emit gaze ce amplifică efectul de seră, cantitatea acestora este cu mult mai redusă pe unitatea de energie produsă decât cea emisă de către combustibilii fosili.

2. Aplicațiile energiei geotermale

Aplicațiile energiei geotermale sunt foarte variate. Printre acestea se numără: obținerea energiei termice pentru încălzirea locuințelor sau pentru diferite procese industriale, obținerea energiei electrice, încălzirea apei în crescătoriile de peşti, uscarea recoltelor, creşterea plantelor în sere etc.

Conversia energiei geotermale în energie termică

În funcție de natura, temperatura, debitul şi presiunea fluidului existent în sursa geotermală, sistemele de captare şi conversie a energiei geotermale pot fi de diferite tipuri. Astfel, dacă apa geotermală nu prezintă nici un pericol de coroziune sau depunere, aceasta poate fi folosită direct în sistemele de încălzire ca agent termic, sau în alimentarea cu apă menajeră şi industrială. În cazul în care apa geotermală se află la adâncimi foarte mici (până la 80 m) sau există izvoare geotermale cu temperaturi, volum şi debit mare, există posibilitatea montării unei instalații cu schimbător de căldură primar în sondă.

În cazul în care prin forare nu se descoperă nici un zăcământ de apă termală, se poate aplica forajul de adâncime pentru exploatarea unei surse geotermale adânci. În acest caz, agentul termic este pompat în adâncime, preluând căldura curentului geotermal pe traseul spre cel mai adânc loc al forajului. Printr-o conductă forțată, agentul termic încărcat cu energia rocilor ajunge din nou la suprafață din cel mai adânc punct al forajului, unde se poate utiliza în instalațiile de termoficare [7].

Conversia energiei geotermale în energie electrică

În prezent există două tipuri de Centrale electrice geotermale: de tip binar şi pe bază de abur.

Centralele Electrice geotermale pe bază de abur folosesc apă la temperaturi foarte mari - mai mult de 182 ^{0}C. Aburul e obținut dintr-o sursă directă sau prin depresurizarea şi vaporizarea apei fierbinți.

Centralele Electrice Geotermale de tip binar utilizează apă la temperaturi mai mici, între 107 şi 182 ^{0}C. Apa fierbinte îşi cedează energia termică unui fluid secundar, cu punct de fierbere scăzut (cel

mai adesea se utilizează hidrocarburi inferioare precum izobutanul sau izopentanul), cu ajutorul unui schimbător de căldură. Fluidul secundar se evaporă şi pune în mişcare turbinele, iar apoi e condensat şi readus într-un rezervor [5].

Avantajele centralelor geotermale

Principalul avantaj al centralelor geotermale este faptul că energia rezultată este curată pentru mediul înconjurător şi regenerabilă. În plus centralele geotermale nu sunt afectate de condițiile meteorologice şi ciclul noapte/zi. Energia geotermală este şi mai ieftină de obicei decât cea rezultată din combustibili fosili.

Dezavantajele centralelor geotermale

Printre dezavantajele centralelor geotermale se numără creşterea instabilității solului din zonă, putând fi cauzate chiar şi cutremure de intensitate redusă. În plus, zonele cu activitate geotermală se răcesc după câteva decenii de utilizare, deci nu se poate vorbi de o sursă infinită de energie, dar cu siguranță avem de-a face cu surse regenerabile. O explicație pentru răcirea zonelor cu activitate geotermală ar fi şi faptul că centrala geotermală instalată este prea mare pentru capacitatea de încălzire a zonei respective.

3. Evaluarea resurselor geotermale

În prezent, evaluarea resurselor geotermale se poate realiza prin mai multe metode. Una dintre acestea este metoda volumetrică care constă în calculul căldurii înmagazinate într-un volum de rocă şi porii acesteia, raportată la o anumită temperatură (media anuală sau uneori temperatura de 0 ^{0}C) [1].

Această căldură se determină cu ajutorul ecuației:

$$Q=\left[\left(1-\Phi\right)\cdot\rho_r\cdot c_r+\Phi\cdot\rho_f\cdot c_f\right]\cdot V\cdot\left(t_z+t_{ma}\right),$$

unde: $\Phi = \frac{V_p}{V}$ - porozitatea rocii gazdă

V_p [m^3] – volumul total al porilor

V [m^3] – volumul zăcământului geotermal considerat

ρ_r [kg/m^3] – densitatea materialului rocii

c_r [j/kg·K] – căldura masică a materialului rocii

ρ_f [kg/m^3] – densitatea fluidului geotermal

c_f [j/kg·K] – căldura masică a fluidului geotermal

t_z [^{0}C] – temperatura zăcământului

t_{ma} [^{0}C] – temperatura medie anuală [1]

Evaluarea resurselor de energie geotermală se face în scopul comparării acestora (din punct de vedere economic, legislativ, tehnologic) cu alte surse de energie. Această evaluare presupune determinarea estimativă a cantității de energie termică înmagazinată în scoarța terestră dintr-o anumită regiune, care poate fi exploatată şi utilizată în condiții optime.

4. Potențialul şi utilizarea energiei geotermale în România

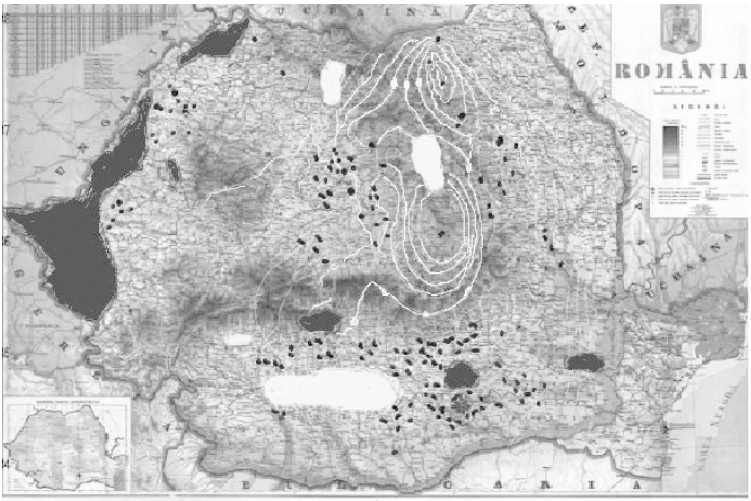
În România, temperatura surselor hidrogeotermale este cuprinsă între 25 şi 125 ^{0}C. Cele mai adânci foraje pentru extracția acestor ape au o adâncime de 3300 m, atinsă în anumite zone precum bazinul geotermal Bucureşti-nord – Otopeni, anumite perimetre din aria Snagov şi Baloteşti. Activitatea de exploatare a zăcămintelor geotermale a început, în România, în anul 1962, primele sonde fiind forate în Oradea, Timişoara, Călacea şi Felix [1], [3].

Exploatarea experimentală a circa 100 de foraje în cursul ultimilor 25 ani a permis realizarea unor evaluări a potențialului energetic al acestui tip de resursă. Utilizarea energiei geotermice extrase este folosită în proporție de 37 % pentru încălzire, 30 % pentru agricultură (sere), 23 % în procese industriale, 7 % în alte scopuri [2]. În cazul exploatării sondelor prin pompare (nu artezian), rezervele confirmate ating valoarea aproximativă de 200.000 TJ într-o perioadă de 20 de ani. În prezent, se utilizează doar 137 MW_t, prin exploatarea a 60 de sonde care produc (artezian) apa geotermală, din totalul puterii instalate a sondelor existente de 320 MW_t [1].

În figura 1 se poate observa localizarea principalelor zăcăminte geotermale de pe teritoriul României. Principalele zăcăminte geotermale din România: în Câmpia de vest sunt localizate cele mai multe zăcăminte geotermale, precum şi în partea de nord-vest, în localitățile Satu Mare, Tăşnad, Acâş, Marghita, Salonta [3].
Principalele zăcăminte geotermale din România sunt:

1. ***Acviferul geotermal Oradea*** – dispus aproape în întregime în subsolul municipiului Oradea, cu o suprafață de aproximativ 75 km^2, dispus la o adâncime de 2200–3200 m. La suprafață, temperatura

apelor geotermale din acest zăcământ creşte de la 70 ^{0}C în partea de est, până la 105 ^{0}C în partea de vest. Temperatura medie ponderată a apei din cele 11 sonde de producție este de 87 ^{0}C în erupție liberă şi 90 ^{0}C în pompaj [2], [3].



Arii cu ape subterane geotermale utilizate pentru încălzire (temperatura de emergență: 60 – 100 ^{0}C)

Geoizotermă la - 3000 m

Sonde adânci în care s-au efectuat determinări de temperatură

Arii de perspectivă cu ape subterane geotermale utilizate pentru încălzire (temperatura de emergență: 40 – 120 ^{0}C)

Fig. 1 Distribuția resurselor geotermale din România [2]

În prezent, în Oradea energia geotermală se foloseşte pentru termoficarea campusului universitar şi pentru 2000 de apartamente, prepararea apei calde menajere pentru 4000 de apartamente şi obținerea energiei electrice într-o instalație experimentală (500 kW_e) de la Universitatea din Oradea. Acest tip de energie se mai foloseşte şi pentru pasteurizarea laptelui (circa 80 000 l/zi), uscarea lemnului sau încălzirea serelor [1].

2. Zăcământul geotermal Băile Felix- 1 Mai. Este alcătuit din complexul I (la adâncimi cuprinse între 45 -175 m) şi complexul II (la adâncimi cuprinse între 200 – 500 m), întins pe o suprafață de

aproximativ 20 km^2. Apa geotermală din acest zăcământ este utilizată pentru balneoterapie şi agrement.

3. Zăcământul geotermal Borş - aflat la o adâncime cuprinsă între 2000 şi 3000 m, este închis tectonic, cu o suprafață de 12 km^2. La adâncimea de 2500 m, fluidul geotermal atinge temperatura de 130 ^{0}C. Deoarece acest zăcământ este închis, apa geotermală extrasă este reintrodusă printr-un puț de injecție.

Temperatura apei geotermale extrase este de 115 ^{0}C şi este folosită pentru încălzirea serelor (6 ha).

4. Acviferul geotermal Panonian – dispus la o adâncime de 800 – 1200 m, pe o suprafață de 2,5 km^2, de-a lungul graniței de vest a României, având ca limite la nord Satu Mare iar în partea sudică Timişoara şi Jimbolia. Temperatura fluidului geotermal este cuprinsă între 50 şi 85 ^{0}C.

Energia geotermală din acest zăcământ este utilizată pentru prepararea apei calde menajere (2200 apartamente), termoficare (2460 apartamente), încălzirea serelor şi în diferite procese industriale.

5. Zăcământul geotermal Ciumeghiu - se afla la o adâncime de 2200 m, între Oradea şi Arad. Fluidul geotermal are temperatura de 105 ^{0}C la suprafață, exploatat cu ajutorul unei singure sonde cu o putere instalată de 5 MW_t.

6. Zăcământul geotermal Otopeni – are o suprafață (cunoscută până în prezent) de 300 km^2 şi este cantonat la nord de Bucureşti. Temperatura fluidului geotermal este de 58 – 75 ^{0}C, folosit pentru termoficare (circa 2000 de apartamente).

7. Zăcământul geotermal de pe valea Oltului *(Cozia – Călimăneşti – Căciulata)* – este exploatat cu ajutorul a 3 sonde care produc artezian apă geotermală cu temperatura de 92-95 ^{0}C.

Printre gazele dizolvate în fluidul geotermal se regăseşte şi metanul care este separat şi valorificat [1], [3].

În tabelul 1 sunt prezentate principalele zăcăminte din România, precum şi cele mai importante caracteristici ale acestora.

Deşi, în prezent se utilizează doar circa 130 MW_t din totalul rezervelor de 200000 de TJ, pe viitor energia geotermală poate deveni o sursă importantă de energie în România.

Numeroase companii prezintă tot mai mult interes în dezvoltarea proiectelor de investiții pentru exploatarea energiei geotermale, printre care se numără şi compania OMW-Petrom, care intenționează să convertească între 5 şi 10 puțuri de extracție a petrolului în sonde de extracție a energie geotermale.

Utilizarea tuturor acestor puțuri epuizate în scopul valorificării energiei geotermale ar putea asigura căldura necesară încălzirii a aproximativ 13000 de locuințe [5], [8].

O soluție pentru optimizarea valorificării energiei geotermale este utilizarea în cascadă a acesteia.

Acest tip de utilizare presupune conectarea diferiților beneficiari în serie la o singură sursă geotermală.

Tabelul 1

Parametrul	**UM**	**Oradea**	**Borş**	**Câmpia de Vest**	**Valea Oltului**	**Oto-peni**
Suprafața	km^2	75	12	2,5	28	300
Adânci-mea	km	2,2÷3,2	2,4÷2,8	0,8÷2,1	2,1÷2,4	1,9÷2,6
Sonde forate	(total)	14	6	88	3	11
Sonde utilizate	-	12	5	37	2	5
Tempera-tura	^0C	70÷105	115	50÷85	92÷96	58÷75
Gradient termic	$^0C/100$	3,5÷4,5	4,5÷5	3,8÷5	4,6÷4,8	1,2÷3,4
Minerali-zație	g/l	0,8÷1,4	12÷14	2÷7	13	2,2
Gaze dizolvate	m^3_N/m^3	0,05	5÷6,5	0,5÷2,5	2÷2,8	0,1
Tipul producției	-	Artezian	Artezian	Artezian + pompaj	Arte-zian	Pom-paj
Debit / sondă	l/s	4÷20	10÷15	4÷18	12÷25	22÷28
Utilizări	Număr	11	2	37	2	2
Putere instalată	MWt	58	25	210	18	32
Rezervoa-re exploa-tabile (pentru 20 de ani)	MW/zi	570	110	470	190	310

5. Concluzii

■ Sursele regenerabile reprezintă o soluție viabilă pentru protecția mediului înconjurător şi pentru siguranța în alimentarea cu energie.

■ Energia geotermală este accesibilă, regenerabilă şi relativ uşor de utilizat în diferite domenii, în special pentru încălzirea locuințelor.

■ În România, sursele hidrogeotermale ating o temperatura de până la 125 ^{0}C, fiind aproape imposibil de utilizat pentru obținerea energiei electrice, dar folosite cu succes prin conversia energiei acestora în energie termică.

BIBLIOGRAFIE

[1] Roşca, M., *Geotermalism şi centrale geotermale*, curs, 1999.

[2] * * * *Studiu privind evaluarea potențialului energetic actual al surselor regenerabile de energie în România*, http://www.minind.ro/domenii_sectoare/energie/studii/potential_energetic.pdf

[3] Roşca, M., *Geothermal energy use in Romania*, Renexpo International Conference, Budapesta, 20 Apr. 2007.

[4] Bălan, M., *Energii regenerabile*, Ed. UT PRES, Cluj Napoca, 2007

[5] * * * *Strategia energetică a României în perioada 2007 – 2020, 16 mai 2007*, http://www.minind.ro/presa_2007/mai/Strategia_16_mai.pdf

[6] * * * http://www.rehau.ro/constructii/infrastructura/caldura.terestra..energie.geotermala/caldura.terestra..energie.geotermala.shtml

[7] Ghergheleş, V., *Energia viitorului. Surse regenerabile*, Editura Mediamira, Cluj Napoca, 2006.

[8] * * * http://ro.wikipedia.org/wiki/Industria_energetic%C4%83_%C3%A En_Rom%C3%A2nia

Daniela - Irina GURZĂU
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
email: daniela.gurzau@yahoo.com
Adrian NECHITA
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
email: nechy_green@yahoo.com
Prof.Dr.Ing. Ioan BIRIŞ
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, membru AGIR
email: ioan.biris@sim.utcluj.ro