



EMERGING TECHNOLOGIES FOR USEFUL RENEWABLES ENERGY SOURCES

Filip CARLEA¹, Violeta Mihaela DINCA²

¹National Institute of Economic Research "Costin C. Kirițescu"

Centre for Promotion of Renewable Energies and Energy Efficiency

²UNESCO Department for Business Administration, in foreign languages

University of Economics

Abstract: *There are a number of ways to produce hydrogen without generating carbon emissions. Most obviously, renewable sources of electricity from wind and solar sources can be used to electrolyse water – though the overall energy efficiency of this process is likely to be quite low. Hydrogen can also be split from water in high-temperature nuclear reactors or generated from fossil fuels such as coal or natural gas, with the resulting CO₂ captured and sequestered rather than released into the atmosphere. As well as the production of cheap hydrogen on a large scale, a significant challenge is the lack of a hydrogen distribution infrastructure that would be needed to parallel and eventually replace petrol and diesel filling stations. Long distance transport of hydrogen, even in a compressed state, is not considered economically feasible today. However, innovative hydrogen storage techniques, such as organic liquid carriers that do not require high-pressure storage, will soon lower the cost of long-distance transport and ease the risks associated with gas storage and inadvertent release.*

Keywords: *energy storage, energetics nanotechnology, fuel cells, solar-photovoltaic cells*

TEHNOLOGII EMERGENTE PENTRU VALORIFICAREA OPTIMĂ A SURSELOR REGENERABILE DE ENERGIE

Filip CÂRLEA¹, Violeta Mihaela DINCĂ²

¹Centrul pentru Promovarea Energiilor Regenerabile și Eficiență Energetică – Institutul Național de Cercetări Economice "Costin C. Kirițescu", Academia Română

²Departamentul pentru Administrarea Afacerilor UNESCO, în limbi străine,
Academia de Studii Economice

Rezumat: *Există mai multe modalități de a produce hidrogen fără a genera emisii de carbon. Astfel, sursele regenerabile de energie electrică din origine eoliană și solară pot fi folosite pentru electroliza apei - deși eficiența energetică integrală a procesului este relativ redusă. Hidrogenul poate fi, de asemenea, separat de apă în reactoare nucleare, cu temperatură ridicată sau generat din combustibili fosili, cum ar fi cărbunele sau gazele naturale, CO₂ emis putând fi captat și izolat, în loc să fie eliberat în atmosferă. Pe lângă producerea de hidrogen ieftin pe o scară largă, o provocare importantă este lipsa unei infrastructuri de distribuție a hidrogenului necesară pentru a înlocui stațiile de benzină și motorină. Transportul pe distanțe lungi de hidrogen, chiar în stare comprimată, nu este considerat fezabil economic la momentul actual. Cu toate acestea, tehnici inovatoare de stocare a hidrogenului, cum ar fi purtători lichizi organici, care nu necesită stocare de înaltă presiune, vor diminua, în curând, costul transportului pe distanțe lungi și vor reduce riscurile asociate cu stocarea și eliberarea accidentală a gazelor de combustie.*

Cuvinte cheie: *stocarea energiei, nanotehnologii energetice, pile de combustie, celule solare*

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Филип Кырля¹, Виолета Михаела Динкэ²

¹Центр продвижения возобновляемой энергии и энергоэффективности – национальный институт экономических исследований «Костин К. Кирицеску», Академия Румынии

²Департамент Администрирования Бизнесом при ЮНЕСКО, на иностранных языках, Академия Экономических Исследований

Реферат: *Существуют несколько способов производить водород, без генерирования углеродных выбросов. Итак, возобновляемые источники энергии ветрового и солнечного происхождения могут использоваться для электролиза воды – несмотря на то, что полная энергетическая эффективность относительно низкая. Водород может быть также отделен от воды в ядерных реакторов с повышенной температурой или генерированный из углеводородного топлива, такие как уголь или природный газ, при этом CO₂ может быть собраны и изолированы, вместо того чтобы был выброшен в*

атмосферу. В отличие от широко распространенного производства дешевого водорода, значимым вызовом является отсутствие распределительной инфраструктуры водорода, необходимой для замещения бензиновых и дизельных автозаправок. Транспортировка на длинные дистанции водорода, хоть и в сжатом виде, нецелесообразно экономически носители, не требующее хранения при повышенном давлении, будут вскоре понижать вскоре стоимость транспортировки на длинные дистанции и уменьшать риски связанные с хранением и аварийным выбросом топливных газов.

Ключевые слова: хранение энергии, новые нано технологии, топливные элементы, солнечные элементы.

ENERGIA ȘI COMBUSTIBILII ALTERNATIVI

Argumentul principal pentru susținerea energiilor alternative este acela că nu sunt poluante, putând fi chiar inepuizabile. Însă acest tip energii și de combustibili poate avea efecte adverse asupra mediului; uneori, acestea pot produce căldură, poluanți, deșeuri sau pot afecta calitatea solului din care se extrag. Există energii alternative, precum energia solară sau cea a vântului, care se pot folosi, fără impact negativ asupra mediului.

De asemenea, când vine vorba de combustibili alternativi, producătorii de mașini au început să le acorde un interes mare și să conceapă vehicule care pot merge atât cu combustibil alternativ, cât și cu combustibil normal (ex.: mașinile hibride, care au motor electric, alimentat de la baterii și un motor clasic, alimentat cu benzină sau motorină).



Transformări sistemice

Sectorul energetic din România anului 2035 se va baza, majoritar, pe energia regenerabilă. Progresul tehnologic în ceea ce privește soluțiile electrochimice de stocare a energiei electrice va conduce prețurile în jos, rezolvând probleme de integrare ale surselor regenerabile de energie, menținând stabilitatea rețelei și promovând utilizarea eficientă a energiei. Ca urmare, se va extinde fenomenul generării distribuite, în care consumatorii de energie devin, la rândul lor, producători (“prosumeri”); se va produce o transformare sistemică: după mai bine de un secol de generare centralizată, sectorul energetic se va transforma în centre (atomizate) de producție și de consum cu tehnologii de tip off-grid și micro-grid, care vor orienta costul marginal de transport și distribuție către valori minime, cu influențe asupra securității energetice și va modifica conceptul privind accesul la energie de la “utilitate” la un drept fundamental.

Repoziționări în piața hidrocarburilor: în contextul trendului de electrificare în sectorul casnic de energie și al extinderii pieței de vehicule electrice, o parte importantă din industria extractivă a hidrocarburilor se va reorienta

spre consumul industrial sau pentru completarea mix-ului energetic în caz de necesitate (ex.: gaze naturale) sau petrochimie (petrol și derivate). Cererea de petrol s-a decuplat de creșterea economică ca urmare a dezvoltării pieței de vehicule electrice sau cu celule de combustibil pe bază de hidrogen (*hydrogen fuel cells*), obținut prin procesul de hidroliză, realizat cu energie din surse regenerabile de energie.

Gazele și combustibilii lichizi de sinteză, generate prin fixarea de CO₂ cu energie provenită din surse regenerabile, vor reprezenta o sursă tranzitorie de energie pentru transport.

SURSE EMERGENTE DE ENERGIE

Hidrocarburile de șist și din alte surse neconvenționale vor contribui la revigorarea temporară a industriei extractive, dar vor fi eliminate din piață de eficiența economică a energiei din surse regenerabile sau nucleare și din cauza problemelor de mediu. Vor apărea surse alternative, care vor fi exploatate, precum „deep-offshore” sau metan din hidrați abisali, dar scăderea prețului în contextul diminuării cererii va frâna dezvoltarea acestora.

Biomasa - multă vreme cenușărea regenerabilelor – se va valorifica prin cogenerarea de înaltă eficiență, urmând modelul generării distribuite din sectorul electroenergetic. Învățând valorificarea sustenabilă a ceea ce oferă natura, până în 2035, se vor fi înțeles avantajele **încălzirii geotermale**. Deși tehnologia nu este nouă, progresul tehnologic care să permită reducerea masivă a CAPEX la proiectele geotermale va fi adus apă caldă pentru consum menajer și încălzire în mai toate casele unde această soluție se pretează.

SECTORUL ENERGETIC DE ÎNALTĂ EFICIENȚĂ

În corelație cu progresul în domeniul inteligenței artificiale și al automatizării, se vor dezvolta complexe de tip smart-house, smart-grid și smart-city – layere diferite de complexitate, bazate pe independență, eficiență și automatizare.

Eficiențizarea energetică se înscrie în acest trend către automatizare, cu limitarea pierderilor în transport și distribuție, prin utilizarea de surse primare care parcurg mai puține transformări energetice (și mai eficiente), respectiv progresul în știința materialelor și tehnologiilor sustenabile etc. Până în anul 2035, eficiența energetică va căpăta, în mod meritat, renumele de “cea mai importantă sursă de energie”.

DEZVOLTAREA SECTORULUI NUCLEAR

În mixul energetic va supraviețui energia din surse nucleare, care va continua să reprezinte o sursă acceptată de energie în bandă, în cantitate mare în regiuni urbanizate și/sau industrializate, cu implementare de tehnologii noi, cu cicluri alternative de combustibil nuclear (*ex.: plutoniu, thoriu*). Un real potențial îl reprezintă fuziunea nucleară, în anul 2035 existând reactoare operaționale. Bazate pe tehnologii compacte, de dimensiuni mai reduse, va exista fuziune bazată pe deuteriu și tritium la început și proton-bor ulterior, renunțând pentru prima dată la transformarea energetică din termic/kinetic în electric (*atoprezenta turbină*) în favoarea inducției directe.

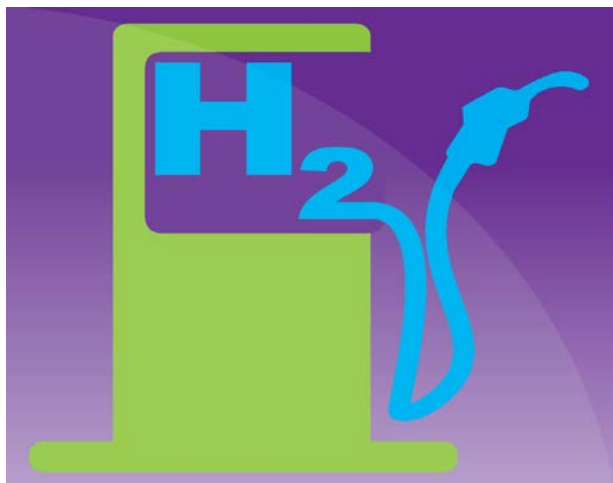
Trenduri tehnologice post-2035 în energie pot fi:

- descentralizarea continuă a rețelelor;
- mix energetic - dominat de tehnologia nucleară (*fuziune & fisiune*) și regenerabile;
- capacități de stocare eficiente;
- rețele supraconductoare – pierderi f. mici în transport și distribuție;
- rețele inteligente, automatizări specifice și integrarea inteligenței artificiale;
- transformări energetice în ciclul de producție și utilizare a energiei;
- energia electrică domină celelalte surse de energie ca formă finală de utilizare.

Întrebări suplimentare:

- Care va fi rolul hidrogenului în orizontul 2035 și ulterior?
- Cum se va rezolva problema energiei termice?
- Cum se vor disemina în România tehnologiile eficiente care au succes în țările nord-europene?
- tehnologiile de colectare și stocare a CO₂ în România?
- Există șanse pentru gazele din surse neconventionale în mixtul energetic al României?
- Există un antagonism real între tehnologie și riscul de mediu, respectiv percepția colectivă?

Tehnologii emergente în 2015 - automobile zero-emisii, care funcționează pe bază de hidrogen



Vehiculele pe bază de "pile de combustie" oferă mai multe avantaje majore față de vehiculele electrice și pe bază de hidrocarburi. Cu toate acestea, tehnologia a ajuns recent la stadiul în care în industria auto se intenționează lansarea acestor vehicule consumatorilor. Prețurile inițiale se vor situa în jurul valorii de 70.000 \$, dar trebuie să scadă semnificativ pe măsura creșterii în următorii ani.

Spre deosebire de baterii, care trebuie încărcate de la o sursă externă, pilele de combustie generează energie electrică în mod direct, folosind combustibili, precum hidrogen sau gaze naturale. În practică, pilele de combustie și bateriile sunt combinate, pilele de combustie generând energie electrică, în timp ce bateriile stochează această energie până când este necesară motorului vehiculului. Vehiculele cu pile de combustie sunt, prin urmare, de tip hibrid și pot recupera energia de frânare.

Spre deosebire de vehiculele electrice alimentate cu baterii, vehicule cu pile de combustie se comportă ca orice vehicul cu alimentare convențională. Cu o autonomie de combustibil relativ mare – cca. 650 km/rezervor (*combustibilul este, de obicei, hidrogen comprimat*), reîncărcarea cu combustibil de hidrogen durează doar cca. 3 minute. Hidrogenul are ardere curată, care produce numai vapori de apă, astfel încât vehiculele care funcționează cu pile de combustie prin combustia hidrogenului produc „zero emisii” - aspect important având în vedere necesitatea reducerii poluării aerului.

Există mai multe modalități de a produce hidrogen, fără a genera emisii de carbon. Astfel, sursele regenerabile de energie electrică de origine eoliană și solară pot fi folosite pentru electroliza apei - deși eficiența energetică integrală a procesului este relativ redusă. Hidrogenul poate fi, de asemenea, separat de apă în reactoare nucleare cu temperatură ridicată sau generat din combustibili fosili, cum ar fi cărbunele sau gazele naturale, iar CO₂ emis poate fi captat și izolat, în loc să fie eliberat în atmosferă.

Pe lângă producerea de hidrogen ieftin pe scară largă, o provocare importantă este lipsa infrastructurii de distribuție a hidrogenului necesară pentru a înlocui stațiile de benzină și motorină. Transportul hidrogenului, chiar în stare comprimată, pe distanțe lungi, nu este considerat fezabil economic la momentul actual. Cu toate acestea, tehnici inovatoare de stocare a hidrogenului, cum ar fi purtători lichizi organici, care nu necesită stocare de înaltă presiune, vor diminua, în curând, costul transportului pe distanțe lungi și vor reduce riscurile asociate cu stocarea și eliberarea accidentală a gazelor de combustie.

Vehiculele pe bază de pile de combustie pentru uzul public reprezintă o perspectivă atractivă, deoarece acestea oferă confortul de alimentare pe care îl au vehiculele alimentate cu motorină și benzină, cu avantajul sustenabilității pentru transportul personal. Realizarea acestor beneficii necesită o producție fiabilă și economică a hidrogenului și distribuția către un număr tot mai mare de vehicule (*se estimează un număr de multe milioane în următorul deceniu*).

TEHNOLOGII DE STOCARE A ENERGIEI

- sisteme de putere autonome "off-rețea", bazate pe surse regenerabile și sisteme personalizate de stocare a energiei,

destinate comunităților mici sau ansamblurilor rezidențiale izolate;

- sisteme integrate de putere bazate pe pile de combustibil cu hidrogen într-o gamă de puteri rezonabile 1 kW–10 kW, destinate aplicațiilor staționare sau pentru transporturi;

- dezvoltarea de stații modulare de producere și stocare hidrogen alimentate din surse de energie regenerabilă intermitente, pentru stocarea energiei;

- sisteme electrochimice de stocare a energiei, utilizând materiale inovative de tip inteligent pentru alimentarea vehiculelor, cu caracteristici îmbunătățite cu 10% în termeni de densitate de putere și număr de cicluri încarcare-descarcare;

- soluții pentru utilizarea hidrogenului, ca element de unificare a celorlalți vectori energetici – rețeaua de energie electrică și de gaze naturale - concept de integrare a sistemului energetic la nivel regional sau național.

Stocarea energiei electrice în cantitate mare

Stocarea energiei în cantități mari este dificilă, ceea ce reprezintă o provocare majoră privind sursele alternative de energie, care generează energie în regim variabil.



Astfel, panourile solare generează energie pe timpul zilei, iar instalațiile eoliene generează energie în regim aleatoriu. Uneori aceste surse generează energie în cantitate mare, iar alteori destul de puțină. Utilizarea acestor surse la substituirea cărbunelui și hidrocarburilor impune socarea efectivă a energiei.

În World Economic Forum s-au prezentat cele mai inovatoare tehnologii care includ inteligența artificială „conștientă social”, stocarea energiei în mini-rețele, celule solare cu perovskit și alte tehnologii cu potențial de a transforma industria, schimba vieți și proteja planeta:

- baterii din generația următoare: unul dintre cele mai mari obstacole în domeniul energiei regenerabile este corelarea cererii cu oferta, dar progrese recente în stocarea energiei folosind baterii bazate pe sodiu, aluminiu și zinc fac fezabile mini-rețele, care pot fi surse de energie permanente, fiabile și curate pentru sate întregi.

- celule solare cu perovskit: – material fotovoltaic nou, care oferă trei îmbunătățiri față de celulele solare clasice cu siliciu: mai ușor de fabricat, poate fi folosit aproape oriunde și produce energie cu eficiență mai mare.

MATERIALE NOI, CARE POT SCHIMBA LUMEA

Cunoscute sub numele de materiale bidimensionale, acestea includ straturi tip grilaj de carbon (grafen), bor (borophene) și nitrură de bor hexagonală (grafen aka alb), germaniu (germanene), siliciu (silicene), fosfor

(phosphorene) și clorură de staniu (stanene). Prețul grafenului, deși inițial era mai costisitor decât aurul, a scăzut datorită tehnologiilor de producție îmbunătățite. Nitrura de bor hexagonală este acum disponibilă din punct de vedere comercial și setată să urmeze o traiectorie similară. Grafenul a devenit suficient de ieftin pentru a putea fi incorporat în filtre de apă, care ar putea determina ca procesul de desalinizare și cel de tratare a apelor reziduale să fie mult mai accesibil. Pe măsură ce costul continuă să scadă, grafenul ar putea fi adăugat în amestecuri de pavare rutieră sau la beton pentru a curăța aerul din mediul urban – unul dintre punctele forte ale sale, compusul absoarbe monoxid de carbon și oxizi de azot din atmosferă.

Astfel, nitrura hexagonală de bor combinată cu grafen și nitrură de bor îmbunătățește calitatea bateriilor litiu-ion și super-condensatorii. Prin stocarea unei cantități de energie mai mare în volume mai mici, materialele pot reduce timpul de încărcare, extind durata de viață a bateriei și, de asemenea, contribuie la scăderea în greutate și la diminuarea deșeurilor aferente vehiculelor electrice.

Energia solară are limite mari. Acest material surprinzător ar putea schimba acest lucru

Celulele solare cu siliciu, care domină în prezent piața mondială suferă de trei limitări fundamentale. O modalitate nouă și promițătoare de a fabrica celule solare de înaltă eficiență, folosind perovskit în loc de siliciu, ar putea rezolva toate cele trei limitări în același timp și pot supraîncărca producția de energie electrică de la lumina soarelui.

Prima limitare majoră a celulelor fotovoltaice (PV) din siliciu este că acestea sunt realizate dintr-un material care este rar în natură în forma pură. Deși nu există nici o insuficiență de siliciu sub formă de dioxid de siliciu (plaja cu nisip), este nevoie de cantități uriașe de energie pentru a se îndepărta de oxigenul atașat de acesta. De obicei, producătorii topesc dioxidul de siliciu la 1500-2000°C într-un cuptor cu arc electric. Energia necesară pentru ca astfel de cuptoare să funcționeze stabilește o limită fundamental inferioară asupra costului de producție a celulelor fotovoltaice de siliciu și, de asemenea, se adaugă la emisiile de gaze cu efect de seră de la fabricarea acestora.

Perovskit - amplă clasă de materiale în care moleculele organice, realizate în principal din carbon și hidrogen, consolidat cu un metal, cum ar fi plumbul și un halogen, precum clorul într-o rețea cristalină tridimensională poate fi mult mai ieftin și cu mai puține emisii. Producătorii pot amesteca loturi de soluții lichide și apoi depozita perovskit ca filme subțiri pe suprafețe de aproape orice formă, fără ca un cuptor să fie necesar. Filmul în sine cântărește foarte puțin.

Aceste caracteristici elimină, astfel, a doua mare limitare a celulelor solare de siliciu, pe care o constituie rigiditatea și greutatea lor. Celulele fotovoltaice de siliciu funcționează cel mai bine atunci când acestea sunt plate și găzduite în panouri mari, grele. Dar aceste panouri determină ca instalațiile de mari dimensiuni să fie foarte scumpe, ceea ce constituie în parte motivul pentru care de obicei le vedem pe acoperișuri și si pe mari "ferme" solare.

A treia limitare majoră a celulelor solare convenționale este eficiența lor de conversie a energiei, care a fost blocată la 25% timp de 15 ani. Când au fost prima dată descrise, celulele din perovskit ofereau o eficiență mult mai mică. În 2009, celulele perovskit realizate din plumb, iodură și metilamoniu au convertit mai puțin de 4 la sută din lumina soarelui în energie electrică. Dar, ritmul de îmbunătățire al perovskitului a fost alert, în parte datorită faptului că mii de compoziții chimice diferite sunt posibile în această clasă de materiale. Până în 2016, eficiența celulelor solare perovskit a fost de peste 20% - o îmbunătățire de cinci ori în doar șapte ani, iar o dublare uimitoare în eficiență în doar ultimii doi ani. Ele sunt acum competitive din punct de vedere comercial cu celulele fotovoltaice din siliciu, iar limitele de eficiență ale perovskitului ar putea fi încă mult mai mare. Întrucât tehnologia PV de siliciu este de acum matură, celulele PV perovskit continuă să se îmbunătățească rapid.

Cercetătorii mai trebuie să răspundă la câteva întrebări importante despre perovskit, referitoare la durabilitatea după expunerea, în numeroși ani, la intemperii și privind modul în care se poate industrializa producția acestuia pentru a putea fabrica o cantitate suficient de mare pentru a concura cu plăcile de siliciu pe piața mondială. Dar chiar o cantitate relativ mică a acestor noi celule în vederea alimentării inițiale ar putea fi importantă în furnizarea energiei solare către amplasamente aflate la distanță, care nu sunt încă conectate la nici o rețea electrică. Atunci când este cuplat cu tehnologia în curs de dezvoltare a bateriilor, celulele solare-perovskit ar putea ajuta la transformarea vieții a cca. 1,2 miliarde oameni care, în prezent, nu dispun de energie electrică fiabilă.

TEHNOLOGII INOVATIVE PENTRU STOCAREA ENERGIEI

Stocarea energiei joacă un rol esențial în rețeaua EU-28, furnizând servicii de echilibrare între generare și consum. Abilitatea sistemelor de stocare de a acționa ca „absorbanți de șoc” poate amortiza volatilitatea prețurilor și creșterea eficienței energetice. Precaritatea rezervelor de petrol, impactul emisiilor de CO₂ constituie o provocare și un impuls pentru noi surse de energie alternative pentru propulsia vehiculelor și reducerea consumului de combustibili fosili. În acest sens, stocarea energiei reprezintă o opțiune promițătoare iar sistemele bazate pe baterii/pile de combustibil sunt elemente esențiale.

Există zone izolate în care accesul la utilități este limitat. Tehnologiile de stocare a energiei fac posibilă dezvoltarea de sisteme autonome, bazate pe surse regenerabile, destinate comunităților rurale sau ansamblurilor rezidențiale restrânse.

Cercetarea-dezvoltarea privind sisteme de putere autonome off-grid, bazate pe surse regenerabile și sisteme personalizate de stocare a energiei, destinate comunităților/ansamblurilor rezidențiale izolate pot elimina „petele albe” ale rețelei de distribuție de energie electrică; sistemele integrate se pot transfera către posibili investitori locali pentru promovarea inițiativelor antreprenoriale.

În România există capacități de cercetare-dezvoltare pentru realizarea de sisteme integrate de putere bazate pe pile de combustibil în gamă largă de puteri, destinate aplicațiilor staționare/mobile și dezvoltarea de stații modulare de hidrogen pentru stocarea energiei din SRE, prin activități de transfer tehnologic de „high-technology” până în 2020 și ulterior.

Exemple de succes:

- sistem integrat de putere – 1 kW bazat pe reformer gaz metan și ansamblu de pile de combustibil;

- dezvoltarea unei linii tehnologice pentru sisteme de putere de 1 kW, cu pile de combustibil în concepție românească;

- sistem autonom concept CHP (Combined Heat and Power), bazat pe hidrogen de 5 kWe și 2 kWt; sistemul este o premieră pe plan național și unul din puținele concepte, pe plan mondial în care se poate furniza energie electrică și termică având ca sursă primară gazul metan prin conversie la hidrogen;

- sistem concept Peak Power Management bazat pe Hidrogen de 5 kW cuplat la surse de energie regenerabilă –eoliană+fotovoltaică; echipament de „nivelare” a varfurilor de sarcină și de echilibrare a generării cu consumul, autonom, care poate fi cuplat la un ansamblu de surse de energie regenerabile;

- autovehicul concept hibrid electric-hidrogen cu autonomie crescută de parcurs; versiune funcțională de autovehicul hibrid electric-hidrogen cu autonomie crescută de drum (~ 250 km).

Exemple de infrastructuri de cercetare publice: Centrul Național pentru Hidrogen și Pile de Combustibil și Laboratorul de Temperaturi Scazute – Rm. Valcea pentru aplicații energetice.

NOI TEHNOLOGII ENERGETICE DE MICROGENERARE

Prin dezvoltarea acestui domeniu, România va deveni generator de tehnologii inovatoare, bazate pe combustibili chimici, procese micro-termofotovoltaice care conduc la dezvoltarea/crearea unei rețele cu impact social și economic semnificativ.

Există, în prezent, un interes major în explorarea și dezvoltarea de micro- și nano- generatoare pentru alimentarea dispozitivelor/sistemelor electronice, recunoscute ca având consum redus de putere, astfel încât să fie asigurată independența, autonomia și portabilitatea acestora în funcționare („self-powered”).

Pentru dezvoltarea și realizarea microgeneratoarelor sunt promovate tehnologii nepoluante, prietenoase mediului („green energy”), care se bazează pe dezvoltarea de dispozitive care să asigure colectarea diverselor forme de energie din mediu („energy harvesting”) - energia solară, a undelor electromagnetice, mecanice, termice și conversia acestora în energie electrică.

Dezvoltarea și diversificarea de micro/nano generatoarelor, care se referă la alimentarea de dispozitive/sisteme electronice cu consum mic de putere, dimensiune redusă pentru electronica din comunicații mobile, robotica, sisteme de supraveghere mediu pe baza

de rețele de senzori, bio-senzori implantabili, electronica personala portabila ș.a.

Relevanta provocarilor pentru CDI:

- dezvoltarea de micro-generatoare se realizează pe baza de dispozitive de conversie fotovoltaica cu materiale hibride organic/anorganic, straturi subtiri de nanomateriale si bio denumite generatia a 3-a, precum si nanogeneratoare pe baza de efect piezoelectric;

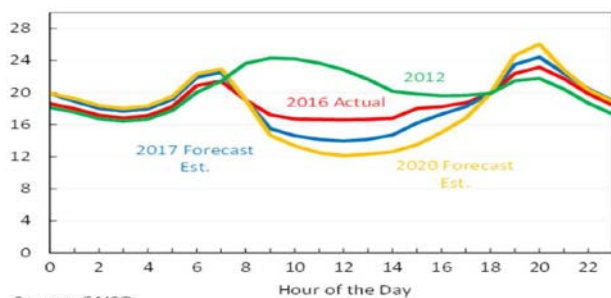
- activitati de cercetare, dezvoltare si inovare pentru realizare de dispozitive de conversie a energiei undelor electromagnetice din mediul ambiant, microgeneratoare prin conversia energiei termice, inclusiv cea a corpului uman, microgeneratoare bazate pe pile de combustie si dispozitive de stocare a energiei integrate cu microgeneratorul.

Infrastructurile de cercetare publice disponibile sunt nanoelectronica bazata pe nanomateriale carbonice, circuite nanoelectronice la frecvență înalta (>60 GHz); nanoelectronica bazata pe nanomateriale organice si hibride si pe materiale artificiale

Stocarea Energiei

Tehnologiile de stocare a energiei pot lua mai multe forme. Stocarea energiei hidroelectrice pompate este cea mai răspândită tehnologie de stocare în Statele Unite, reprezentând peste 90% din totalul capacității de stocare. În vederea stocării energiei hidroelectrice pompate se utilizează energie pentru a pompa apa către un rezervor superior și eliberează această apă într-un rezervor inferior pentru a genera energie electrică atunci când este necesar. Deși reprezintă o abordare eficientă de stocare a energiei, procesul de stocare a energiei hidroelectrice pompate este foarte dependent de locație, deci ar putea avea un impact negativ asupra ecosistemelor acvatice, poate fi limitat de debitul de apă, și poate să nu fie la fel de bine adaptat pentru răspunsurile rapide necesare pentru a oferi unele servicii cheie pe termen scurt de tip auxiliar. Stocarea termică oferă o altă oportunitate viabilă de depozitare.

Net Load for March 31



Source: CAISO

Stocarea termică amplasată la utilizatorul final, cum ar fi o clădire comercială, funcționează prin utilizarea energiei electrice atunci când prețurile sunt mai mici pentru a răci unele medii, de multe ori un lichid de răcire sau apă. Mediile răcite (ex.: gheața) pot fi apoi utilizate pentru a reduce cererea de energie electrică de la sistemele de aer condiționat în timpul orelor de vârf, când prețul energiei electrice este mai mare. În mod similar, un încălzitor electric de apă caldă poate fi folosit pentru a încălzi mai multă apă atunci când prețul la energie electrică este mai mic (ex.: în afara orelor de vârf - pe timp de noapte), stocând energia în apă caldă, încât mai puțină încălzire va fi necesară atunci când prețurile energiei electrice sunt mai mari.

O altă formă de stocare termică, a cărei utilizare crește rapid, este asocierea de concentrare a centralelor solare cu sisteme, incluzând frecvent sare topită, care stochează căldura și pot fi utilizate cu o turbină pentru a produce energie electrică pentru câțva timp, după ce soarele nu mai luminează. Aceste instalații mixte de stocare a energiei solare, cum ar fi Solana sau Crescent Dunes din California, pot ajuta la facilitarea intermitenței generării solare și pot modifica pozitiv graficul «curbei raței» prin producerea de energie electrică în timpul orelor de seară mai întunecate. Cu toate acestea, astfel de instalații sunt relativ scumpe, necesită suprafață mare de teren și sunt mai potrivite pentru locații deșertice, însorite. Volanții - altă tehnologie de stocare a energiei: dispozitive mecanice rotative, care pot stoca energie de rotație și eliberată prin aplicarea cuplului de torsiune la o sarcină/încărcătură, reducând viteza. În timp ce volanții au fost utilizați în aplicații industriale sau de nișă de peste un secol, sunt necesare încă progrese tehnologice majore pentru ca să devină viabili din punct de vedere economic pentru stocarea energiei pe scară largă pentru rețeaua de energie electrică.

Un interes aparte al tehnologiei de stocare a energiei a fost recent îndreptat către stocarea cu baterie electrică, care utilizează reacții chimice pentru a stoca și eliberarea de energie electrică; procesul a fost impulsionat parțial prin reduceri de costuri în tehnologia bateriilor în ultimii ani. Exemplu: la pachete de baterii litium-ion au scăzut costurile cu circa 14%/an, între anii 2007-2014, de la peste 1.000 \$/kWh la aproximativ 410 \$/kWh.

Privind în perspectivă, cu continuarea producției de baterii pentru vehiculele electrice și în utilizarea lor în case, este de așteptat ca o scădere a costurilor de baterii să continue. GTM (2016), previzionează că prețurile sistemelor complet instalate (ex.: cost baterii, manoperă și alte materiale) pentru proiecte de stocare de utilitate pentru aplicațiile energie vor scădea de la 21% până la 27% în perioada 2016-2018. EIA previzionează o reducere a costurilor pentru baterii de litium-ion la 135 \$/kWh până în anul 2035, dar analiști și reprezentanți ai companiilor susțin că aceste costuri se situează deja, la momentul actual, cu mult sub 200 \$/kWh.

Stocarea energiei bateriei este un proces care promite atât ca instrument pentru a sprijini nivelul de cerere din partea consumatorilor precum și ca o resursă la nivel de rețea.

Bateriile amplasate "behind-the-meter" pot permite clienților să adapteze consumul de energie electrică, pentru a reduce costurile sub o tarifare în timp real sau o altă abordare dinamică de stabilire a prețurilor, care aduce prețurile cu ridicata mai aproape de prețurile de vânzare cu amănuntul. De exemplu, Tesla Powerwall este o baterie de casă, care permite consumatorilor să economisească bani la facturile de electricitate prin arbitrajul diferenței dintre timpii la prețuri mai mari și mai mici. Astfel de baterii ar putea fi chiar cuplate cu procesul de generare solară distribuită pentru a ajuta la reducerea consumului de vârf de seară, prin utilizarea în timpul acestor ore de valoare tarifară mare a energiei solare stocate. Vehiculele electrice au, de asemenea, o baterie care, prin intermediul piețelor inteligente și noilor tehnologii, pot oferi fluxuri suplimentare de valoare; ex.: Kempton și Tomic (2004)

constată că 2,8 milioane vehicule pe baterii ar putea oferi suficientă capacitate pentru 700 GW din surse eoliene.

Ca resursă la nivel de rețea, stocarea energiei în baterie oferă potențialul de a reprezenta soluția între cerere și piețele inteligente de energie. O diferență majoră este aceea că, deoarece capacitatea de stocare a bateriei este încă scumpă, dar adecvată pentru furnizarea operativă de energie electrică în rețea, primul element de valoare privind capacitatea de stocare a energiei constă în furnizarea de servicii auxiliare, care sunt adesea critice cererii abrupte și imprevizibile de încărcare netă. Stocarea energiei în baterii poate ajuta, de asemenea, să îndeplinească cerințele de adecvare a resurselor în licitarea pe piețele de capacitate. Aceasta poate oferi valoare prin arbitrajul prețului en-gros mai mari și mai scăzute în timpul zilei, ceea ce este previzibil să fie cu atât mai important în cazul în care curba «cioc de rață» devine mai evidentă. În cele din urmă, procesul de stocare a energiei în baterii poate ajuta la reducerea nevoii de actualizare a transmisiei și distribuției bazate pe creșteri previzionate ale cererii de vârf.

Aceste fluxuri de valori sunt susceptibile să crească în timp, cu o mai mare penetrare a VER (*Voluntary Emission Reduction – RO: Reducerea voluntară a emisiilor de carbon*) în rețea.

Studii recente au examinat modul în care stocarea energiei valoroase poate avea loc în rețele electrice cu o penetrare mare de VER. DOE (2016) arată că integrarea fotovoltaicelor solare devine tot mai costisitoare, cu niveluri mai mari de penetrare a fotovoltaicelor solare din cauza timpilor, atunci când există mai multă cantitate generată decât cererea, ceea ce conduce la limitare/restricții (adică la oprirea producției de energie electrică atunci când există prea multă generare de VER). Dar, adăugând răspunsul la cerere și stocarea energiei se pot reduce costurile.

De exemplu, la penetrărilor solare fotovoltaice care se apropie de 24 la sută, adăugarea răspunsului la cerere și a stocării energiei se poate reduce costul total al energiei electrice pentru fotovoltaicele solare cu aproximativ 3 cenți pe kWh, prin reduceri în restricționările necesare. NREL (2015d) constată beneficii substanțiale în cuplarea celulele solare fotovoltaice de stocarea energiei. Studiul analizează în special cuplaje de sisteme solare fotovoltaice amplasate pe client cu sisteme de baterii litiu-ion din Los Angeles și Knoxville, unde disponibilitatea de stocare "behind-the-meter" permite clienților să beneficieze de rate diferite la energie electrică în funcție de intervalele orare ale zilei. Studiul constată că atunci când este cuplată în mod optim, valoarea actualizată netă a unei investiții într-o instalație de stocare a bateriei conectate la rețea poate ajunge la valoarea de 300 \$/kWh.

Concluzii

Cu toate acestea, monetizarea tuturor fluxurilor de valoare a proceselor de stocare s-a dovedit a fi o provocare. În prezent, stocarea energiei poate fi finanțată fie prin investiții în utilități pentru a ajuta la menținerea fiabilității sistemului și a reduce nevoia de îmbunătățiri privind transportul sau distribuția, fie prin licitații pe piețele de energie electrică, cum ar fi piețele de vânzare cu ridicata, de capacitate sau piețele de servicii auxiliare. Chiar și

atunci când monetizarea stocării energiei se face prin intermediul piețelor de energie electrică, de multe ori nu a fost posibil pentru dezvoltatorii de tehnici de stocare a energiei să capteze fluxuri de valoare pe mai multe piețe, din cauza condițiilor de reglementare sau logistică.

Schimbări recente de reglementare fac mai posibilă monetizarea fluxurilor de valoare din stocarea energiei și cel puțin 10 state au introdus politici sau acțiuni de reglementare din 2010. Poate chiar mai important, mai multe ordine FERC (Comisia federală de reglementare în domeniul energiei din SUA) au îmbunătățit posibilitățile de stocare. Ordinul FERC 792 din 2013 a adăugat tehnica de stocare a energiei ca sursă de energie eligibilă pentru interconectare în rețea ca un mic generator, iar Ordinele FERC 755 și 784 din 2011 și respectiv 2013 au schimbat evaluarea stocării energiei pe piețele de servicii auxiliare, prin compensarea stocării pentru acuratețea sa și viteza de generare ceea ce o face mult mai viabilă în vederea monetizării fluxului de valoare prin licitarea pe piețele de servicii auxiliare. Costurile de stocare a energiei sunt în prezent mai mari decât valoarea oferită pentru serviciile auxiliare pe majoritatea piețelor, dar cum pătrunderea VER continuă să construiască cererea pentru servicii auxiliare, structura de reglementare permite din ce în ce mai mult ca fluxurile de valoare să fie monetizate iar costurile de stocare a energiei să continue să scadă, perspectivele pe termen lung pentru stocarea energiei fiind astfel din ce în ce mai largi.

CONCLUZII

Pentru ca potențialul piețelor inteligente și de stocare care urmează să fie valorificat, trebuie să existe condiții de concurență echitabile care să permită acestor tehnologii și abordări să participe în cadrul diferitelor piețe de energie electrică și să fie compensate în mod corespunzător pentru valoarea pe care o furnizează, inclusiv pentru viteza și acuratețea acestora. Eforturile de a elimina barierele în calea participării pe piețele de electricitate, precum și eforturile de a asigura o compensație adecvată pentru valoarea furnizată la rețea poate facilita în mare măsură creșterea acestor noi tehnologii promițătoare. În mod similar, eforturile de a îmbunătăți transparența prețurilor energiei electrice și legătura între prețurile cu ridicata și prețurile cu amănuntul pot facilita răspunsul la cererea consumatorilor. Există deja un progres considerabil în aceste domenii, cu reforme de reglementare notabile, atât la nivel de stat, cât și la nivel federal prin FERC. Cu toate acestea, există încă loc considerabil pentru inovație în acest domeniu. Reformele din acest domeniu au fost până la momentul actual restrânse la un număr limitat de state, iar FERC continuă în mod activ să ia în considerare noi reforme. În plus, există mai multe reforme potențiale care nu au fost încă puse în aplicare, care ar putea include produsele suplimentare sau produse de capacitate, care sunt tranzacționate pe piețele pe care noile tehnologii pot licita. Odată cu continuarea reglementărilor și dezvoltarea tehnologiilor, oportunitățile prezentate în acest raport pot susține o tranziție rentabilă la un viitor rețea de electricitate rezistentă și cu emisii reduse de carbon.

Tehnologii inovative pentru stocarea energiei

România poate deveni un dezvoltator-integrator de tehnologii de stocare a energiei, ceea ce permite asigurarea unui grad ridicat de siguranță energetică la nivel național, prin penetrarea semnificativă a surselor regenerabile (SRE) și transformarea într-un actor important pe piața europeană, prin promovarea tehnologiilor hibrid și eliminarea combustibililor fosili.

În contextul dezvoltării durabile sectorul energetic trebuie să sufere modificări. 95% din creșterea consumului de energie în perioada 2010-2030 trebuie să fie furnizată de SRE, iar cantitatea de electricitate generată să se dubleze. Stocarea energiei joacă un rol esențial în rețeaua EU-28, furnizând servicii de echilibrare între generare și consum. Abilitatea sistemelor de stocare de a acționa ca „absorbanti de soc” poate lua forma unei amortizări a volatilității prețurilor sau creșterii eficienței.

Există zone izolate în care accesul la utilități este limitat. Tehnologiile de stocare a energiei fac posibilă dezvoltarea de sisteme autonome, bazate pe surse regenerabile, destinate comunităților rurale sau ansamblurilor rezidențiale restrânse.

Stocarea energiei contribuie în mod direct la integrarea pe scară largă a surselor de energie regenerabile, conducând la reducerea impactului asupra mediului prin scăderea emisiilor de dioxid de carbon.

Noile tehnologii de stocare vor contribui la extinderea sistemelor off-grid de furnizare utilități pentru zone restrânse, bazate pe surse regenerabile, rezolvând în acest fel problemele specifice locale, având un impact major asupra îmbunătățirii calității vieții în zonele rurale.

Potentialul neexploatat/valorificat energetic de biomasa și deseuri biodegradabile precum și experiența din sectorul energetic în domeniul combustibililor fosili se îmbină cu tehnologiile inovative/emergente eco-eficiente de producere combinată „co-firing”, în principal de energie termică, cu grijă față de mediu. Dezvoltarea micro digesterelor de biogaz pentru ferme mici și gospodării private.

Cercetarea soluțiilor de tratare a biogazului pentru inserarea în rețeaua existentă de gaze naturale și în sisteme de cogenerare. Dezvoltarea tehnologiilor de analiză la input autoreglatoare pentru a menține output-ul de biocombustibili conform standardelor în vigoare.

Eficiența energetică la generare, transport și distribuție în Referitor la rețele inteligente („smart grids”), obiectivul principal îl constituie eficientizarea, informatizarea și siguranța în exploatarea a întregului lanț energetic prin introducerea conceptelor de smart grids. La nivelul anului 2020, România își propune implementarea contorizării inteligente (smart metering) în proporție de 80% până în 2020 și implementarea completă până în 2022, prin proiecte pilot.

REFERENCES

[1] Bloomberg New Energy Finance (BNEF). 2016. "Electric Vehicles to be 35 % of Global Car Sales by 2040."
[2] "California Renewables Portfolio Standard (RPS)." http://www.cpuc.ca.gov/RPS_Homepage/. California Energy Commission (CEC). 2016. <http://www.energy.ca.gov/portfolio/>.
[3] Annual Report on Market Issues & Performance. Department of Market Monitoring, 2014, 2015, 2016.

[4] "Market Optimization." *Business Practice Manual for Market Operations Version 43*, 2015.
[5] Cobb, Jeff. (2015). "GM Says Li-Ion Battery Cells Down to \$145/kWh and Still Falling." HybridCars.com.
[6] Council of Economic Advisers (CEA). 2016. "A Retrospective Assessment of Clean Energy Investments in the Recovery Act." DeCarolis, Joseph and David Keith.
[7] "The Costs of Wind's Variability: Is There a Threshold?" *Electricity Journal* 18(1): 69-77. Electricity Reliability Council of Texas (ERCOT). 2016.
[8] "Wind Integration Report: 02/18/2016." Energinet.dk. "New record-breaking year for Danish wind power." <http://energinet.dk/EN/El/Nyheder/Sider/Dansk-vindstroem-slaar-igen-rekord-42-procent.aspx>.
[9] Energy+Environmental Economics (E3). 2016. "Full Value Tariff Design and Retail Rate Choices." Prepared for: New York State Energy Research and Development Authority and New York State Department of Public Service. Energy Information Administration (EIA).
[10] Farmer, E. D., V. G. Newman, and P. H. Ashmole. 1980. "Economic and operational implications of a complex of wind-driven generators on a power system." *Physical Science, Measurement and Instrumentation*,
[11] *Journal of Regulatory Economics* 40: 82-109. Hausman, W. and J. Neufeld. 1984. "Time-of-day Pricing in the U.S. Electric Power Industry at the Turn of the Century." *RAND Journal of Economics* 15(1): 116-126. Hawaii State Energy Office. 2016. Securing the Renewable Future. <http://energy.hawaii.gov/renewable-energy>.
[12] *Spectrum (IEEE)*. 2015. "How Rooftop Solar Can Stabilize the Grid." Accessed 6 June 2016.
[13] <http://spectrum.ieee.org/green-tech/solar/how-rooftop-solar-can-stabilize-the-grid>. International Renewable Energy Agency (IRENA). 2015. "Battery Storage for Renewables: Market Status and Technology Outlook." Irish Wind Energy Association. 2016. "Wind Statistics." <http://www.iwea.com/windstatistics>. Jessoe, Katrina, and David Rapson. 2014. "Knowledge is (Less) Power: Experimental Evidence from Residential Energy Use."
[14] Malik, Noreen. (2015). "Lower-Cost Wind and Solar Will Drive Energy Storage Technology" Bloomberg Technology. Monitoring Analytics, LLC. (2016). "2015 State of the Market Report for PJM." 2015. "2014 State of the Market Report for PJM." 2014. "A Survey of State-Level Cost and Benefit Estimates of Renewable Portfolio Standards."
[15] 2015a. "Review and Status of Wind Integration and Transmission in the United States: Key Issues and Lessons Learned." 2015b. "Over-generation from Solar Energy in California: A Field Guide to the Duck Chart." 2015c. "Solar Energy and Capacity Value." 2015d. "Economic Analysis Case Studies of Battery Energy Storage with SAM."
[16] 2016. "Energy Storage: Possibilities for Expanding Electric Grid Flexibility." Analysis Insights. New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA). 2016. <http://www.nyserda.ny.gov/About/Newsroom/2016-Announcements/2016-04-21-Governor-Cuomo-Announces-Millions-Available-for-Renewable-Energy-Projects>.
Nykqvist, Bjorn and Mans Nilsson. (2015). "Rapidly Falling Costs of Battery Packs for Electric Vehicles." *Nature Climate Change* 5(4): 329-332.
[17] Portuguese Renewable Energy Association (APREN). 2016. "Portugal Just Went 4 Straight Days Running Completely on Renewable Energy." <http://www.apren.pt/pt/media/clipping/imprensa/pagina-4/>.
[18] Potomac Economics, Ltd. 2013, 2014, 2015 *Assessment of the ISO New England Electricity Markets*.
[19] 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 *State of the Market Report for the ERCOT Wholesale Electricity Markets*.
RED Electrica de Espana. 2016. "Balance electrico anual nacional." www.ree.es.
[20] Shao, Shengnan, Manisa Pipattanasomporn, and Saifur Rahman. 2012. "Grid integration of electric vehicles and demand response with customer choice." *Smart Grid, IEEE Transactions*. 3(1): 543-550. Silver Spring Networks (Silver Spring). 2013. "White Paper: How the Smart Grid Enables Utilities to Integrate Electric Vehicles."
[22] 2010. "White Paper: The Dollars - and Sense - of EV Smart Charging."

- [23] Sioshansi, Ramteen, Paul Denholm, and Thomas Jenkin. 2012. "Market and Policy Barriers to Deployment of Energy Storage" *Econ Energy Environ Policy* J 1(2): 47. SmartGrid.
- [24] 2016a. "Time Based Rate Programs". U.S. Department of Energy. Accessed 2 June 2016.
- [25] https://www.smartgrid.gov/recovery_act/time_based_rate_programs.html.
- [26] 2016b. "Advanced Metering Infrastructure and Customer Systems". U.S. Department of Energy. Accessed 2 June 2016. https://www.smartgrid.gov/recovery_act/deployment_status/ami_and_customer_systems.html.
- [27] 2016c. "The Smart Home". U.S. Department of Energy. Accessed 2 June 2016. https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_home.html. SolarCity. 2016. "A Pathway to the Distributed Grid." White Paper.
- [28] Stark, Camila, Jacquelyn Pless, Jeffrey Logan, Ella Zhou, and Douglas Arent. 2015. "Renewable Energy: Insights for the Coming Decade." NREL Technical Report 6A50-63604.
- [29] State of Colorado. (2016). "Renewable Energy Standard." <https://www.colorado.gov/pacific/energyoffice/renewable-energy-standard>.
- [30] U.S. Department of Energy (DOE). 2015. Wind Vision. 2016. "One the Path to SunShot: Emerging Issues and Challenges in Integration Solar with the Distribution System." NREL. Sandia National Laboratories.
- [31] Utility Dive. 2016. "ERCOT sets another wind record, with over 14 GW serving 45% of system load." http://www.utilitydive.com/news/ercot-sets-another-wind-record-with-over-14-gw-serving-45-of-system_load/414315/.
- [32] 2015. "How California's Biggest Utilities Plan to Integrate Distributed Resources."
- [33] <http://www.utilitydive.com/news/how-californias-biggest-utilities-plan-to-integrate-distributed-resources/401805/>. Wolak, Frank. 2015. "Mean versus Standard Deviation Trade-offs in Wind and Solar Energy Investments: The Case of California." Xcel Energy. 2006. Wind Integration Study for Public Service Company of Colorado. Work performed by Excel Energy and EnerNex Corporation. Denver, Colorado; Knoxville, TN.

AUTORI

Filip Cârlea, specializare în sectorul energetic, cercetător la Institutul Național de Cercetări Economice al Academiei Române, director al Centrului pt. Promovarea Energiilor Regenerabile și Eficiență Energetică; Romania filip_carlea@yahoo.com: 0721 082 743.

Violeta Mihaela Dincă, științe economice, UNESCO Department for Business Administration, in foreign languages, University of Economics, Romania violetamihaeladinca@yahoo.fr