

ENERGIA GEOTERMALĂ - SURSĂ REGENERABILĂ DE ENERGIE, ÎN CONTEXTUL DEZVOLTĂRII DURABILE

Șef lucrări ing. LILIANA INDRIE, Universitatea din Oradea

Șef lucrări ing. MIHAELA NOVAC, Universitatea din Oradea

Abstract: *Because of the intense industrial development, the human activity has influenced the environment more and more; recently, more and more negative effects at a global level have been noticed. For this reason, during the recent years the ecological impact of the human activities has been very much emphasized. At present, the majority of the international research programs contain aspects relating to the protection of the environment. This tendency has determined a drastic evaluation of the energy sources. In this context, the new energy sources have begun to have a greater importance. From an ecological point of view, the geothermal energy occupies a favorable place as compared to the majority of the energy sources that are being used at present. The geothermal energy is usually considered to be renewable and sustainable.*

1. Introducere

Obiectivul principal al acestei lucrări este acela de a identifica anumite soluții la problemele actuale legate de mediu, punând accentul pe tehnologiile și sursele de energie regenerabile precum și pe legătura dintre energia regenerabilă și dezvoltarea durabilă.

Datorită dezvoltării industriale intense, activitatea umană a influențat din ce în ce mai mult mediul înconjurător, în ultimul timp observându-se din ce în ce mai multe efecte negative la nivel global. Din acest motiv, în ultimii ani s-a pus accent din ce în ce mai mare pe impactul ecologic al activităților umane. În prezent, în majoritatea programelor de cercetare mondiale apar prioritar aspecte legate de protecția mediului înconjurător. Această tendință a determinat o evaluare drastică a surselor de energie. În acest context, sursele noi de energie au început să aibă o importanță din ce în ce mai mare.

Din punct de vedere ecologic, energia geotermală ocupă un loc favorabil în comparație cu cele mai multe surse de energie utilizate în prezent.

2. Dezvoltarea durabilă și probleme legate de mediu

Problemele legate de alimentarea cu energie și de utilizarea acesteia nu depind doar de încălzirea globală, ci și de anumite preocupări ambientale, precum poluarea aerului, ploile acide, subțierea stratului de ozon, distrugerea pădurilor și emisiile de substanțe radioactive. Aceste chestiuni trebuie luate în considerare în mod simultan dacă dorim să avem un viitor strălucit din punctul de vedere al energiei, cu impacturi minime asupra mediului. Există multe dovezi care sugerează că viitorul va fi afectat în mod negativ dacă oamenii continuă să degradeze mediul înconjurător.

Putem spune că energia este unul dintre factorii principali care trebuie luați în considerare în cadrul discuțiilor legate de dezvoltarea durabilă. S-au elaborat mai multe definiții ale dezvoltării durabile. Termenul de „dezvoltare durabilă” este folosit în sensul de dezvoltare care îndeplinește nevoile generației actuale fără a le compromite pe cele ale generațiilor viitoare. În sensul cel mai strict, durabilitatea unei resurse depinde de cantitatea sa inițială, de gradul de generare și de gradul de consum. Consumul poate fi

întreținut în mod evident pe orice perioadă de timp în care o resursă este creată mai repede decât este epuizată. Dacă gradul de consum depășește gradul de generare, consumul poate fi totuși întreținut pe o perioadă de timp în funcție de cantitatea inițială a resursei disponibilă în momentul începerii consumului.

Există mulți factori care pot contribui la realizarea dezvoltării durabile. Unul dintre cei mai importanți este cererea pentru o cantitate de resurse energetice care să fie complet durabilă. În general se acceptă ideea că o cantitate sigură de resurse energetice este o condiție necesară dar nu și suficientă pentru dezvoltarea în cadrul unei societăți. Mai mult, dezvoltarea durabilă din cadrul unei societăți necesită o cantitate durabilă de resurse energetice (care, pe termen lung, este disponibilă imediat și în mod durabil la un cost rezonabil, putând fi utilizată pentru toate sarcinile necesare fără a provoca impacturi negative asupra societății) și o utilizare efectivă și eficientă a resurselor energetice. În această privință putem spune că există o legătură strânsă dintre sursele de energie regenerabilă și dezvoltarea durabilă.

De-a lungul ultimelor două decenii, riscul și realitatea degradării mediului au devenit mai evidente. Dovezile crescânde ale problemelor legate de mediu se datorează unei combinații între mai mulți factori deoarece impactul activităților umane asupra mediului a crescut dramatic din cauza creșterii populației lumii, activității industriale etc. Dacă în trecut, majoritatea analizelor ambientale se concentrau asupra poluanților convenționali precum SO₂, NO_x, particulele din aer și CO, în prezent preocupările ambientale s-au extins și la controlul micro-poluanților sau al poluanților atmosferici periculoși, care sunt de obicei substanțe chimice toxice și dăunătoare în doze mici, precum și la controlul poluanților importanți la nivel global precum CO₂. Pe lângă avansurile înregistrate în domeniul științei ambientale, dezvoltările din procesele și structurile

industriale au dus la noi probleme legate de mediu.

Principalele zone care prezintă probleme ambientale pot fi clasificate după cum urmează: principalele accidente ambientale, poluarea apei, poluarea maritimă, impactul utilizării și așezării solului, radiațiile și radioactivitatea, poluanții atmosferici periculoși, calitatea aerului ambiental, ploile acide, subțierea stratului de ozon, și schim-bările climatice globale (efectul de seră).

3. Energia geotermală, sursă regenerabilă de energie în comparație cu alte surse regenerabile

Recent s-a descoperit că sursele și sistemele energetice regenerabile pot avea un impact benefic asupra următoarelor chestiuni esențiale tehnice, ambientale, economice și politice mondiale: principalele probleme ambientale (de ex., ploaia acidă, subțierea stratului de ozon, efectul de seră); degradarea mediului înconjurător; epuizarea surselor mondiale de energie neregenerabilă; utilizarea crescândă a energiei în țările aflate în curs de dezvoltare.

După cum arată Hartley, tehnologiile de energie regenerabilă produc o energie vandabilă prin transformarea fenomenelor naturale în forme de energie utile. Aceste tehnologii utilizează energia inherentă din lumina solară și impacturile sale directe și indirecte asupra Pământului (fotoni, vânt, apă de ploaie, efectele încălzirii și creșterea plantelor), forțele gravitaționale (fluxurile) și căldura din centrul Pământului (geotermală) ca surse pentru producerea de energie. Aceste surse reprezintă un potențial masiv de energie care îl eclipsează pe cel al resurselor fosile echivalente.

În prezent, energia geotermală este utilizată în mai mult de 80 de țări de pe toate continentele. Criza petrolului din anii '70 a dus la o creștere generală a interesului pentru alte surse de energie, printre care și cea geotermală. În anii '80, cu toate că prețul țițeiului pe piața mondială a scăzut

foarte mult, interesul pentru dezvoltarea exploatareii resurselor geotermale s-a menținut, mai ales deoarece aceasta este o sursă indigenă de energie și este mult mai puțin poluantă decât arderea combustibililor fosili.

Problema dezvoltării viitoare a utilizării energiei geotermale se reduce la competitivitatea economică și politică cu alte surse de energie de pe piețele din diferite țări. Printre factorii care pot afecta dezvoltarea geotermalismului în lume se numără: a) dezvoltarea prețurilor mondiale ale petrolului și gazului și ale altor surse de energie competitive; b) accentul mărit pus pe reducerea gazelor de sere în urma conferințelor Națiunilor Unite privind mediul, de la Rio (1991), și Kyoto (1997); c) compararea energiei geotermale cu alte surse de energie noi sau care pot fi regenerare, care reduce de asemenea utilizarea gazelor de sere; d) dezvoltările tehnologice care pot reduce prețurile de producție ale energiei geotermale; și e) acceptarea publică și politică a energiei geotermale.

În 2000 resursele geotermale au fost identificate în peste 80 de țări. Electricitatea generată în aceste țări este de aproximativ 49 TWh/a, iar utilizarea directă se ridică la aproximativ 53 TWh/a. Energia geotermală poate fi utilizată direct, prin transfer de căldură unui utilizator, sau indirect, prin conversie în energie electrică.

Energia geotermală se consideră de obicei că poate fi *regenerabilă și durabilă*. Termenul regenerabil descrie o proprietate a sursei de energie, în timp ce durabil descrie modul în care este utilizată sursa.

Ca fenomene geologice, sistemele hidrotermale din scoarța continentală pot dura zeci de mii de ani. Cu toate acestea, duratele sistemelor pot fi scurtate prin producția artificială de la suprafață în timpul extragerii energiei geotermale.

Cel mai critic aspect pentru clasificarea energiei geotermale ca sursă de energie ce poate fi regenerată este ritmul reîncărcării cu energie. În exploatarea sistemelor geotermale naturale, reîncărcarea cu energie are loc prin transferarea apei termale, cu

ajutorul curenților orizontali de aer, în același interval cu producerea acesteia în interiorul sursei. Aceasta justifică clasificarea energiei geotermale ca fiind o sursă de energie ce se poate regenera. În cazul pietrelor uscate și fierbinți și al unei părți din acviferele cu apă fierbinte din bazinele sedimentare, reîncărcarea cu energie se face doar prin conducție termică; datorită caracterului lent al acestui proces, însă, pietrele uscate și fierbinți și o parte a rezervoarelor sedimentare trebuie considerate ca fiind surse epuizabile de energie. *Durabilitatea* unei surse depinde de cantitatea sa inițială, de ritmul său de regenerare și de ritmul său de consum. Consumul poate fi susținut pe orice perioadă de timp în care resursa este creată mai repede decât este goliată. Termenul de *durabilitate* este utilizat de Comisia Mondială a Mediului și Dezvoltării, făcând referire la o dezvoltare care "... întrunește nevoile prezentei generații fără a compromite nevoile generațiilor următoare." În acest context, durabilitatea nu implică faptul că orice sursă de energie trebuie să fie folosită până la epuizare, ci pur și simplu că se poate găsi un înlocuitor pentru resursă, care va permite generațiilor următoare să-și asigure energia în ciuda faptului că resursa respectivă a fost epuizată. Astfel, este posibil să nu fie necesar ca un anumit câmp geotermal să fie exploatat într-un mod durabil.

Se poate spune deci că resursele energetice considerate epuizabile (cărbune, petrol, gaze naturale) sunt regenerabile dar la scară geologică (milioane de ani). Deoarece pentru om, timpul geologic este inacceptabil de mare, acest tip de surse s-au clasificat ca fiind epuizabile.

Procesul de regenerabilitate al resurselor energetice ca: energia eoliană, solară, energia din biomasă, energia geotermală și energia hidrotermală, se desfășoară în mod continuu în natură, independent de intervenția omului, el fiind legat de fenomenele naturale ale pământului. Se poate spune că aceste surse se pot utiliza în mod continuu, adică durabil. Astfel, toate

sistemele geotermale naturale, pot fi regenerabile într-un interval de timp egal cu durata vieții umane, pe când rezervoarele din rocile fierbinți nu pot fi clasificate drept regenerabile într-un interval scurt de timp.

Cantitatea de energie ce provine din resurse epuizabile reprezintă o proporție mult mai mare (78%) decât cea provenită din resurse regenerabile. De asemenea, rezervele epuizabile vor mai dura ani buni de exploatare la nivelul actual. Totuși, raportul dintre energia provenită din resursele epuizabile și cea provenită din cele regenerabile se va modifica obligatoriu în următorii ani în favoarea resurselor regenerabile. În acest context este deosebit de important să se cunoască limitele surselor de energie regenerabile și să se analizeze cum se poate realiza pe baza lor o dezvoltare durabilă, posibil de susținut ulterior.

În prezent energia geotermală furnizează infima cantitate de 0,1% din necesarul de energie al globului existând posibilități enorme ca în viitor aceasta să poată fi utilizată pe o scară mult mai mare.

Resursele energetice regenerabile, singure nu pot asigura un sistem energetic viabil, dar ele pot contribui din ce în ce mai mult la dezvoltarea durabilă prin creșterea ponderii față de resursele epuizabile.

Tabelul 1 prezintă starea producției de electricitate din energii regenerabile. Producția totală de electricitate din energii regenerabile în 1998 era de 2826 TWh. Cea mai mare contribuție (92%) provenea din energia hidroelectrică, și doar 5,7 % din bioenergie, 1,6% din energie geotermală și 0,6% din energie eoliană. Generarea de electricitate din energia solară a reprezentat doar 0,05%, iar din energia mareică 0,02%. Costul actual al energiei este cel mai scăzut la energia hidroelectrică și geotermală, urmate de bioenergie și de energia eoliană. Electricitatea fotovoltaică solară este de departe cea mai scumpă, dar pe viitor sunt așteptate reduceri semnificative ale costurilor. Procentul anual de creștere a puterii instalate din ultimii cinci ani este de 2-4% pentru energia hidroelectrică, pentru bioenergie și energia geotermală.

Tabelul 1. Starea producției de electricitate din energii regenerabile

	Producția de energie din 1998		Capacitatea de operare, la sfârșitul anului 1998		Factorul de capacitate (%)	Costul actual al energiei (cenți USD/kWh)	Posibilul cost viitor al energiei (cenți USD/kWh)	Costul de investiție la cheie (USD/kWh)	Creșterea puterii instalate în ultimii 5 ani (%/an)
	TWh (e)	(%)	GWe	(%)					
Hidroelectrică	2600	92	663	91,80	20-70	2-10	2-8	1000-4000	2
Bioenergie	160	5,66	40	5,53	25-80	5-15	4-10	900-3000	3
Geotermală	46	1,63	8	1,11	45-90	2-10	1-8	800-3000	4
Eoliană	18	0,64	10	1,38	20-30	5-13	3-10	1100-1700	30
Solară (fotovoltaică)	0,5	0,05	0,5	0,12	8-20	25-125	5-25	5000-10000	30
(electricitate termală)	1	-	0,4	-	20-35	12-18	4-10	3000-4000	5
Mareică	0,6	0,02	0,3	0,04	20-30	8-15	8-15	1700-2500	0
Total	2826,1		722,2						

Factorul de capacitate este foarte variabil pentru diferitele surse. Tabelul 2 (Turkenburg) prezintă capacitatea de operare și generarea de electricitate în 1998 pentru patru surse de energie „noi și regenerabile”, și anume energia geotermală, eoliană, solară și energia mareelor. În 1998, energia eoliană se afla în fruntea clasamentului privind capacitatea de operare (52,1%), fiind urmată de energia geotermală (41,7%).

Energia geotermală era însă cea mai mare producătoare de electricitate, cu 69,6% din totalul producerii de energie dintre cele patru surse de energie, urmată de energia eoliană, cu 27,2% din total. Spre deosebire de aplicațiile solare, eoliene și hidroelectrice, energia geotermală este independentă de condițiile meteorologice. Are o capacitate inerentă de stocare și poate fi utilizată atât pentru centralele de bază, cât și pentru cele cu putere maximă.

Tabelul 2. Electricitatea din patru resurse de energie regenerabilă în 1998 (WEA)

	Capacitate de operare		Producție pe an	
	GWe	%	TWh /an	%
Geotermală	8	41,7	46	69,6
Eoliană	10	52,1	18	27,2
Solară	0,9	4,7	1,5	2,3
Mareică	0,3	1,5	0,6	0,9
Total	19,2	100	66,1	100

Tabelul 3 prezintă starea producerii directe de căldură din energiile regenerabile. Bioenergia constituie cel puțin 93% din total, energia geotermală 5%, iar încălzirea solară 2%. Bioenergia prezentată aici reprezintă doar o fracțiune din utilizarea totală a bioenergiei la nivel mondial, deoarece cărbunele etc. nu este inclus. Bioenergia prezentată aici este căldură sub formă de aburi (sau apă caldă menajeră),

produsă adeseori prin combinarea producerii de căldură și energie folosind reziduuri forestiere, lesie neagră sau trestie de zahăr. În ceea ce privește energia geotermală, aceasta este folosită în mare măsură pentru sistemele de încălzire districtuale municipale, cele mai mari astfel de sisteme aflându-se în Islanda, Franța, China și Turcia, încălzirea spațiilor fiind frecventă în SUA.

Tabelul 3. Starea producerii de căldură directă din energii regenerabile

	Producția de energie din 1998 (TWh/ an)	Capacitatea de operare la sfârșitul anului 1998 (GWh)	Factorul de capacitate (%)	Costul actual al energiei (cenți USD/kWh)	Posibilul cost viitor al energiei (cenți USD/kWh)	Cost. de investiție la cheie (USD/kW)	Cresterea a puterii instalate în ultimii 5 ani (%/an)
Bioenergie	>700	>200	25-80	1-5	1-5	250-750	3
Geotermală	40	11	20-70	0,5-5	0,5-5	200-2000	6
Temperatura scăzută a căldurii solare	14	18	8-20	3-20	2-10	500-1700	8

4. Importanța resurselor și tehnologiilor energetice regenerabile pentru dezvoltarea durabilă

Exploatarea resurselor și tehnologiilor energetice regenerabile este o componentă esențială a dezvoltării durabile. Cele trei motive importante pentru acest lucru, sunt următoarele: - impactul redus asupra mediului înconjurător, în comparație cu alte surse de energie deoarece nu există nici o sursă de energie cu impact zero asupra mediului. - resursele energetice regenerabile nu pot fi epuizate spre deosebire de combustibilul fosil și de resursele de uraniu. Dacă sunt utilizate în mod înțelept în aplicații adecvate și eficiente, ele pot furniza pe termen aproape nelimitat energie fiabilă și durabilă. Pe de altă parte, resursele de combustibil fosil și uraniu sunt limitate și pot fi diminuate prin extracție și consum. - ele favorizează descentralizarea sistemului de energie și soluțiile aplicabile pe plan local mai mult sau mai puțin independente de rețeaua națională, mărind astfel exibilitatea sistemului și furnizarea economică de energie către a ezările mici și izolate, acesta fiind motivul pentru care multe tehnologii diferite de energie regenerabilă sunt disponibile pentru a fi utilizate în zonele urbane.

5. Concluzii

Există un număr de probleme ambientale cu care ne confruntăm astăzi. Aceste probleme presupun o gamă tot mai numeroasă de poluanți, riscuri și degradarea ecosistemului în zone din ce în ce mai întinse. Cele mai importante sunt precipitațiile acide, subțierea stratului de ozon și schimbările climatice globale. Este posibil ca cea mai importantă problemă ambientală legată de utilizarea energiei să fie efectul de seră.

Recent, au apărut o varietate de soluții potențiale la problemele ambientale actuale legate de emisiile de poluanți dăunători. Cu toate acestea, energia regenerabilă pare a fi una dintre cele mai importante soluții.

Din categoria energiilor regenerabile, un loc aparte l-a constituit și îl constituie energia zăcămintelor geotermale. Impunerea energiei geotermale ca alternativă viabilă la combustibilii fosili a fost susținută, pe lângă avantajele tehnico-economice pe care le prezintă, și de faptul că peste 80 de țări dispun și exploatează resurse geotermale semnificative. Energia geotermală este disponibilă în mod continuu, indiferent de anotimp și condițiile meteorologice.

Exploatarea resurselor energetice regenerabile și a tehnologiilor este o componentă principală a dezvoltării durabile datorită următoarelor aspecte: un impact mult mai mic asupra mediului înconjurător, sunt inepuizabile și posibilitatea de descentralizare.

Bibliografie

- [1]. Barbier E. – *Geothermal energy technology and current status: an overview*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 6 (2002), pp 3-65;
- [2]. Dincer I. – Renewable energy and sustainable development: a crucial review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 4(2000), pp 157-175;
- [3]. Hartley DL – *Perspectives on renewable energy and environment*. In: Tester JW, Wood DO, Ferrari NA, editors. Energy and the environment in the 21st Century. Massachusetts: MIT, 1990;
- [4]. Indrie L. – *Utilizarea energiei geotermale*, Referat II, Teza de doctorat;
- [5]. Rybach L. et al – *At What Time Scale are Geothermal Resources Renewable?* Proceedings World Geothermal Congress, Japan, May 28 – June 10, 2000;
- [6]. Rosca M. – *Geothermalism și centrale geotermale*, Ed. Universității Oradea, 1999.
- [7]. Stefansson V. – *The renewability of geothermal energy*, Proceedings World Geothermal Congress, Japan, May 28 – June 10, 2000.