucțiuni care să impună industriilor sectorului energetic adoptarea unui concept de afaceri mai larg care să includă deosebi aprovizionarea serviciilor energetice. Totodată, planificarea energiei se va face într-o perspectivă completă a sistemului energetic.

Folosirea energiei are impact asupra mediului înconjurător producând poluarea urbană și a interiorului clădirilor. De aceea, trebuie stabilite măsuri naționale, locale și regionale în vederea atenuării acesteia.

Prof. univ. dr. Georgeta CUCULEANU

Bibliografie

1. *** *Technologies, policies and measures for mitigating climate change*, O. M. M. nov. 1996
2. *** *Climate change*, The UK programe, London, 1994
3. *** *Global climate change*, IPIECA, London, 1991