

ROMÂNIA
UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” DIN TIMIȘOARA
FACULTATEA DE HIDROTEHNICĂ

Ing. MIHAELA-ANA MITRAȘCĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

*Contribuții la studiul proceselor de tratare
a apelor geotermale*

UNIV. "POLITEHNICA"	
FACULTATEA DE HIDROTEHNICĂ	
NUMERUL	DATA
648	348
Dulap 366	nr. 6

Conducător științific:
Prof.univ.dr.ing. **ION MIREL**

- Timișoara 2006 -

CUPRINS

1. INTRODUCERE	5
1.1. Surse neconvenționale de energie	6
1.2. Energia geotermală – scurt istoric	14
1.3. Necesitatea și oportunitatea utilizării apelor geotermale	17
1.4. Obiectivele cercetării	18
2. STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ZĂCĂMINTELOR GEOTERMALE	19
2.1. Zăcămintele geotermale pe plan mondial	19
2.2. Zăcămintele geotermale din România	25
2.3. Clasificarea apelor geotermale	32
2.4. Caracteristicile fizico-chimice ale apelor geotermale	36
2.4.1. Proprietățile fizice și calorice ale apelor geotermale	36
2.4.1.1. Densitatea	37
2.4.1.2. Capacitatea calorică	38
2.4.1.3. Presiunea de vaporizare	39
2.4.1.4. Tensiunea superficială și vâscozitatea	39
2.4.1.5. Entalpia	40
2.4.2. Proprietățile chimice ale apelor geotermale	41
2.4.3. Caracteristicile fizico-chimice ale apelor geotermale din județul Bihor	46
2.5. Valorificarea energetică a resurselor geotermale	50
2.6. Utilizarea apelor geotermale	53
2.6.1. Încălzirea încăperilor și prepararea apei calde menajere	58
2.6.2. Încălzirea serelor	68
2.6.3. Piscicultura și acvacultura	69
2.6.4. Balneologie	70
2.6.5. Utilizări industriale	70
3. TRATAREA APELOR GEOTERMALE	73
3.1. Considerații generale	73
3.2. Efectele apelor geotermale asupra instalațiilor de transport	74
3.2.1. Influența diferiților factori asupra coroziunii electrochimice	77
3.2.1.1. Natura metalului și coroziunea	77
3.2.1.2. Influența stării suprafeței metalului	77
3.2.1.3. Influența compoziției apei	78
3.2.1.4. Influența temperaturii	80
3.2.1.5. Influența presiunii	81
3.2.1.6. Influența vitezei de curgere a soluțiilor	81
3.2.2. Aprecierea vizuală și criteriul cantitativ principal al distrugerilor prin coroziune	82
3.2.3. Protecția împotriva coroziunii conductelor de transport a apelor geotermale	82
3.2.3.1. Chituri din rășini sintetice	83
3.2.3.2. Protecții prin emailare	85
3.2.3.3. Protecții din materiale plastice și termorigide	85
3.2.4. Efecte ale proceselor de coroziune la forajele geotermale	85
3.2.4.1. Forajul Seleuș, jud. Arad	85
3.2.4.2. Forajul Parc din Oradea, jud. Bihor	87
3.2.4.3. Forajul Palota, jud. Bihor	88
3.2.4.4. Forajul Seră din Oradea, jud. Bihor	89
Contribuții la studiul proceselor de tratare a apelor geotermale	2

	3.2.4.5. Forajul Ioșia din Oradea, jud. Bihor	90
	3.2.5. Materiale recomandate în realizarea rețelelor de transport, distribuție și evacuare a apei geotermale	92
3.3.	Tratarea apelor geotermale cu temperaturi foarte ridicate ($T > 120^{\circ}\text{C}$)	95
	3.3.1. Degazarea apelor geotermale	95
	3.3.1.1. Aspecte de ordin general	95
	3.3.1.2. Compoziția gazelor dizolvate în apa geotermală	96
	3.3.1.3. Eliminarea gazelor din apa geotermală	97
3.4.	Tratarea apelor geotermale cu temperaturi ridicate ($T = 80 \dots 120^{\circ}\text{C}$) și medii ($T = 50 \dots 80^{\circ}\text{C}$)	100
	3.4.1. Dedurizarea chimică a apelor geotermale cu temperaturi ridicate și medii	100
	3.4.1.1. Aspecte de ordin general	100
	3.4.1.2. Decarbonatarea	103
	3.4.1.3. Dedurizarea cu hidroxid de calciu	105
	3.4.1.4. Dedurizarea cu hidroxid de sodiu	108
	3.4.1.5. Procedul termic de dedurizare	109
	3.4.2. Deferizarea și demanganizarea apelor geotermale cu temperaturi ridicate și medii	109
	3.4.2.1. Date de ordin general	109
	3.4.2.2. Proprietăți fizico-chimice ale apei cu conținut de fier și mangan	111
	3.4.2.3. Procesele fizico-chimice care au loc în cadrul deferizării și demanganizării apei geotermale	111
	3.4.2.4. Deferizarea și demanganizarea apelor geotermale prin oxidare și filtrare	113
	3.4.2.5. Procedul de deferizare-demanganizare a apelor geotermale prin dublă filtrare	115
	3.4.2.6. Deferizarea și demanganizarea apei direct în stratul acvifer	116
3.5.	Tratarea apelor geotermale cu temperaturi mai reduse ($T < 50^{\circ}\text{C}$)	117
	3.5.1. Dedurizarea apelor geotermale prin metode clasice	117
	3.5.1.1. Dedurizarea cu carbonat de sodiu	117
	3.5.1.2. Dedurizarea cu mase cationice	118
	3.5.1.3. Procedee combinate de dedurizare	130
	3.5.1.4. Precipitarea sulfatilor	130
	3.5.1.5. Precipitarea fosfaților	131
	3.5.1.6. Precipitarea metalelor	131
	3.5.1.7. Eliminarea siliciului	132
	3.5.2. Deferizarea și demanganizarea apelor geotermale prin metode clasice	133
	3.5.2.1. Aspecte de ordin general	133
	3.5.2.2. Procedul de oxidare prin aerul atmosferic	135
	3.5.2.3. Procedul de oxidare cu reactivi chimici	136
	3.5.2.4. Procedul cu mase cationice	137
	3.5.2.5. Stabilizarea fierului și a manganului în apă	137
3.6.	Tratarea apelor geotermale după utilizare, înainte de evacuarea în emisarii naturali	137
	3.6.1. Defenolizarea apelor geotermale	138
	3.6.2. Răcirea apelor geotermale	140
	3.6.2.1. Răcirea apelor geotermale, utilizând pompe de căldură	140
	3.6.2.2. Răcirea apelor geotermale pe baza schimbului de căldură în atmosferă	141

4. CERCETĂRI ȘI REZULTATE EXPERIMENTALE	146
4.1. Considerații de ordin general	146
4.2. Caracteristicile cantitative și calitative ale surselor geotermale între cursurile de apă Crișul Negru și Someș	148
4.2.1. Sonde care produc din Pannonianul Superior	149
4.2.2. Sonde care produc din Pannonianul Superior și Inferior	151
4.2.3. Sonde care produc din Pannonianul Inferior	152
4.2.4. Sonde care produc din Miocen	152
4.2.5. Sonde care produc din Mezozoic (alimentat)	153
4.2.6. Sonde care produc din Mezozoic (etanș)	154
4.3. Perimetrul de exploatare geotermală Săcuieni, jud. Bihor	155
4.3.1. Caracteristicile apelor geotermale din perimetrul Săcuieni, jud. Bihor	155
4.3.2. Tehnologii de tratare a apelor geotermale din perimetrul Săcuieni, jud. Bihor	163
4.3.2.1. Dedurizare – decarbonatare	163
4.3.2.2. Degazarea	163
4.3.3. Valorificarea apelor geotermale din perimetrul Săcuieni	164
4.4. Perimetrele de exploatare geotermală Salonta și Ciumeghiu, jud. Bihor	165
4.4.1. Caracteristicile apelor geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu, jud. Bihor	165
4.4.2. Tehnologii de tratare a apelor geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu, jud. Bihor	173
4.4.3. Valorificarea apelor geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu, jud. Bihor	174
4.5. Perimetrul de exploatare geotermală Marghita, jud. Bihor	176
4.6. Perimetrul de exploatare geotermală Borș-Sântion, jud. Bihor	181
4.6.1. Caracteristicile hidrochimice și gaze asociate cu apa geotermală	182
4.7. Perimetrul de exploatare geotermală Băile Felix - Băile 1 Mai, jud. Bihor	188
4.7.1. Caracteristicile apelor geotermale din perimetrul Băile Felix - Băile 1 Mai, jud. Bihor	188
4.7.2. Utilizarea și valorificarea apelor geotermale din perimetrul Băile Felix - Băile 1 Mai, jud. Bihor	189
4.8. Perimetrul de exploatare geotermală Oradea, jud. Bihor	191
4.8.1. Caracteristicile apelor geotermale din perimetrul Oradea, jud. Bihor	191
4.8.2. Echiparea sondelor și caracteristicile producției de apă geotermală	196
4.8.3. Caracteristicile exploatării sondelor cu consumatori termici cuplați	197
4.8.4. Scheme de utilizare și consumuri termice deservite din sondele geotermale active din perimetrul Oradea	198
4.9. Studiu de caz privind încălzirea și prepararea apei calde menajere la hotel „Elite” din Oradea, folosind ca agent termic apa geotermală	224
4.9.1. Situația existentă	224
4.9.2. Varianta proiectată	224
4.9.2.1. Instalația de încălzire centrală la hotel „Elite” din Oradea	227
4.9.2.2. Oportunitatea adoptării soluției cu apă geotermală	232
4.10. Aspecte legate de protecția mediului	235
5. CONCLUZII FINALE	237
5.1. Conținutul lucrării	237
5.2. Contribuții personale	238
5.3. Perspective	239
BIBLIOGRAFIE	240
Contribuții la studiul proceselor de tratare a apelor geotermale	4

1. INTRODUCERE

Apa a fost și este chintesența vieții pe planeta noastră, fără de care nimic nu ar exista astăzi. Celula vegetală conține 90% apă, iar cea animală 70% apă. Natura și-a elaborat în decursul milioanei de ani, un mecanism uimitor în perfecțiunea sa de a păstra echilibrul în circuitul apei. Noi, oamenii, am reușit într-un timp extrem de scurt să deregăm atât de sensibil natura, încât apa atât de necesară vieții, se împuținează din ce în ce mai mult. Lacurile, râurile, mările, apa subterană, chiar și apa de ploaie (înainte de a intra în contact cu solul), sunt tot mai mult afectate de sursele de poluare.

În ultimii ani, ca urmare a unei conștientizări a stadiului înaintat de distrugere a resurselor de apă, se încearcă o apropiere și studiere mai aprofundată a principiilor și a legilor naturale.

Reîntoarcerea umanității de la stadiul ultra-mecanizat și tehnicizat, la o civilizație care conștientizează rolul vital al naturii, face ca în toate domeniile, soluțiile care integrează și protejează mediul, să fie apreciate și considerate de avangardă.[5][6]

Un aspect important în privința repartiției resurselor de apă, cu rol important în menținerea vieții pe Pământ, este faptul că 97,3% din volumul hidrosferei este constituit din apă sărată, cu o utilizare limitată și numai 2,7% reprezintă apa dulce, în care sunt incluse apele subterane, cele din ghețari, apa lacurilor și apa din râuri, umezeala din sol și din atmosferă, precum și apa din plante. Din cantitatea totală de apă dulce, o bună parte se află sub formă inaccesibilă, rezultând astfel o cantitate și mai mică a resurselor disponibile, ce pot fi utilizate în condițiile actuale.

Apa dulce are următoarea repartizare:

- 77,2% calote glaciare și ghețari;
- 22,4% ape subterane și umiditatea solului;
- 0,35% lacuri și mlaștini;
- 0,04% umiditatea atmosferică;
- 0,01% râuri.

Având în vedere faptul că apa este componenta de bază a vieții, cunoașterea caracteristicilor sale sub aspect fizic, chimic, biologic și bacteriologic, sunt de o importanță decisivă. Deoarece apa naturală este o componentă complexă, cu implicații atât biologice cât și

tehnice, analizele de laborator ale acestora ridică probleme de importanță și responsabilitate deosebită.

O metodologie analitică adecvată pentru determinarea concentrațiilor compușilor aflați sub formă de urme în apele naturale, este de natură să aducă mari servicii, atât valorificărilor biologice și tehnologice, cât și pentru protecția acestora, ca și componentă de bază a mediului înconjurător.

Apa este factorul de mediu generator de sisteme ecologice și de „materie primă” pentru anumite folosințe ca: apa potabilă, apa industrială, piscicultură, agrement etc.

Ținând seama de cele două caracteristici principale ale apei ca factor de mediu și de materie primă, cunoașterea evoluției parametrilor cantitativi și calitativi sunt activitățile specifice, ce se desfășoară sistematic și periodic, la scară zonală și națională, în scopul obținerii elementelor fundamentale și elaborarea deciziilor în domeniul gospodăririi apelor.

În privința *apelor geotermale*, proprietățile fizico-chimice vor determina modalitățile de utilizare a acestora în energetică, industrie, agricultură sau chiar ca apă menajeră de consum.

1.1. Surse neconvenționale de energie

Problema fundamentală a omenirii, de-a lungul istoriei, a fost cea a resurselor de energie. Resurse energetice utilizate pe parcursul dezvoltării omenirii, au fost energia termică, obținută direct prin arderea combustibililor solizi, energia animală, energia vântului și cea a cursurilor de apă. Astfel, secolul al XIX – lea, a fost considerat secolul aburului, secolul al XX – lea a fost cel al electricității obținute pe bază de abur, gaze, căderi de apă și energie nucleară, iar secolul al XXI – lea va fi considerat cel al energiilor neconvenționale, bazate pe valorificarea energiilor: solară directă, eoliană, geotermală, a apei și cea a biomasei.[86][1][16][19]

Dar ce înseamnă surse neregenerabile? Petrolul și cărbunele, ca materii prime cu un conținut energetic ridicat, s-au format cu câteva milioane de ani în urmă, din resturi vegetale și animale. Ca să dispunem de aceleași cantități pe care omenirea le-a consumat până acum, ar trebui să așteptăm încă câteva milioane de ani. Practic, aceste rezerve nu se mai îmbogățesc, noi vom utiliza numai ce există acum în subsol. Se spune că aceste surse de energie sunt neregenerabile. În schimb, există surse care, practic, pot furniza energie dacă nu la infinit, măcar pe perioade mai mari de timp.[79][86]

Utilizarea energiilor regenerabile se face în mod descentralizat, utilizatorul „culegând” direct energia, în vederea utilizării ei.

În categoria energiilor neconvenționale sunt incluse energia solară, energia eoliană, energia geotermală, energia valurilor, energia pământului, biogazul și altele.

Aceste tipuri de energii s-au regăsit în economia multor țări, mai ales după anul 1970, odată cu declanșarea crizei energetice pe plan mondial. O serie de țări, cum ar fi: Germania, Franța, Danemarca, China, India, SUA etc. au utilizat, în forme separate sau combinate aceste energii neconvenționale. Danemarca, spre exemplu, o țară cu un potențial economic bine dezvoltat, utilizează, în paralel cu energiile convenționale și o bună parte din energiile neconvenționale (energia solară, energia eoliană, energia geotermală, energia valurilor, energia pământului, dar și biomasa).

R.P. Chineză are în prezent, peste 1,2 milioane instalații producătoare de biogaz, utilizate atât în gospodăriile individuale, în cvartale de locuințe, dar și la o serie de colectivități și chiar la unele instalații industriale.

În țări precum Franța și SUA se utilizează, pe scară largă, energia eoliană, energie ce s-a introdus în sistemul energetic național.

În România, dintre energiile neconvenționale, cea mai frecvent utilizată este energia geotermală. Aceasta se utilizează, îndeosebi în zona de vest a țării, pentru încălzitul locuințelor, a serelor, a bazinelor de înot etc. Un alt tip de energie care se mai utilizează în țara noastră este energia eoliană, instalațiile eoliene de pe muntele Semenic fiind conectate și ele la sistemul energetic național.[37][38][41]

Ținând cont de faptul că instalațiile de încălzire din diferite tipuri de clădiri, consumă 35,7% din consumul total de energie pe glob, rezultă importanța și necesitatea utilizării pentru alimentarea cu căldură a clădirilor, a unor forme neconvenționale de energie regenerabile, cu scopul de a reduce consumul de energii convenționale, neregenerabile.

Sursele de energie utilizate, se pot clasifica pe mai multe grupe:

- Care nu se regenerează:
 - Energia materiilor fosile (țiței, gaze naturale, cărbune);
 - Energia nucleară.
- Care se regenerează:
 - Energia solară;
 - Energia eoliană;
 - Energia hidrolică;
 - Energia biologică (a materiilor vegetale, biogazul);
 - Energia valurilor;
 - Energia mareelor;
 - **Energia geotermală.**
- Energia recuperată:
 - În sisteme de recuperare;

- Cu pompe de căldură;
- Biogazul;
- Din prelucrarea gunoaielor și resturilor menajere și industriale.
- Energia economisită:
 - Prin izolații termice;
 - Prin creșterea randamentului utilajelor;
 - Prin raționalizarea consumului.

Desigur, această clasificare poate fi extinsă, sau făcută și pe alte principii.

Energia solară. Soarele este un corp incandescent, având în interior o temperatură de 10-15 milioane grade Kelvin, iar la suprafață de aproximativ 6000 grade Kelvin. Ca urmare a acestei temperaturi, are loc o radiație solară în spațiul cosmic.

Energia solară este o radiație electromagnetică similară undelor radio, dar cu o bandă de frecvență diferită. Cantitatea de energie solară la suprafața atmosferei terestre, este de aproximativ 1367 W/m^2 . La trecerea prin atmosfera terestră într-o zi senină, cantitatea de energie solară disponibilă pe suprafața pământului, în direcția soarelui, este de 1000 W/m^2 . Energia solară disponibilă depinde, în primul rând, de poziția soarelui față de Pământ și de condițiile atmosferice (prezența norilor).

Deși cantitatea maximă de energie solară revine lunilor de primăvară-vară, radiația solară se poate utiliza cu o eficiență satisfăcătoare și în perioada lunilor de toamnă și de iarnă.

Utilizarea radiației solare se face printr-un proces complex, care include mai multe etape: captarea radiației solare, concentrarea ei, conversia/transformarea în alte forme de energie, transportul și consumul ei la utilizator.

Conversia energiei din radiația solară, se face sub diferite forme de energie: termică, electrică, mecanică, biologică (reacțiile de fotosinteză) și chimică.

Energia solară se utilizează pentru producerea de căldură, prin metode de conversie pasivă sau activă, sau la furnizarea de energie electrică, prin sisteme fotovoltaice.

Sistemele solare cu captatoare termale active se folosesc, de obicei, pentru prepararea apei calde menajere în locuințe individuale.

În cazul utilizării sistemelor solare pasive, nu este necesar un nivel foarte ridicat al radiațiilor solare, deoarece acestea pot funcționa și în zone geografice mai puțin atractive din punct de vedere al intensității radiației solare.

În cazul utilizării energiei solare sub formă de sursă de energie electrică, conversia energiei solare în energie electrică se realizează cu instalații fotovoltaice, care cuprind o serie de module solare, cu configurații și dimensiuni diferite.

Energia solară, în raport cu celelalte tipuri de energii convenționale, prezintă următoarele avantaje:

- Este o sursă care, practic, devine gratuită după recuperarea cheltuielilor inițiale de investiții;
- Amortizarea investiției se poate face într-un interval de timp relativ scurt, comparativ cu costurile cerute de implementarea energiilor convenționale;
- Eficiența ridicată a captatoarelor solare în regim hibrid, comparativ cu celelalte sisteme convenționale sau neconvenționale de energie;
- Reprezintă o rezervă nelimitată de energie;
- Este o sursă nepoluantă de energie.

Energia eoliană este rezultatul mișcării curenților atmosferici. Mărimea energiei eoliene este determinată de viteza, durata, structura și direcția vântului.

Vântul natural este rezultatul mișcării curenților de aer de-a lungul suprafeței Pământului, stratul de aer putând atinge mai mulți kilometri grosime. Această mișcare se manifestă prin creșteri periodice și prin șocuri neregulate.

Vântul nu este altceva decât mișcarea orizontală a aerului. Vântul nu este un curent stabil, viteza lui putând varia de la o rafală până la acalmie, sau alternativ, ca urmare a mișcării maselor de aer și a direcției în care acesta se deplasează.

Viteza vântului crește rapid și neuniform, de la suprafața Pământului în sus.

Durata vântului reprezintă intervalul de timp de la începerea și până la încetarea vântului, fiind exprimată prin diferite praguri de viteză. Durata vântului este funcție de diferența de presiune atmosferică, iar când presiunea se egalează, se ajunge la un echilibru între masele de aer.

După mărimea vitezei și caracterul mișcării aerului, vântul poate avea o structură laminară, turbulentă sau în rafale.

Energia eoliană este inclusă în categoria energiilor neconvenționale, fiind puțin costisitoare, deoarece investițiile se pot amortiza într-un timp relativ scurt, ceea ce face ca, în continuare, energia produsă să fie relativ gratuită.

Energia geotermală. Ce este *energia geotermală*? Pământul absoarbe, în fiecare zi, o anumită cantitate de energie solară, pe care o acumulează în interiorul scoarței sale; energia geotermală este dispersată în adâncul Pământului; energia geotermală se găsește în pământ, la orice adâncime: în sol, în pânza de apă freatică, în apele de adâncime, în magma vulcanică, în roci. Primele straturi ale scoarței Pământului suferă variații de temperatură, determinate de anotimp, oscilații care se resimt până la o adâncime de 7 m – în funcție de latitudine și de componenta geologică – unde se stabilește un palier izotermic de cca. 12-13°C. De la această

cotă, temperatura scoarței terestre crește cu cca. 1°C la fiecare 30 m, ajungând în apropiere de centru la mii de grade, aspect ce face ca temperatura din interiorul scoarței pământului să fie constantă, pe un palier foarte mare (de la 7 m la câțiva km) în timpul anului, fără ca temperatura de la suprafață să aibă vreo importanță.[47][56][58]

Energia geotermală este energia termică provenită din apele de adâncime ale Pământului. Energia geotermală utilizează căldura Pământului și este folosită pentru o serie de aplicații practice, cum ar fi pompele de căldură geotermale sau cele pentru producția de electricitate. Localizarea resurselor geotermale se face prin explorări geologice, geochimice și geofizice.[42][43]

Zăcămintele geotermale se pot clasifica în funcție de forma în care se află fluidul purtător al apei, în trei tipologii de sisteme:

- ✓ Sisteme hidrotermice;
- ✓ Sisteme geopresurizate;
- ✓ Sisteme de rocă fierbinte.

Sistemele hidrotermice au în interior, în formă naturală, fluidul calopurtător. Acest fluid se află în stare lichidă sau în stare de abur, în funcție de condițiile de presiune și temperatura din interiorul zăcămintului.

Sistemele geopresurizate se află la o adâncime mai mare, din care cauză apa lichidă este supusă unei presiuni mari, de până la 1000 bari, temperatura apei fiind cuprinsă între 150...200°C, iar gradul de salinitate fiind foarte ridicat.[84]

Sistemele de rocă fierbinte sunt alcătuite din formațiuni de rocă impermeabile, care au temperaturi cuprinse între 150°C și 300°C, fără ca în interiorul lor să existe vreun fluid care să le traverseze. Încălzirea rocilor este datorată apropierii de punji magmatice. Aceste sisteme sunt cele mai numeroase dintre cele trei menționate și reprezintă 85% din totalul resurselor geotermale.

În cazul țării noastre, cele mai importante resurse de ape geotermale, cu temperaturi cuprinse între 40...130°C, se află în Câmpia de Vest, resurse care au fost și sunt utilizate pentru diferite scopuri, asigurându-se astfel economii de combustibil convențional.[21][62][76]

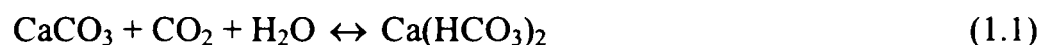
Exploatarea intensă a apelor geotermale impune o cunoaștere cât mai exactă a zăcămintelor, din punct de vedere cantitativ, calitativ și hidrodinamic, iar gradul de eficiență fiind determinat de mărimea debitului, a temperaturii, precum și de compoziția chimică a apei.

Calitatea apelor geotermale trebuie privită sub aspectul stabilității și al compatibilității cu elementele componente ale instalațiilor de valorificare a apelor geotermale, deoarece acestea conțin gaze sub formă de metan și de dioxid de carbon, precum și o serie de substanțe chimice și diferite alte gaze dizolvate.

Un fenomen frecvent întâlnit în exploatarea apelor geotermale, îl constituie formarea crustelor din zona superioară a forajului, atât pe conductele de distribuție, cât și pe suprafețele instalațiilor interioare de încălzire.

Când apa conține o cantitate mai mare de CO₂, surplusul de CO₂ față de poziția de echilibru îl face agresiv la contactul cu elementele instalației.

Agresivitatea acestuia asupra calcarului se resimte până la stabilirea stării de echilibru. Prin atacarea calcarului se formează Ca(HCO₃)₂, după următoarea reacție:



Când apa conține o cantitate de dioxid de carbon inferioară stării de echilibru, se produce depunerea de CaCO₃ pe seama bicarbonatului, eliberându-se CO₂, până la restabilirea echilibrului.

Apa termală ajunge la suprafață în condiții de presiune și temperatură diferite de cele din zăcământul subteran. Ca urmare a acestor modificări, la un moment dat, CO₂ de echilibru începe să iasă din soluție, iar bicarbonații de calciu încep să se descompună, pentru a stabili un nou echilibru chimic, corespunzător presiunii parțiale a CO₂ de echilibru rămas în soluție, după care începe precipitarea CaCO₃ sub formă de crustă, care se depune pe pereții coloanei. Imediat după ce presiunea scade sub valoarea critică, începe formarea crustei.

Depunerea carbonaților se poate realiza prin stagnarea apei, timp de 30...60 minute, într-un rezervor tampon de degazare.

Pentru prevenirea depunerii crustei pe sondă, se impune menținerea apei la pH-ul de echilibru, lucru realizabil în unele cazuri, prin asigurarea unui conținut corespunzător de CO₂ dizolvat.[81][82]

Apele geotermale pot avea aplicații directe, indirecte și mixte. Cea mai frecventă utilizare o întâlnim la încălzirea spațiilor de locuit sau ca apă caldă menajeră.

În ceea ce privește efectele asupra mediului înconjurător, trebuie urmărite două aspecte și anume: la evacuarea în emisar a apei calde cu conținut de săruri și/sau fenoli, ce poate influența flora și fauna acvatică, precum și cantitățile de emisii eliberate în aer. Comparativ cu celelalte tipuri de energii convenționale, energia geotermală produce mult mai puține emisii în aer sau chiar deloc.[80][81]

Energia geotermală este, deci, o sursă neconvențională de energie, care contribuie la economisirea unor cantități importante de combustibili lichizi și gazoși. Această utilizare se poate face numai după o studiere atentă și corectă a ansamblului de factori calitativi, cantitativi, sociali, ecologici și economici, în vederea găsirii soluțiilor optime.[48]

Energia apei. Cursurile de apă reprezintă masele de apă care se deplasează pe suprafața pământului și formează o sursă de energie, care poate fi utilizată de om. Energia apelor curgătoare pune în mișcare morile de apă, dar și turbinele centralelor hidroelectrice. În stare naturală, această energie se pierde, datorită frecărilor cu albia, transportului aluviunilor, schimbării direcției râului etc.

În lungul cursurilor de apă, puterea și energia hidraulică variază în spațiu și timp, mărimi care se stabilesc pe bază de măsurători sistematice, efectuate pe principalele cursuri de apă, de-a lungul mai multor ani.

Pe cursul râurilor mici și al pâraielor, asemenea măsurători nu există și pentru a putea valorifica energia acestor cursuri de apă, trebuie cunoscute diferențele de nivel (H) și debitele de apă (Q) scurse între două secțiuni date, într-o anumită perioadă de timp.

Pentru a se putea utiliza energia hidraulică disponibilă, este necesar ca diferențele de nivel să fie concentrate pe distanțe cât mai scurte, ca apoi, cu ajutorul unei mașini hidraulice, energia apei să se transforme în energii utilizabile: mecanică și/sau electrică.

Centralele și microcentralele hidroelectrice asigură transformarea energiei hidraulice a apelor curgătoare în energie electrică.

Energia biomasei. Prin biomasă se înțeleg reziduurile de la creșterea animalelor, deșeurile industriei alimentare, resturile vegetale provenite din agricultură și silvicultură, deșeurile menajere etc. Atunci când aceste reziduuri sunt prezente în cantități foarte mari, ele devin o sursă de poluare atât pentru oameni, cât și pentru mediul înconjurător. Printr-o prelucrare adecvată, reziduurile organice pot fi utilizate pentru producerea de biogaz, înlocuind astfel o parte din combustibilii convenționali, iar materialul fermentat reprezintă un valoros îngrășământ pentru culturile agricole.

Energia obținută din biomasă este o energie regenerabilă și teoretic, inepuizabilă.

Cea mai simplă și rapidă cale de obținere a energiei termice (căldurii), este prin arderea plantelor uscate. Energia termică poate fi transformată, la rândul ei, într-o forță motrică sau în electricitate.

Biogazul este un produs al fermentării anaerobe a produselor organice. El se produce în natură, pe fundul bălților și al lacurilor, ieșind la suprafață sub formă de bășicuțe. Este cunoscut de multă vreme și în popor este denumit gaz de baltă sau de gunoi, deoarece ia naștere și în timpul fermentației gunoaielor.

Deșeurile cu conținut organic, degradabile prin fermentare anaerobă, sunt constituite din resturile alimentare și vegetale, dejecții și deșeurii animaliere, nămolurile organice de la epurarea apelor uzate orășenești, cât și cele de la industria alimentară etc.

Biomasa solidă este constituită din plante uscate, tufărișuri, frunze, crengi de copaci și din deșeuri solide urbane (textile, hârtie, cartoane etc.). Materiile organice prezente în deșeurile solide menajere pot fi împărțite în două categorii:

- ✓ Materii organice care se descompun rapid (3 luni – 1 an);
- ✓ Materii organice care se descompun lent (>50 ani).

Deșeurile uscate și bine compactate se pot păstra, în forma lor inițială, foarte mulți ani după ce au fost îngropate.

Biodegradabilitatea componentelor organice a deșeurilor menajere este determinată de umiditatea acestora. Umiditatea optimă, pentru conversia materiilor organice biodegradabile este de 50-60%. Umiditatea depozitelor de deșeuri fiind neuniform distribuită, procesele de descompunere a biomasei solide se extind pe perioade mari de timp.

Biomasa lichidă este constituită din dejecțiile animaliere și fecalele umane, sau din nămolurile apelor rezultate de la epurarea apelor uzate orășenești și a celor provenite de la industria alimentară.

În cadrul proceselor de fermentare anaerobă, biomasa lichidă se descompune cu formarea de gaze, constituite din CH_4 , CO_2 , H_2S și apă. În cazul în care conținutul de CH_4 din gazele de fermentare depășește 65-70% și CO_2 este de peste 25-30%, gazul format arde susținut, purtând denumirea de biogaz.

Biogazul produs din biomasa lichidă poate fi obținut în instalații de tip gospodăresc (individuale) sau în instalații de tip industrial.

Fermentarea anaerobă în aceste instalații, are loc sub acțiunea a două specii distincte de microorganisme (bacteriile facultativ anaerobe și bacteriile obligat anaerobe), care se dezvoltă simultan, în același mediu.

Bacteriile facultativ anaerobe produc, prin intermediul enzimelor extracelulare, lichefierea materiilor insolubile și apoi, descompunerea substanțelor organice complexe, în substanțe organice simple (acizi grași, aminoacizi ș.a.). Faza de lichefiere sau faza acidă a fermentării, care se dezvoltă în prima etapă, este un proces rapid și mai puțin sensibil la condițiile de mediu.

Bacteriile obligat anaerobe se dezvoltă în cea de-a doua fază a fermentării, denumită și faza de gazeificare sau faza metanică, care este specifică pentru formarea biogazului. Produsele fazei acide sunt transformate, prin activitatea enzimelor intracelulare în metan și dioxid de carbon. Această etapă se desfășoară lent și este sensibilă la condițiile de mediu.

Fermentarea anaerobă este un proces complex, influențat de caracteristicile fizico-chimice ale materialelor supuse fermentării, dar și de condițiile de exploatare a fermentatoarelor.

Producția și calitatea biogazului sunt determinate de natura și compoziția reziduurilor organice supuse fermentării, de temperatura la care se produce aceasta și de alți factori chimici, mecanici, hidraulici etc.

1.2. Energia geotermală – scurt istoric

Cele mai vechi utilizări ale căldurii apelor geotermale au fost balneologia și crenoterapia sau, în limbajul comun, băile fierbinți și „luarea de ape” pentru așa-numitele motive medicinale. Vechii greci și romanii, foloseau mult izvoarele calde și fierbinți, care, pe lângă confortul adus de băile fierbinți, păreau a poseda proprietăți tămăduitoare și profilactice, atunci când erau aplicate extern, și uneori serveau pentru uz intern sau erau folosite la spălături. Baia romană a devenit o instituție (termală) nu numai ca un centru de sănătate al oamenilor, dar și ca focar al relațiilor sociale, obicei care a fost reînnoit în secolele XVIII și XIX, când au apărut o mulțime de „locuri cu apă”, ca locuri de adunare pentru invalizi și pentru lumea mondenă.[56][14]

În Imperiul Otoman, în Japonia, Mexico și Noua Zeelandă, uneori, apele termale erau folosite în scopuri curative și igienice. Balneologia și crenoterapia au înflorit în acele zile. În 1971, în Italia, 15 milioane de pacienți au fost tratați la mai mult de 200 de clinici specializate, în timp ce în fosta URSS sunt tratați anual, cu ape termale, mai mult de 10 milioane de oameni.[56][13]

O altă veche aplicație practică a apelor geotermale, a fost extracția de chimicale. Etruscii obțineau acidul boric din izvoarele fierbinți de lângă Velatri (modernul Volterra), și-l foloseau pentru splendide emailuri sau pentru decorarea vaselor. Din secolul al XIII-lea, sulful, vitriolul și alaunul au fost extrase din aceleași izvoare de către italieni. La începutul secolului al XVI-lea, Cortez a folosit sulful depozitat în vârful vulcanului Popocatepetl, pentru a-și face farfurii sau praf de pușcă, în timpul cuceririi Mexicului. În anul 1818, Francesco Lardekel realizează o prosperă industrie de acid boric în Toscana, folosind izvoarele fierbinți, care fuseseră exploatare de etrusci cu aproximativ 2 milenii și jumătate în urmă.[13][56]

Energia geotermică a atras atenția Lordului Kelvin, în secolul al XIX-lea, care a avansat o serie de teorii, pentru a explica căldura interioară a pământului. Deși au devansat cu aproximativ 10 ani descoperirea radioactivă a lui Becquerel din 1896, teoriile lui Kelvin pentru estimarea vârstei Pământului și estimarea căldurii terestre, au fost bazate, în special, pe concepțiile fizice clasice ale secolului al XIX-lea. Ei nu au reușit să explice saturarea energiei geotermale, dar cu siguranță că au direcționat multe idei înspre căutarea misterelor căldurii subterane.[56][13]

În anul 1904, Sir Charles Parsons, eminentul inginer al cărui nume este asociat cu exploatarea turbinei cu aburi și cu telescopul astronomic, a pledat în favoarea săpării unui puț la o adâncime de 12 mile în Pământ, la un preț de cost de 5 milioane, o sumă considerabilă pentru acea perioadă. El aprecia că această muncă ar dura 85 de ani, și că ar contribui, în mare măsură, la cunoașterea structurii Pământului și a caracteristicilor sale termale. El și-a denumit ideea „Proiect de exploatare a iadului”. [56]

În același an (1904), a fost inițiată epoca geotermalismului, când prințul Piero Conti a promovat, pentru prima oară, generarea de curent electric în zona Lardello din Toscana. După câteva încercări nereușite de a o utiliza, cu ajutorul unor motoare convenționale cu abur natural, care au eșuat din cauza coroziunii rapide, a fost dată în funcțiune cu succes, în 1913, o centrală electrică de 250 kW, care utiliza aburul curat, obținut cu ajutorul unui schimbător de căldură, din aburul natural, murdar. Treptat, prin introducerea de materiale de calitate îmbunătățită, problemele chimice au fost depășite, astfel încât aburul natural să poată fi alimentat direct la turbină, fără schimbătorul de căldură intermediar, contribuind astfel la diminuarea pierderilor de căldură. Până la începutul anilor 1940, au fost realizați aproximativ 130 MW, în vecinătatea localității Lardello. Această centrală, prima de acest fel din lume, a fost distrusă total în timpul războiului, dar curând după instaurarea păcii în Europa, ea a fost reconstruită și exploatarea s-a extins și în alte zone din apropiere. Astăzi, complexul de câteva centrale electrice geotermale din Toscana, furnizează sistemului de electricitate italian mai mult de 400 MW. [56][13][14]

Începând cu anul 1950, Noua Zeelandă a urmat exemplul Italiei, exploatând o centrală geotermală de 192 MW la Wairokei, în Irlanda de Nord. Problemele tehnice din Noua Zeelandă au fost diferite față de cele apărute în Italia, în sensul că aburul de la Wairokei era „umed”, în timp ce aburul de Lardello era „uscat”. [14]

După câțiva ani, California a construit, în etape, cel mai mare grup de centrale geotermice din lume. Acestea, asemenea centralelor italiene, folosesc aburul „uscat”. Sunt în exploatare mai mult de 500 MW. O serie de alte țări au început acum să își exploateze resursele geotermale, iar producerea de electricitate din căldura terestră a devenit, acum, unul din faptele de viață bine determinate.

Energia electrică *nu este singura aplicabilitate modernă a apelor geotermale*. Înainte chiar de a fi produsă energie electrică în Italia, energia geotermală a fost folosită pentru încălzirea locuințelor. Furnizarea de apă caldă din sursele geotermale în Irlanda, Japonia, Italia, Idaho și Oregon (SUA), era practică din ultimii ani ai secolului XIX. Prima apariție, pe scară largă, sub această formă, a exploatării geotermale, a avut loc prin anul 1930, când a fost instalat la Reykjavik din Islanda, primul sistem rețea de apă caldă, alimentat din apele subterane naturale, sistem care a fost folosit pentru termoficare și ca apă pentru consumul menajer. Acest

sistem a crescut neconținut, până când toate casele din Reykjavik au fost dotate cu acest serviciu, care, din punct de vedere economic, era foarte competitiv față de sistemele de încălzire menajere pe bază de combustibil, chiar și înaintea creșterii prețului combustibilului, în anii 1970.

În paralel cu încălzirea spațiilor de locuit, apele geotermale și-au găsit o largă utilizare, în timpul secolului XX în agricultură, horticultură, piscicultură și în zootehnie. În Islanda, până în 1975, 1400000 mp de culturi agricole în sere, au fost încălzite cu ape geotermale, în care au fost crescute cu succes fructe, legume, flori, într-o țară cu o climă care, în condiții normale de temperatură, ar fi făcut imposibilă o astfel de realizare. Beneficiile obținute s-au reflectat în balanța comercială a acestei țări, dependentă, în mod normal, de manufacturi. În Ungaria, de exemplu, se folosesc nu mai puțin de 1,7 milioane mp de sere încălzite cu ape geotermale. Aplicații în industria agricolă și horticolă ale căldurii terestre se practică în fosta URSS, Japonia, SUA, și în paralel și în alte părți; în Japonia, de exemplu, se practică ca și o atracție turistică, creșterea peștilor, a animalelor exotice într-un climat ce diferă foarte mult de acela al mediului lor original. Spălarea și uscarea lânii și biodegradarea deșeurilor biologice sunt alte activități gospodărești uzuale. De asemenea, s-au dezvoltat tehnici de conducere a aerului, în scopul încălzirii spațiilor și se mai folosește și răcirea geotermală ca un suport al agriculturii, pentru conservarea produselor.[13][14][56]

Aplicațiile directe ale căldurii resurselor energetice geotermale sunt mult mai importante decât generarea de electricitate.

Deoarece căldura de la resursele geotermale poate fi expedită și recepționată, folosită la aceeași temperatură, pierderile de potențial termodinamic sunt mici sau nule.

Utilizarea resurselor energetice geotermale ca și căldură în sens direct, este un element important în politica de conservare a energiei și în politica gazului natural. Înalta eficiență a cuplajului dintre disponibilitatea termodinamică la temperatura resursei geotermale medie sau scăzută și consumatorii căldurii directe, relevă faptul că folosirea acestei resurse promovează politici de conservare, care urmăresc să îmbunătățească eficiența utilizării resurselor. Percepția conservării energiei este, într-adevăr, aceea care urmărește conservarea unor resurse neregenerabile.

Resursele de energie geotermale vor înlocui gazul natural, țițeiul și cărbunele ca surse de căldură directe, pentru anumite categorii de consumatori. Combustibilii fosili disponibilizați vor putea deveni disponibili, pentru alocarea sau transferul în ariile unde resursele geotermale sau alte resurse nu sunt rentabile sau nu se găsesc.

Resursele de energie geotermale sunt bine localizate, în raport cu potențialii consumatori. În Statele Unite, cele 15 state din vest posedă resurse geotermale bine cunoscute. De asemenea,

depozite geotermale au fost descoperite în statele din Midwest și cele Atlantice. În est, sunt amplasate depozite geotermale, chiar lângă marile orașe Charleston și Baltimore.[56][13][14]

1.3. Necesitatea și oportunitatea utilizării apelor geotermale

În anul 2000, ponderea surselor regenerabile în producția totală de energie primară pe plan mondial, era de 13,8%.

În România, ponderea surselor regenerabile de energie în consumul total de resurse primare, în anul 2010, urmează să aibă un nivel de cca. 11%, iar în anul 2015, de 11,2%.

Din analiza ratelor de dezvoltare din ultimele trei decenii, se observă că energia produsă din surse regenerabile a înregistrat o creștere anuală de 2%. Este evident că, pe termen mediu, sursele regenerabile de energie, nu pot fi privite ca alternativă totală la sursele convenționale, dar este cert că, în măsura potențialului local, datorită avantajelor pe care le au (resurse locale abundente, ecologice, ieftine, independente de importuri), acestea trebuie utilizate în complementaritate cu combustibilii fosili și energia nucleară.

Studiile oamenilor de știință au devenit, în ultimii ani, din ce în ce mai unanime în a aprecia că o creștere puternică a emisiilor mondiale de gaze cu efect de seră, va conduce la o încălzire globală a atmosferei terestre, cu 2...6°C, până la sfârșitul acestui secol, cu efecte dezastruoase asupra mediului înconjurător.

Folosind energia geotermală regenerabilă prin utilizare directă sau pentru producerea de electricitate, conservăm o bună parte din sursele epuizabile poluatoare de mediu, cum sunt cele date de combustibilii fosili și de uraniu. Instalațiile cu utilizare directă a apelor geotermale nu au efecte asupra mediului înconjurător. În cazul centralelor geotermale, nu se ard combustibili, deci nu se degajă emisii de fum, cu diferite noxe, ci numai vapori de apă.[33][34]

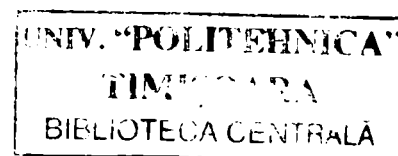
Tratarea apelor geotermale reprezintă o problemă majoră de cercetare în toate țările posesoare de rezerve de apă termală, în vederea obținerii de soluții și metode cât mai simple și cât mai economice.[8][25]

În cadrul metodelor de tratare a apelor geotermale trebuie rezolvate problemele de coroziune și de exfoliere a conductelor, cele de degazare, dedurizare, desulfatare etc.

Apele geotermale de pe teritoriul României, în funcție de natura ionilor preponderenți, se încadrează în următoarele categorii:

- Ape bicarbonatate, clorurate, sodice;
- Ape sulfatate, bicarbonatate, calcice.

648.348
366 E



Mineralizarea totală a acestor ape are valori însemnate, depășind, în unele cazuri, 10 g/l.

Pentru utilizatori, este extrem de important să se cunoască efectele pe care le pot avea apele geotermale folosite în diferite instalații, efecte dictate, în general, de stabilitatea chimică, ce determină caracterul corosiv, incrustant sau neutru al acestor ape.

1.4. Obiectivele cercetării

Obiectivele tezei au urmărit:

- Identificarea surselor geotermale pe plan mondial, a celor din România și în mod deosebit, a celor din județul Bihor;
- Stabilirea modalităților de tratare a apelor geotermale din județul Bihor, în funcție de temperatura apei, de caracteristicile chimice și de cerințele utilizatorilor.
- Studiu de caz - Aplicarea degazării apelor geotermale provenite de la forajul 4004 din Parcul Brătianu, în vederea utilizării acesteia la hotelul „Elite” din Oradea, pentru încălzirea spațiilor, prepararea apei calde menajere și încălzirea apei din piscina hotelului.

2. STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII ZĂCĂMINTELOR GEOTERMALE

2.1. Zăcămintele geotermale pe plan mondial

Marea majoritate a zăcămintelor geotermale sunt, în general, localizate în apropierea zonelor de contact dintre plăcile tectonice (figura 2.1). Zăcămintele hidro-geotermale sunt, în general, împărțite în zăcăminte de entalpie joasă și zăcămintele de entalpie înaltă. [84][14]

Zăcămintele de entalpie înaltă sunt asociate regiunilor tectonice și vulcanice active din spatele munților de încrețire, formați în zonele de ciocnire dintre plăcile tectonice, la alunecarea uneia sub alta, sau regiunilor în care plăcile tectonice se îndepărtează una de alta (cu viteze de ordinul centimetrilor pe an), facilitând ieșirea magmei la suprafață, sub forma unor erupții de-a lungul faliilor.[84][14]

Zăcămintele de entalpie joasă au temperaturi $<150^{\circ}\text{C}$ la adâncimea de un kilometru, iar zăcămintele de entalpie înaltă au temperaturi $>150^{\circ}\text{C}$ la adâncimea de un kilometru.

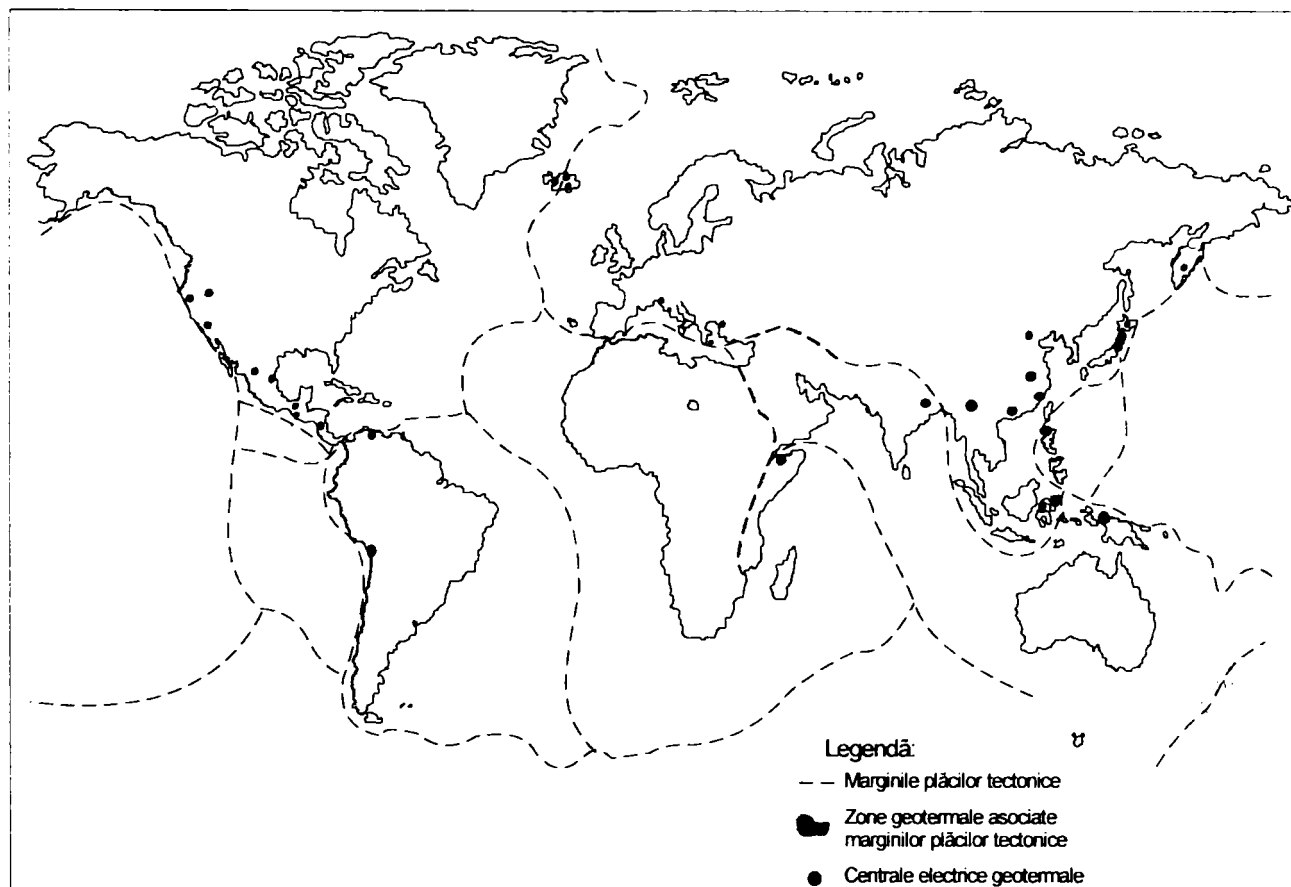


Figura 2.1 Localizarea zăcămintelor geotermale în lume [84]

Zăcămintele de entalpie joasă sunt localizate, în general, în bazine sedimentare din zone cu grosimi relativ mici ale scoarței, aflate în apropierea marginilor plăcilor tectonice. Exemple de acest tip sunt Bazinul Parizian, Bazinul Panonic și marele bazin sedimentar din partea nord-estică și centrală a Chinei. Schema de principiu a unui zăcământ geotermal, localizat într-un bazin sedimentar, este prezentată în figura 2.2.

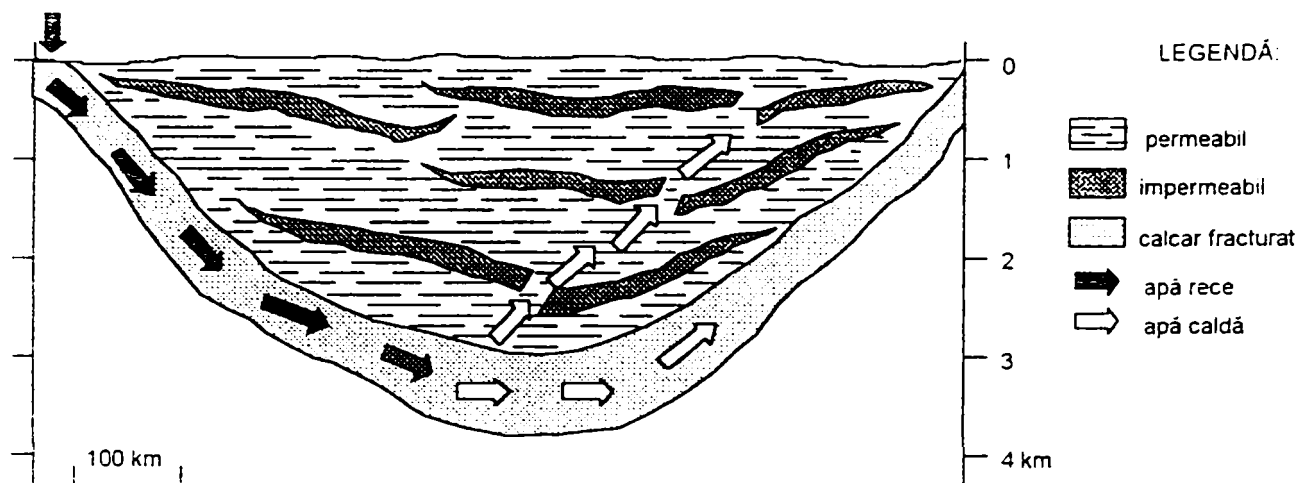


Figura 2.2. Zăcământ de joasă entalpie în bazin sedimentar [84]

Viteza de curgere a apei în rocile sedimentare este de ordinul a circa $1\div 10$ cm/an, apa având aceeași vârstă cu roca gazdă și un conținut ridicat de solide dizolvate (în principal săruri și carbonați), CO_2 și CH_4 , componente care pot cauza dificultăți în exploatare, datorită depunerilor, a coroziunii și a exploziilor, în cazul în care concentrația de CH_4 depășește 65-70%, în raport cu CO_2 .

Zăcămintele geotermale de entalpie joasă (fig. 2.2.) pot fi întâlnite și în zone vulcanice cu vechime foarte mare, inactive, având ca sursă de căldură intruziuni magmatice de mare adâncime sau deja reci. Aceste zăcămintele sunt, în general, mici ca extindere, sunt localizate în roci vulcanice cu porozitate mică și cu un potențial energetic redus.

Zăcămintele geotermale de entalpie înaltă sunt întâlnite numai în regiunile vulcanice active și în regiunile de contact între plăcile tectonice. O schemă de principiu a unui astfel de zăcământ este prezentată în figura 2.3. [84]

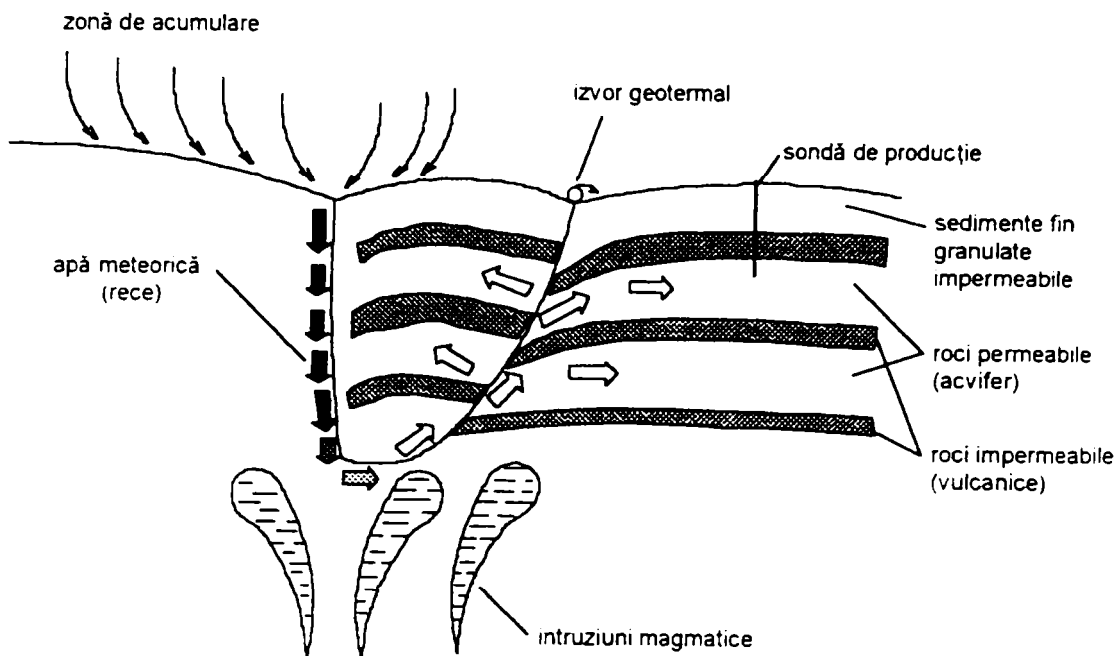


Figura 2.3. Zăcămint geotermal de entalpie înaltă [84]

Sursa de căldură o constituie intruziunile magmatice tinere, aflate la adâncimi relativ mici. Transmiterea căldurii în intermediul zăcămintului se produce, în principal, prin convecție. Temperatura apei geotermale poate atinge valori foarte ridicate (peste 380°C). Cantitatea de solide dizolvate este în general mică, dar cantitatea de gaze de origine vulcanică (în principal H_2S) este mare, aciditatea apei geotermale fiind uneori atât de mare, încât corodează în timp scurt tubulatura sondei, necesitând închiderea prin cimentare.

Explorarea și exploatarea zăcămintelor geotermale necesită cunoștințe din mai multe ramuri ale științelor ingineresti. În acest sens, pe plan mondial, s-au creat mai multe centre de instruire în geotermalism în Islanda, Noua Zeelandă, Italia, Japonia, Mexic și, din anul 1997, în România, în cadrul Universității din Oradea. În 1988 a fost fondată Asociația Internațională de Geotermalism (IGA), având peste 2 000 de membri în întreaga lume.

În ultimele două decenii, totalul investițiilor în domeniu s-a ridicat la aproximativ 22 miliarde USD. În Europa Centrală și de Est investițiile din ultima perioadă, au fost de 327 și respectiv 600 milioane USD. [84][14]

Puterea instalată pentru producerea de energie termică și electrică din apa geotermală, precum și prognoza în domeniu, sunt prezentate în figura 2.4., iar consumul mondial de apă geotermală în figura 2.5.

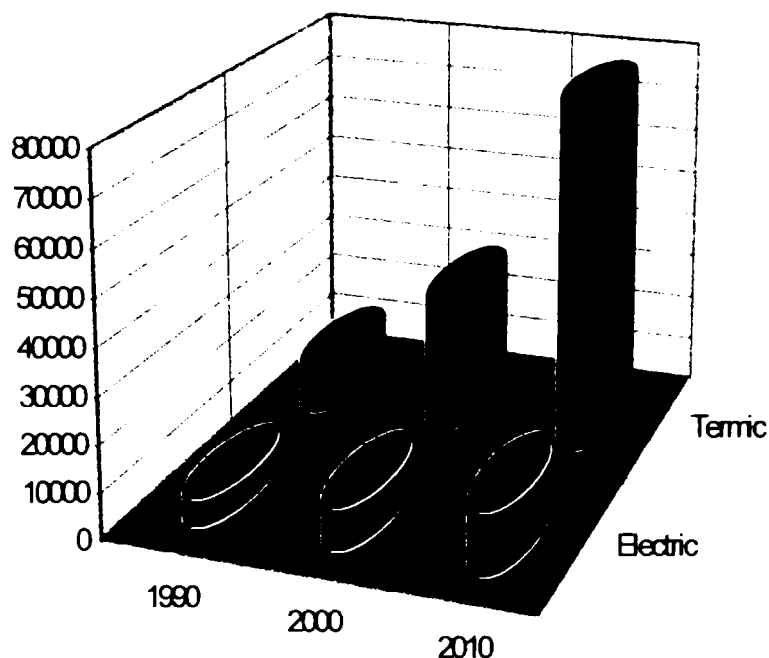


Fig. 2.4. Puterea instalată (MW) pentru producerea de energie termică și electrică din apa geotermală precum și prognoza în domeniu

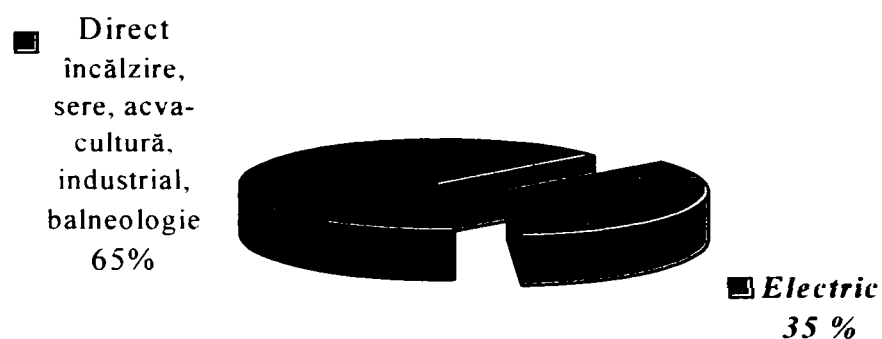


Figura 2.5. Consumul mondial de apă geotermală

Zăcămintele geotermale pot fi găsite în regiuni cu un gradient geotermic normal sau puțin ridicat și mai ales în regiunile din jurul marginilor plăcilor tectonice, unde gradientul termic poate atinge o valoare semnificativ mai mare decât rata medie. În primul caz, sistemele vor fi caracterizate de temperaturi scăzute, dar nu mai mari de 100°C, la o adâncime de exploatare economică. În al doilea caz, temperaturile pot acoperi o plajă largă, de la temperaturi scăzute, la temperaturi foarte înalte și adesea chiar peste 300°C.

Un zăcământ geotermal este alcătuit din 3 elemente: o sursă de căldură, un strat permeabil și un strat de apă geotermală.

Reprezentarea schematică a unui zăcământ geotermal ideal este prezentată în figura 2.6.

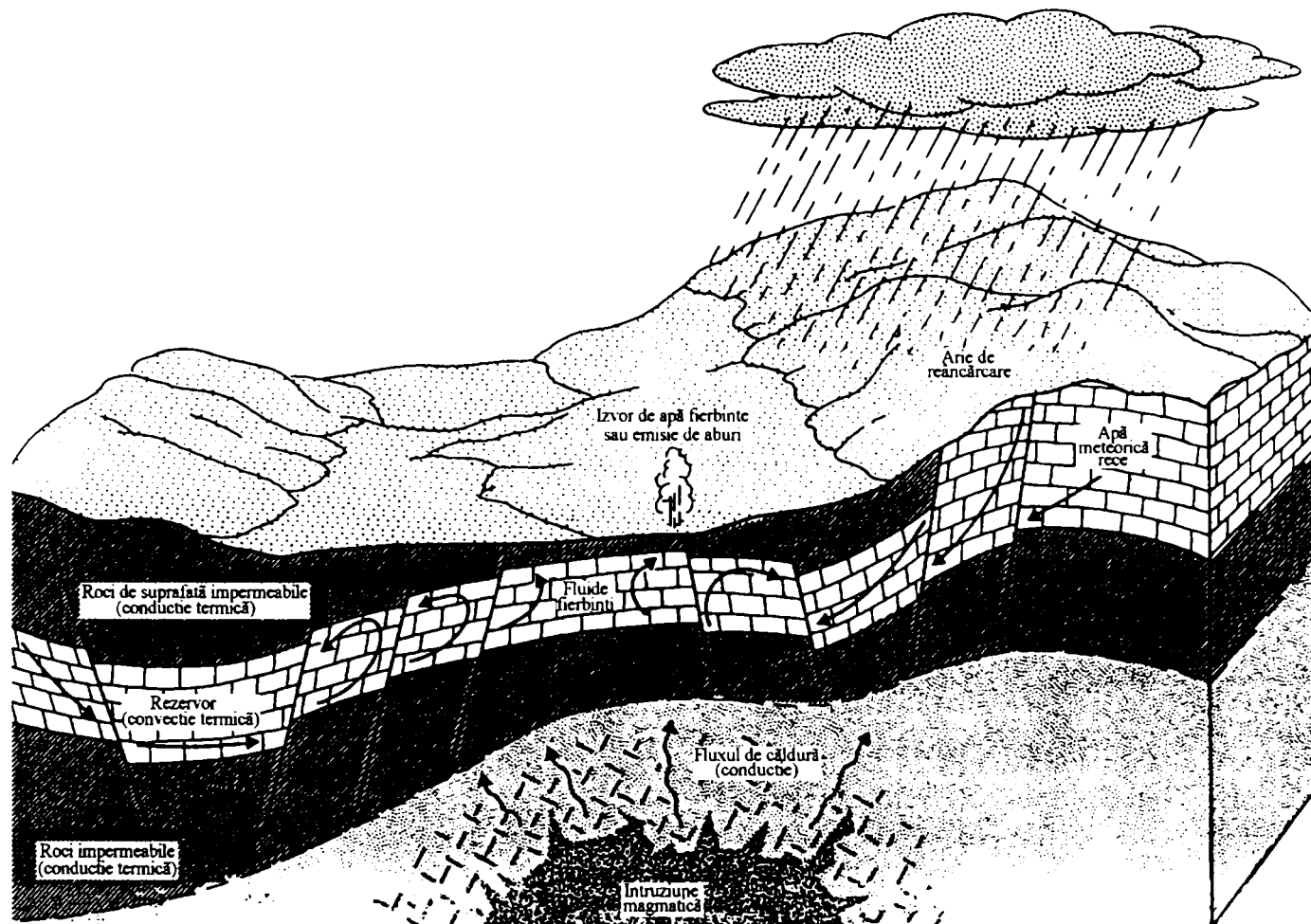


Fig. 2.6. Reprezentarea schematică a unui zăcământ geotermal ideal [81]

Capacitatea maximă de exploatare a zăcământului se consideră producția de apă geotermală constantă, pe o perioadă suficient de lungă (aleasă, în general, de 20÷25 de ani), astfel încât presiunea și temperatura apei să nu scadă sub limita economică de exploatare.

Terminologia utilizată pentru resursele geotermale a fost propusă de Muffler și Cataldi și se bazează pe diagrama McKelvey, folosită și la evaluarea altor tipuri de resurse (figura 2.7).

Diagrama nefiind reprezentată la scară, nu are decât un caracter orientativ.

Pe axa orizontală este reprezentat gradul de siguranță geologică, iar pe axa verticală gradul de fezabilitate economică.

Baza de resurse reprezintă totalitatea apei geotermale din scoarța terestră, dedesubtul unei anumite regiuni (de obicei până la o adâncime de 10 km), raportată la temperatura medie anuală.

Baza de resurse inaccesibile reprezintă acea parte din baza de resurse geotermale, depozitată între baza scoarței terestre și o anumită adâncime, care trebuie specificată.

Baza de resurse accesibile reprezintă acea parte din baza de resurse geotermale, depozitată între suprafață și adâncimea specificată. Această adâncime este cea care se consideră că ar putea fi atinsă prin foraje de producție, într-un viitor nu prea îndepărtat. Adâncimea se alege convențional, de obicei 3 km.

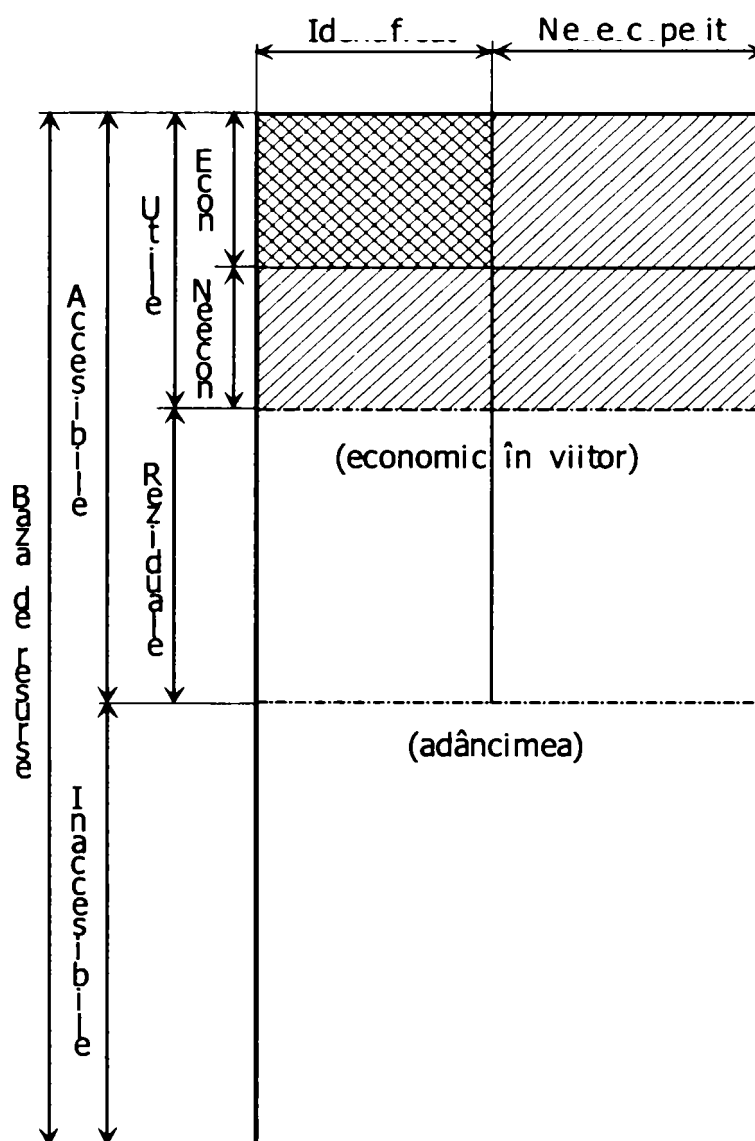


Figura 2.7. Diagrama McKelvey pentru resurse geotermale [84]

Baza de resurse accesibile reziduale este partea din baza de resurse accesibile, care nu este probabil să poată fi extrasă economic și legal, la un anumit moment în viitor. [84][14]

Baza de resurse accesibile utile este partea din baza de resurse accesibile (identificate și nedescoperite), care va putea fi extrasă economic și legal, la un anumit moment în viitor. Aceasta se numește pe scurt RESURSA. Perioada de prognoză se alege pe baza unor prognoze ale evoluției economice și tehnologice și este mai mică de 100 de ani. [84][14]

Resursele subeconomice sunt acea parte a resurselor dintr-o anumită regiune, care nu pot fi extrase legal, la un preț competitiv cu alte surse de apă în momentul determinării, dar ar putea fi extrase economic și legal, la un moment precizat de timp din viitor. [84][14]

Resursele economice sunt acea parte a resurselor care pot fi extrase legal, la un preț competitiv cu alte surse de apă, în momentul determinării. [84][14]

Resursele economice nedescoperite sunt resursele economice neexplorate, din regiuni care se știe sau se presupune că dețin resurse geotermale, dar care nu au fost încă descoperite. [84][14]

Resursele economice identificate, numite REZERVE, sunt resursele economice care sunt cunoscute și caracterizate prin foraj sau prin dovezi geochimice, geofizice și geologice. [84][14]

Tehnologia de foraj a sondelor geotermale este aceeași cu cea utilizată pentru forarea sondelor de țiței și gaze naturale. Deși adâncimea de foraj a ajuns la 12 km, putând ajunge în viitorul apropiat la 15-20 km, adâncimea uzuală pentru forajele geotermale este de 2-3 km.

2.2. Zăcămintele geotermale din România

Activitatea de explorare și cercetare geologică a zăcămintelor geotermale a început, în România, în anul 1962. Primele sonde geotermale au fost forate în Câmpia de Vest (zonele Oradea, Felix, Călacea și Timișoara). Cele peste 200 de sonde geotermale forate până în prezent, au confirmat prezența unor resurse geotermale semnificative, în anumite zone din România (fig.2.8). Forarea sondelor geotermale a fost finanțată, aproape în exclusivitate, de la Bugetul de Stat, în cadrul Programului Național de Cercetare Geologică. În zonele cu potențial geotermal cunoscut, sondele de cercetare geologică au fost astfel proiectate și executate, încât să poată fi utilizate și ca sonde de producție sau de injecție.[84][62][80]

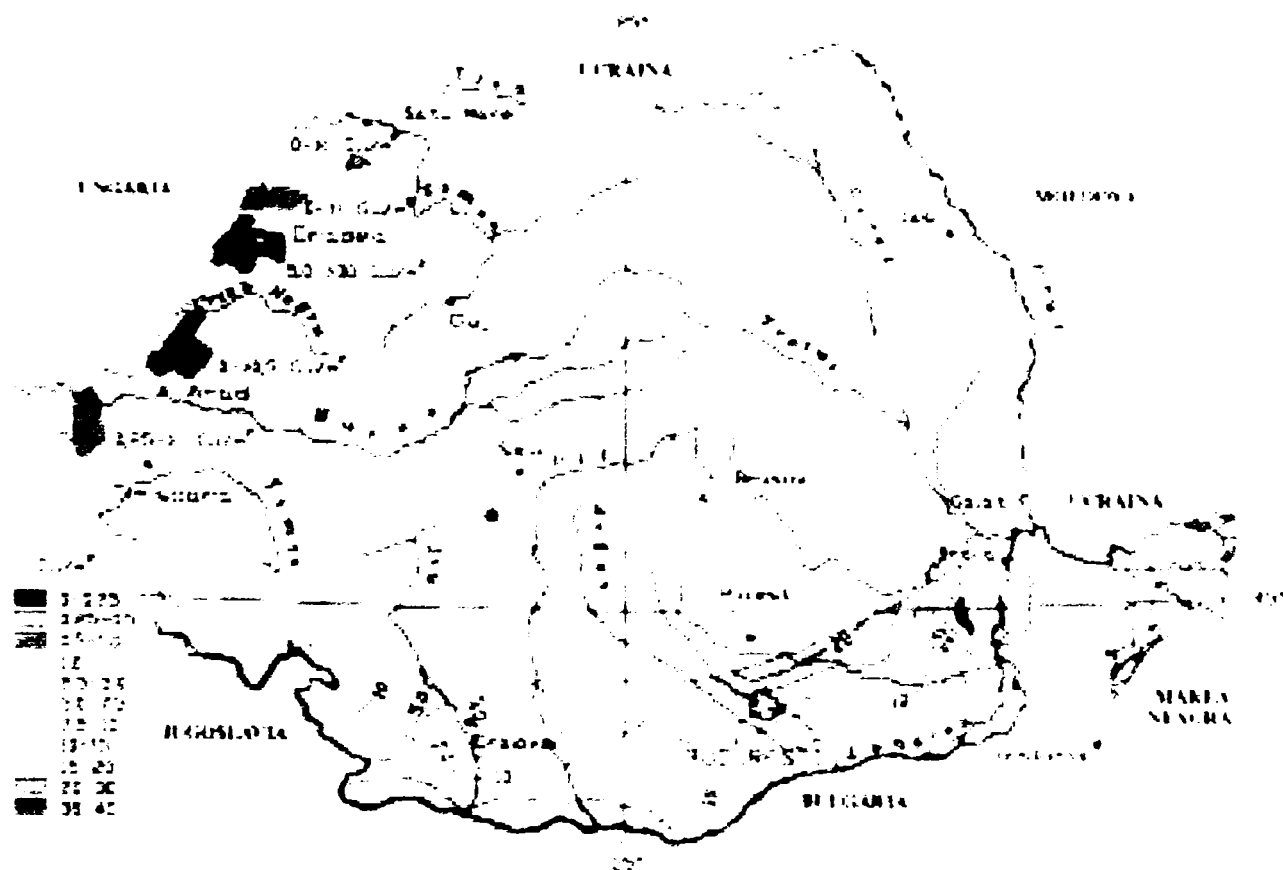


Fig.2.8. Localizarea zăcămintelor geotermale din România

Exploatarea experimentală a peste 100 de sonde în ultimii 15 ani, a permis evaluarea resurselor de căldură din zăcămintele geotermale deja identificate. Rezervele confirmate (cu sondele existente, dar exploatare nu artezian, ci cu ajutorul pompelor) se ridică la aproximativ 200000 TJ, pentru o perioadă de 20 de ani. Puterea instalată a sondelor existente este de circa 320 MW_t (pentru o temperatură de referință de 30°C), din care doar aproximativ 137 MW_t sunt utilizați în prezent, furnizați de 60 de sonde, care produc (în marea majoritate artezian) apă geotermală cu temperaturi de 55 ÷ 115°C.[84]

Este de remarcat faptul că, în evaluările referitoare la energia geotermală (și nu numai), se utilizează curent unități de măsură tolerate (care nu fac parte din Sistemul Internațional) și notații specifice. Astfel, deoarece resursele geotermale se utilizează atât pentru producerea energiei electrice, cât și direct (căldura cedată de apa geotermală), se adaugă de obicei la unitatea de măsură indicele „e” pentru putere și energie electrică și indicele „t” pentru flux de căldură și energie termică (W_e și Wh_e, respectiv W_t și Wh_t). Deoarece *megawattora* (MWh) este o unitate de măsură tolerată, des utilizată pentru energia electrică, ea este folosită și pentru energia termică, relația de echivalență a acesteia cu unitatea de măsură a energiei din Sistemul Internațional fiind 1 MWh = 3600 MJ = 3,6 GJ. Pentru a putea face comparații între diferite sisteme și, în cazul utilizării resurselor neconvenționale de energie, mai ales pentru a pune în evidență economia de combustibili fosili, se utilizează curent exprimarea cantității de energie prin cantitatea (în tone) din două tipuri de combustibili teoretici, care ar degaja, prin ardere, aceeași cantitate de energie. Acești combustibili teoretici sunt definiți prin capacitățile lor calorice inferioare (H_i) și sunt [84]:

- combustibil convențional: H_{i(cc)} = 29,4 MJ/kg, deci 1 t.c.c. = 29,4 GJ;
- echivalent petrol (sau țiței): H_{i(ep)} = 42,2 MJ/kg, deci 1 t.e.p. = 42,2 GJ.

După cum se vede din figura 2.8., cele mai multe zăcămintele geotermale sunt localizate în partea de vest a României, respectiv în partea de est a Bazinului Panonic, o mare depresiune intramontană neogenă, formată după ce regiunea Carpatică a fost afectată de tectogeneza miocenă. Bazinul s-a format prin întinderea și subțierea litosferei, însoțită de scufundarea începută în Badenian și continuată cu viteză mai mare în Panonian. În această perioadă s-au acumulat cantități însemnate de sedimente, cu grosimi de până la 4 km în zona Câmpiei de Vest a României. Subțierea litosferei a condus la apariția unei importante anomalii termice, fluxul geotermic natural având valori de 85 ÷ 100 mW/m². Bazinul Panonic este, astfel, cea mai „caldă” regiune din Europa Centrală și de Est.

Zăcămintele geotermale localizate în rocile permeabile ale Câmpiei de Vest sunt, deci, rezultatul acestui flux geotermic natural ridicat. Acestea se compun fie din acvifere închise multi-stratificate de întindere regională, localizate la baza Panonianului Superior, fie din acvifere

de întindere relativ mică, localizate în rocile Panonianului Inferior sau în rocile sedimentare fisurate ale fundamentului scufundat (de exemplu calcare și dolomite Mezozoice, ca în cazul zăcămintelor din zona Borș - Oradea - Băile Felix - Băile 1 Mai).

Acviferul geotermal Pannonian este multi-stratificat și închis, fiind cantonat în rocile nisipoase din baza Panonianului Superior, între 800 și 2100 m adâncime, pe o suprafață de aproximativ 2500 km² în lungul graniței de vest a României, de la Satu-Mare în nord, până la Timișoara și Jimbolia în sud. A fost investigat prin 80 de sonde geotermale, care pot fi toate utilizate pentru producție și din care 37 sunt exploatare în prezent. Gradientul geotermic natural este, în această zonă, de 45 ÷ 55⁰C/km. Temperatura apei geotermale la suprafață variază între 50 și 85⁰C. Mineralizația apelor geotermale din această zonă este de 4 ÷ 5 g/l și majoritatea au un potențial ridicat de depunere de crustă (carbonați). Conținutul de gaze dizolvate variază între 0,8 și 2,0 m³ / m³, mai ales metan, acestea fiind separate la suprafață în *degazoare speciale* și ar putea fi utilizate (de exemplu prin ardere în cazane), ducând la o creștere cu 15 ÷ 20% a fluxului de căldură furnizat de sondă. Majoritatea sondelor produc artezian. Energia furnizată anual de aceste sonde geotermale este de aproximativ 19000 t.e.p., la o putere instalată de aproximativ 55MW_t. Rezervele exploatabile de căldură pentru următorii 10 ani, cu sondele existente, sunt estimate la peste 1,2 × 10¹⁸J. Dacă se ia în considerare forarea de noi sonde și generalizarea producției prin pompaj, resursele de căldură sunt de peste 9 × 10¹⁸J în 20 de ani.[84][12][62][81]

Principalele exploatări geotermale în această zonă sunt, de la nord la sud, Satu-Mare, Tășnad, Acâș, Marghita, Săcuieni, Salonta, Curtici, Lovrin, Tomnatic, Sânnicolau Mare, Jimbolia și Timișoara. Apa geotermală este utilizată pentru încălzirea serelor (34 ha), termoficare (2460 apartamente), prepararea apei calde menajere (2200 apartamente) și, în 7 cazuri, pentru procese tehnologice (uscarea cerealelor, topirea inului și cânepei, uscarea produselor ceramice, uscarea lemnului). [84][12][62][81]

Acviferul geotermal Oradea – Băile Felix – 1 Mai este, în general, considerat ca fiind compus din două zăcăminte distincte (Oradea și Băile Felix-1 Mai), aflate la adâncimi diferite și în roci de vârste diferite, dar interconectate hidrodinamic. Acviferul hipertermal face parte dintr-un amplu sistem hidro-geotermal, cu alimentare naturală în Bazinul Aleșd-Borod și cu descărcare în zona izvoarelor termale de la Băile 1 Mai. Apa din acvifer face parte din circuitul hidrologic activ (vârsta apei 18 ÷ 20000 ani), extragerea a peste 49 milioane m³ de apă în ultimii cca. 30 de ani, neafectând semnificativ presiunea din zăcământ. [84][12][62][81]

Zăcământul geotermal Oradea este cantonat în calcarele și dolomitele triasice fisurate, dispuse între 2200 și 3200 m adâncime, cu o suprafață de aproximativ 110 km², dispusă aproape în întregime în subsolul municipiului Oradea. Temperatura apei geotermale la suprafață scade de la 105⁰C în partea de vest până la 70⁰C în partea de est, temperatura medie ponderată a celor 11

sonde de producție din perimetru (una fiind folosită pentru injecție) fiind de 87⁰C în erupție liberă și 90⁰C în pompaj. Apa geotermală nu are caracter incrustant și nici nu corodează, conține doar urme de gaze dizolvate, iar mineralizația este relativ mică (0,9÷1,2 g/l, în funcție de sondă), astfel încât nu prezintă pericol de poluare chimică. [84][12][62][81]

Cele 11 sonde de producție existente în perimetrul municipiului, au un debit potențial artezian de 180l/s, limitat însă de către Agenția Națională pentru Resurse Minerale la un debit mediu anual de 90 l/s, pentru a permite extragerea debitului necesar stațiunilor balneare Băile Felix și Băile 1 Mai, fără a cauza o scădere severă a presiunii zăcământului. Debitele arteziene ale sondelor variază între 5 și 30 l/s, în funcție de condițiile geologice locale, iar debitele maxime posibil de obținut în pompaj submersibil sunt de 20÷50 l/s. Pe baza simulării numerice a comportării viitoare a acviferului (în exploatare cu reinjecție), coroborată cu evidențierea posibilităților reale de utilizare a energiei termice posibil de extras din apa geotermală, au fost reevaluate resursele și rezervele exploatabile de căldură ale acviferului triasic Oradea, la data de 1 ianuarie 1996, cu asigurare de 20 de ani, pentru un debit anual de 240 l/s, în exploatare cu reinjecție. Puterea instalată este în prezent de aproximativ 30 MW_t (cu 11 sonde de producție arteziană și o sondă de injecție), dar poate fi aproape triplată, prin generalizarea producției prin pompare și a reinjecției, în sisteme de tip dublet (sondă de producție – schimbătoare de căldură – sondă de injecție). Prin extinderea utilizării apei geotermale pentru prepararea apei calde menajere (cu consum constant tot timpul anului) se poate mări și factorul de utilizare, economia anuală de energie din combustibili fosili putând astfel crește de la aproximativ 7400 t.e.p. în prezent, la aproximativ 37000 t.e.p. [84][12][62][81]

Apa geotermală este în prezent utilizată, în Oradea, pentru termoficarea campusului universitar și a circa 2000 de apartamente, prepararea apei calde menajere pentru încă 4000 de apartamente, pasteurizarea laptelui (80000l/zi), uscarea lemnului (5000 m³/an), încălzirea serelor (1,8 ha) și producerea energiei electrice (500kW_e în instalația experimentală de la Universitatea din Oradea). [84][12][62][81][80][82]

Zăcământul geotermal Băile Felix-1 Mai este cantonat în calcare cretacice puternic fisurate, la adâncimi cuprinse între 45 și 175 m (pentru complexul I, care asigură peste 90% din volumul extras) și între 200 și 500 m, în zone cu configurație mai fină (complexul II), fiind amplasat într-o zonă ce prezintă condiții geostructurale cu totul specifice, întrucât pe mai puțin de 20 km² întâlnim un număr impresionant de falii, datorate interconectării multiplelor elemente tectonice de la contactul Munților Apuseni cu Depresiunea Panonică, amplificate de scufundarea bazinelor intramontane Borod și Beiuș. [84][12][62][81][80][82][56]

Complexul I poate fi interpretat ca aureola hidrogeotermală, formată și condiționată de puternicele izvoare naturale apărute de-a lungul faliilor majore, în zonele unde eroziunea a îndepărtat cuvertura sedimentară cuaternară. Izvoarele și sondele acviferului se comportă unitar

din punct de vedere hidrodinamic, cu efecte rapide de interferență, rata alimentării fiind stabilită (prin unicul test de interferență realizat în 1979) la aproximativ 300 l/s. Datorită creșterii debitului extras (atât în Băile Felix, cât și în Oradea) peste capacitatea de realimentare naturală, coroborată cu neurmărirea efectului asupra zăcământului, s-a ajuns la reducerea debitelor arteziene potențiale la principalele sonde, încetarea debitării arteziene a două sonde și a izvoarelor din amonte de Ochiul Mare, precum și la reducerea drastică a debitului izvorului sub-lacustru Ochiul Mare, ajungându-se chiar la înghețarea suprafeței lacului, cu efecte dezastruoase asupra relicvei terțiare *Nymphaea Lotus*, varietatea *Thermalis*, în prezent pe cale de dispariție.

Compoziția chimică a zăcământului geotermal Băile Felix – 1 Mai este similară cu a celui din zăcământul Oradea, făcând parte din același circuit natural al apei. Temperatura apei geotermale la suprafață scade ușor de la vest la est, fiind de $35 \div 45^{\circ}\text{C}$ din complexul I și $40 \div 50^{\circ}\text{C}$ din complexul II. Cele 6 sonde existente pot produce artesian un debit total de 210 l/s. Apa geotermală este utilizată, în special, pentru balneoterapie (într-un spital de recuperare și în bazele de tratament ale hotelurilor) și pentru agrement în ștrandurile acoperite și în aer liber din Băile Felix și Băile 1 Mai (peste 7000 de locuri de cazare și tratament, 5000 de persoane pe zi agrement permanent și peste 25000 persoane pe zi agrement sezonier). Necesarul maxim normat este de 180 l/s ca medie anuală, cu un vârf de consum de 209 l/s în sezonul cald, din care 100 l/s în scopuri terapeutice, restul fiind folosit pentru agrement și ca apă caldă menajeră. Până în anul 1989, apa geotermală (practic potabilă) a fost utilizată și ca apă tehnologică la o stație de creștere intensivă a puietului de pește. [84][12][62][81][80][82][56]

Zăcământul geotermal Borș este situat la aproximativ 6 km nord-vest de Oradea, însă cadrul geologic este complet diferit de zăcământul geotermal Oradea, cu toate că este cantonat în aceleași formațiuni (calcare și dolomite triasice fisurate), între 2000 și 3000 m adâncime. Zăcământul Borș este un zăcământ închis tectonic, cu o suprafață de numai 12 km². Apa geotermală are un conținut total de solide dizolvate de $13 \div 16$ g/l, o concentrație de gaze dizolvate de $5 \text{ m}^3 / \text{m}^3$ (70% CO₂ și 30% CH₄) și un potențial ridicat de depunere de crustă. Temperatura de zăcământ este mai mare de 130°C , la adâncimea medie de 2500 m. [84][12][62]

Din cele 5 sonde existente, 3 sunt utilizate pentru a extrage un debit total de 50 l/s, iar 2 sunt utilizate pentru reinjectarea apei geotermale uzată termic în colectorul de origine, la o presiune de injecție care nu depășește 6 bar. Datorită faptului că zăcământul este închis, deci nu are realimentare naturală, producția arteziană a sondelor poate fi menținută numai prin reinjecție. În plus, pentru refacerea presiunii de zăcământ, în timpul verii, se injectează în colectorul geotermal apă rece, extrasă prin trei sonde, din straturile cuaternare de mică adâncime.

Sondele geotermale produc apă cu temperatura de 115°C și o presiune de $10 \div 15$ bar. Gazele sunt parțial separate la presiunea de 7 bar. Apa geotermală este trecută, apoi, prin

schimbătoare de căldură și reinjectată. Presiunea în instalație nu scade sub 6 bar, astfel încât bioxidul de carbon neseplat să rămână în soluție, crescând astfel solubilitatea carbonaților de calciu și magneziu. Pentru prevenirea depunerilor de crustă, se utilizează și un inhibitor chimic (policlorură de tri-fosfat), care este injectat la adâncimea de 450 m cu o pompă dozatoare. Acest sistem funcționează de cca. 20 ani, cu o putere instalată de 15 MW_t, economia anuală de energie din combustibili fosili fiind de 3000 t.e.p. [84][12][62][81][80][82][56]

Zăcămintul geotermal Ciumeghiu este, de asemenea, localizat în Câmpia de Vest (între Oradea și Arad) și este cantonat în gresiile poroase ale panonianului inferior, cu 2200 m adâncime medie. Temperatura apei geotermale la suprafață este de 105⁰C, concentrația de gaze dizolvate 3 m³ / m³ (98% CH₄) și mineralizația de 5 ÷ 6 g/l, cu un potențial ridicat de depunere de crustă, proces prevenit prin aceleași metode ca și la Borș (injectarea aceleiași inhibitor chimic, dar la adâncimea de 400 m). Zăcămintul a fost investigat prin 4 sonde, doar una dintre ele fiind în prezent utilizată, cu o putere de 5 MW_t (din care 1 MW_t din metan). [84][82][56][67]

Zăcămintul geotermal Otopeni este localizat la nord de București și este doar parțial delimitat (aproximativ 300 km²), în urma investigațiilor efectuate până în prezent. Cele 12 sonde forate indică un zăcămint imens, cantonat în calcare și dolomite fisurate, situate între 1900 și 2600 m adâncime, aparținând Platformei Moesice. Apa geotermală are temperatura de 58 ÷ 72⁰C și o mineralizație de 1,5 ÷ 2,2 g/l, dar cu un conținut ridicat de H₂S (peste 25 ppm), astfel încât reinjectarea este absolut obligatorie. Producția este realizată numai cu pompe submersibile, deoarece nivelul dinamic al apei în sonde este la 80 m sub nivelul solului. În prezent sunt exploatate numai 3 sonde, cu un debit total de 25 ÷ 30 l/s și o putere instalată de aproximativ 5 MW_t, iar alte 2 sonde sunt utilizate pentru reinjecție. Apa geotermală este utilizată pentru termoficarea a aproape 2000 de apartamente, economia anuală de energie din combustibili fosili fiind de 1900 t.e.p.[12][84][62]

Zăcămintul geotermal Cozia – Călimănești – Căciulata (de la ieșirea din Defileul Oltului) este cantonat în gresiile poroase de vârstă senoniană, între 1900 și 2200 m adâncime. Cele trei sonde existente produc artezian, cu debite maxime de 20 ÷ 25 l/s apă, cu temperatura de 90 ÷ 95⁰C și presiunea de 16 ÷ 20 bar. Apa geotermală are o mineralizație de 14 g/l, dar fără potențial incrustant, iar concentrația gazelor dizolvate este de 2,0 m³ / m³ (90% metan). Cu toate că zăcămintul este exploatat de peste 10 ani fără reinjecție, nu s-a evidențiat nici un fenomen de interferență și nu a scăzut presiunea de zăcămint. Puterea instalată cu cele trei sonde existente este de 18 MW_t (din care 3,5 MW_t din gazul metan separat), dar în prezent, se utilizează numai 8 MW_t, rezultând astfel o economie anuală de energie din combustibili fosili de 2500 t.e.p. Apa geotermală este utilizată pentru termoficarea unor hoteluri și vile, iar apa geotermală uzată termic se utilizează pentru balneoterapie și agrement.[84][12]

Resursele geotermale ale României sunt redată în tabelul 2.1, în funcție de temperatura apei, puterea instalată și de modul actual de utilizare și a celui de perspectivă.[81]

Aceste resurse au fost clasificate în funcție de sistemul hidrogeotermal panonian. Apele geotermale sunt utilizate, în prezent, pentru agrement, pentru încălzire, ca apă caldă menajeră, în procesele industriale de uscare, la încălzirea serelor sau în zootehnie.

Utilizarea resurselor geotermale este determinată de temperatura apei, precum și de caracteristicile fizico – chimice ale acesteia.

Tabelul nr. 2.1.

Parametrul	U/M	Oradea	Borș	Câmpia de Vest	Valea Oltului	Otopeni
Colectorul		Carbonate fisurate	Carbonate fisurate	Gresii poroase	Gresii poroase	Carbonate fisurate
Suprafața	Km ²	75	12	2,500	28	300
Adâncimea	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
Temperatura	°C	70 ÷ 105	115	50 ÷ 85	92 ÷ 96	58 ÷ 75
Gradient termic	°C/100	3,5 ÷ 4,3	4,5 ÷ 5,0	3,8 ÷ 5,0	4,6 ÷ 4,8	2,8 ÷ 3,4
Mineralizație	g/l	0,8 ÷ 1,4	12 ÷ 14	2 ÷ 7	13	2,2
Gaze dizolvate	m ³ /m ³	0,05	5 ÷ 6,5	0,5 ÷ 2,5	2 ÷ 2,8	0,1
Tipul Producției		Artezian	Artezian	Artezian+ Pompaj	Artezian	Pompaj
Debit/sondă	L/s	4 ÷ 20	10 ÷ 15	4 ÷ 18	12 ÷ 25	22 ÷ 28
Utilizări	număr	11	2	37	2	2
Economie anuală	t.e.p.	9700	3200	18500	2600	1900
Putere instalată	MW _t	58	25	210	18	32
Rezerve exploatabile (pentru 20 de ani)	MW/zi	570	110	4700	190	310
Principale utilizări						
- încălzire spații	Apartamente	2000	-	2460	600	1900
- apă caldă menajeră	Apartamente	6000	-	2200	600	1900
- sere	Ha	1,8	6	34	-	-
- procese industriale	Număr	6	-	7	-	-
- balneoterapie	Număr	5	-	8	3	2

2.3. Clasificarea apelor geotermale

Sistemele hidrotermale pot fi divizate (după Ellis și Mahon, 1977), în două mari categorii:[84]

- a) **Sisteme ciclice:** apa intră (descendent de la suprafață), se încălzește și se ridică din nou la suprafață, circulând prin tot sistemul. Energia care pune în mișcare sistemul este prezența unui flux anormal de căldură, la o anumită adâncime.
- b) **Sisteme cu înmagazinare:** apa este înmagazinată într-un acvifer de geneză și încălzită de fluxul terestrial de căldură. În aceste sisteme, există condiții reduse de realimentare și de manifestări de suprafață. În general, în aceste sisteme, apa este delimitată de un acvclud. Aceste acvifere se găsesc în bazine sedimentare largi, care conțin saramuri (apă de mare prinsă în capcană de porii rocii, în timpul depozității).

Criteriile de clasificare a apelor geotermale se pot împărți în trei categorii:

- După caracteristicile sursei;
- După modul de întrebuințare;
- După proprietățile apei geotermale.

Criteriile care se referă la caracteristicile sursei, privesc poziția relativă față de straturile petrolifere, proveniența apelor etc.

Criteriile care se referă la modul de întrebuințare, sunt aplicate de diverși beneficiari ai surselor și privesc utilitățile pentru care acești beneficiari sunt interesați (tratament medical, agricultură, industrie, gospodărire comunală etc.).

Criteriile care se referă la proprietățile apelor geotermale, privesc caracteristici ca: temperatura, radioactivitatea, natura ionilor preponderenți, duritatea, stabilitatea chimică etc.

Clasificarea apelor geotermale se poate face și după cum urmează:

- Clasificarea din punct de vedere al calității apei captate:
 - ✓ Sisteme cu tratare;
 - ✓ Sisteme fără tratare.

Sistemele cu tratare comportă reducerea sau eliminarea parțială sau totală a unor elemente (Fe, Mg, H₂S, fenoli etc.).

- Clasificarea din punct de vedere al utilizatorilor:
 - ✓ Sisteme de tratare închise;
 - ✓ Sisteme de tratare deschise.

Acest gen de clasificare este determinat de utilizarea care i se dă apei geotermale.

În cazul utilizărilor energetice, pentru încălzirea spațiilor de locuit, pentru apă caldă menajeră, se recomandă utilizarea sistemelor închise, cu scopul de a nu se pierde din temperatura apei captate.

În cazul în care apa geotermală este utilizată pentru alimentarea cu apă a piscinelor, a bazinelor de înot, care, în general, necesită temperaturi cuprinse între 35-40°C, sistemele deschise devin oportune, pentru sursele geotermale cu temperaturi cuprinse între 50-60°C.

- Clasificarea din punct de vedere al sistemelor de captare:
 - ✓ Sisteme cu pompare;
 - ✓ Sisteme arteziene, fără pompare.
- Clasificarea din punct de vedere al temperaturii apelor geotermale:
 - ✓ La $t = 30 \div 50^{\circ}\text{C}$, apa geotermală va fi folosită pentru:
 - încălzire solarii;
 - încălzire și preparare apă caldă de consum cu pompe de căldură;
 - preparare apă caldă de consum menajer sau tehnologic cu pompe de căldură.
 - ✓ La $t = 50 \div 80^{\circ}\text{C}$, apa geotermală poate fi folosită pentru:
 - încălzire și preparare apă caldă de consum, prin asociere cu o centrală termică de vârf pentru consumatori civili, industriali și sere;
 - preparare apă caldă de consum menajer sau tehnologic.
 - ✓ La $t = 80 \div 120^{\circ}\text{C}$ apa geotermală poate fi utilizată în următoarele scopuri:
 - încălzire și preparare apă caldă de consum prin asociere cu o centrală termică de vârf, pentru consumatori civili, industriali și pentru sere;
 - încălzire și preparare apă caldă de consum pentru consumatori industriali;
 - încălzire în procese tehnologice de uscare;
 - preparare apă caldă de consum tehnologic.
 - ✓ La $t > 120^{\circ}\text{C}$ apa geotermală poate fi utilizată pentru producerea de energie electrică și în scopurile enumerate mai sus.

Clasificarea apelor geotermale pe baza conținutului în anioni (Cl^- , SO_4^- , HCO_3^-)[81]:

Apele cloroase sunt cele mai frecvente în sistemele geotermale. Aceste ape au constituenți principali ionii de Cl^- în proporție de 0,1÷1% de greutate. Principalii cationi întâlniți în apele cloroase sunt: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} . Aceste ape mai conțin concentrații foarte ridicate

de silice (SiO_2) și concentrații semnificative de sulfatați (SO_4^{2-}), bicarbonați (HCO_3^-), fluor (F^-), amoniac (NH_3), acid boric (HBO_3), arseniu (As), litiu (Li), rubidiu (Rb) și cesiu (Cs). În aceste ape, raportul Cs/ SO_4 este în general ridicat. În apele cloroase se găsesc, sub formă de urme, elemente de aluminiu și fier, deși ele sunt constituenți majori în roca de zăcământ.

Apele cloroase sunt caracterizate, în general, printr-un pH aproape neutru, putând fi slab acide ($\text{pH} < 7$), sau slab alcaline ($\text{pH} > 7$), în raport cu cantitatea dizolvată de CO_2 .

O caracteristică importantă a izvoarelor naturale de ape geotermale cloroase o constituie depunerea de silice în jurul izvorului. Depunerea de silice se datorează faptului că apa geotermală este saturată în silice amorfă. Izvoarele care produc ape geotermale cloroase cu debite mari, sunt cele mai reprezentative pentru caracterizarea condițiilor de zăcământ prin utilizarea geotermometrelor.

Apele sulfat acide au conținut scăzut de ioni de Cl^- și sunt predominante în zone vulcanice, unde vaporii de apă se condensează în apele de suprafață. În zonele geotermale active, conținutul de sulfat este rezultatul formării acidului sulfuric (H_2SO_4), prin oxidarea hidrogenului sulfurat în zonele vadoase, făcându-le acide:



Deoarece aceste ape se formează în zonele de suprafață ale apelor geotermale, nu pot da indicații despre condițiile de zăcământ.

Compoziția chimică a acestor ape este influențată de natura rocii prin care circulă. În aceste ape se regăsesc cantități importante de Al și Fe, datorită dizolvării rocii de către aceste ape.

Apele sulfat acide se pot găsi, de asemenea, în apropierea craterelor vulcanilor activi și au un conținut ridicat de clor. De fapt, prezența clorului în ape este principalul criteriu de deosebire al apelor sulfat acide de origine vulcanică, de cele formate prin condensarea aburului dintr-un sistem geotermal. Originea clorului și a sulfatului se datorează absorbției gazelor vulcanice cu conținut de HCl și SO_2 , în depresiunile care sunt umplute cu apă (de exemplu lacul din craterul vulcanului).

Apele bicarbonatate, cunoscute și sub denumirea de ape bogate în CO_2 , au un conținut scăzut în ioni de clor, bicarbonatul fiind anionul major, iar sulfatul găsimându-se în cantități variabile. În general, sodiul este principalul cation, deoarece carbonatul de calciu are o solubilitate scăzută, iar potasiul și magneziul sunt fixate de argile. Aceste ape se formează sub nivelul apelor de suprafață, fiind slab acide, iar pierderea la suprafață a CO_2 dizolvat conduce la creșterea pH-ului spre valori neutre sau slab alcaline.

Formarea apelor bicarbonatate este influențată de prezența calcarelor de la suprafață, iar izvoarele de suprafață conduc la formarea depozitelor de travertin.

Apele sărate conțin săruri dizolvate în concentrații foarte mari, apa de mare fiind în acest sens, un exemplu reprezentativ. Principalul component este clorul, în cantități foarte mici, la care se adaugă și concentrații foarte mari de Na, K și Ca, pentru echilibrarea sarcinii. Aceste ape sunt slab acide. Ele se pot forma din: apa interstițială prinsă în capcana bazinelor de sedimentare, sau prin dizolvarea evaporitelor de către apele meteorice.

Cercetările efectuate privind chimismul apelor geotermale din panonianul plasat în zona de vest a țării noastre, conduc la emiterea ipotezei că mecanismul geotermic care stă la baza compoziției acestor ape, este schimbul ionic, ce are loc între ionii de Na de pe straturile unităților structurale de argilă și ionii de Ca^+ și Mg^+ , din apele complexului hidrotermal (panonian inferior și superior). În acest tip de rocă și în prezența unor cantități mari de substanță organică, are loc fenomenul de reducere a sulfatilor de către bacteriile anaerobe, însoțit de o creștere a ionului HCO_3^- . Aceste modificări duc la formarea de ape alcaline, cu valori ale indicelui pH de peste 8.

Atunci când în aceste ape/roci există și hidrocarburi, este posibil ca în prezența bacteriilor anaerobe și a unor procese de bituminizare să rezulte cantități importante de CO_2 și CH_4 , sub formă de gaze libere. Acumularea acestor gaze în acvifere, generează fenomenul de gaz-lift, prin care se explică producerea fenomenului de funcționare arteziană-intermitentă, de la majoritatea sondelor geotermale.

Duritatea și stabilitatea chimică sunt caracteristici importante ale apelor geotermale.

Apele cu duritate pronunțată sunt determinate de prezența ionilor HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , care provin din disocierea bicarbonaților, sulfatilor, clorurilor de calciu și magneziu.

Apele cu duritate „aparentă” sunt determinate de prezența ionului bicarbonat HCO_3^- , provenit din disocierea bicarbonaților de sodiu și de potasiu. Duritatea reală nu depășește 3,5-4°d.

Apele geotermale bicarbonatate, stabile în condițiile de presiune și temperatură din zăcământ, pierd la pătrunderea în gaura de sondă și apoi în condițiile de la suprafață, o parte din CO_2 aflat în soluție.

Conform principiului lui Chatelier, reducerea concentrației de CO_2 , determină depunerea unei cantități corespunzătoare de $CaCO_3$ și invers:



Raportul între diferitele forme ale CO_2 dizolvat în apă (CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-}) la temperatură constantă, depinde de concentrația ionilor de hidrogen, respectiv de valoarea indicelui pH.

Pentru măsurarea gradului de stabilitate a apelor geotermale, s-au folosit formulele lui Langélier, care definesc noțiunea de indice de saturație, I_s , ca fiind diferența între valorile pH, măsurat la fața locului, pe teren și pH_s (valoarea de saturație) calculat.

Dacă $I_s = pH - pH_s = 0$ indică poziția de echilibru a apei.

Valoarea pozitivă a indicelui de saturație I_s , indică suprasaturația apei cu carbonat de calciu și deci, tendința apei de a depune această sare.

Valoarea negativă a indicelui de saturație I_s , indică excesul de CO_2 și deci tendința apei de a dizolva depozitele existente de carbonat de calciu, dar și agresivitatea față de conducte.

2.4. Caracteristicile fizico – chimice ale apelor geotermale

2.4.1. Proprietățile fizice și calorice ale apelor geotermale

Proprietățile fizice ale apelor geotermale, adică cele termodinamice, hidrodinamice, de transport, efecte interfaciale, trebuie cunoscute pentru a putea proiecta instalațiile de utilizare de suprafață. În general, cele mai importante proprietăți fizice, utilizate în proiectare, sunt densitatea și capacitatea calorică. Alte proprietăți fizice importante sunt: vâscozitatea, tensiunea superficială și presiunea de vapori. În general, apele geotermale conțin preponderent clorură de sodiu și în cantități mai reduse clorură de potasiu - dizolvate. Proprietățile fizice se pot estima din corelațiile pentru apa pură, corectate în funcție de concentrația de sodiu sau potasiu. Metoda cea mai simplă, care prezintă acuratețe suficientă în majoritatea situațiilor de calcule inginerești, este de a corecta proprietățile fizice ale apei pure, cu cantitatea totală de săruri dizolvate. Această procedură va fi prezentată în cele ce urmează. Rezultatul este un set de ecuații care se poate folosi în calcule manuale sau pe calculator.

Estimarea proprietăților fizice, în condiții de temperatură și presiune apropiate de punctul critic, este dificilă, deoarece fiecare din substanțele dizolvate va schimba temperatura critică a soluției. Astfel, pentru o temperatură apropiată de punctul critic, o schimbare minoră a compoziției duce la modificări majore ale proprietăților fizice ale soluției. Literatura de specialitate arată că modificări importante au loc într-un domeniu de temperaturi cuprins între $\pm 50^\circ C$ față de punctul critic. Ecuațiile care vor fi prezentate în continuare nu sunt valabile pentru temperaturi mai mari de $320^\circ C$.

2.4.1.1. Densitatea

Densitățile soluțiilor apoase care conțin constituenții dizolvați majori din apele geotermale, cum ar fi clorura de sodiu, clorura de potasiu și clorura de calciu, sunt prezentate în figura 2.9, ca funcție de concentrație și temperatură. Interacțiunea dintre constituenții ionici ai soluției este slabă și efectele sunt slabe, în cazul concentrațiilor ridicate. Astfel, rezultă o variație liniară a densității, în funcție de concentrația soluției.

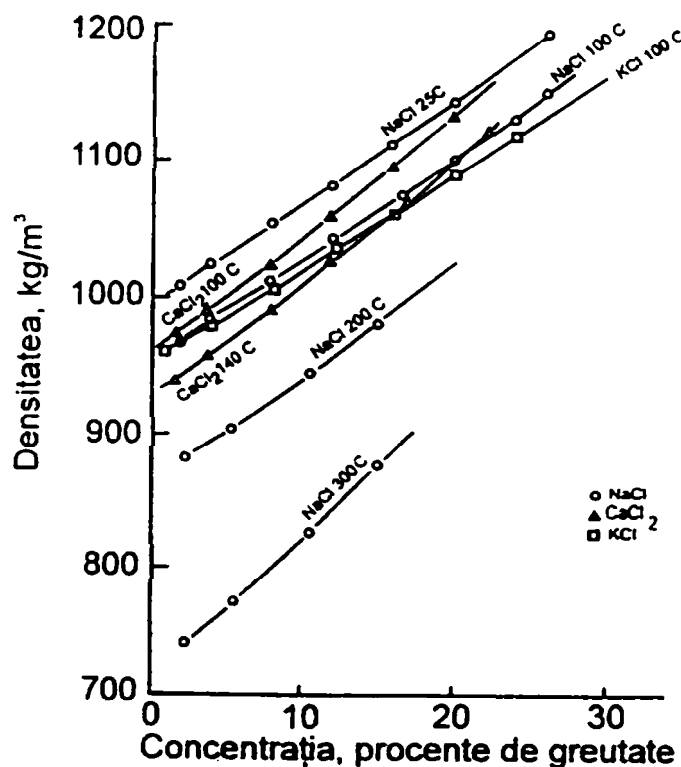


Figura 2.9. Densitățile soluțiilor apoase [84]

Panta acestor drepte, exprimată în variația densității raportată la variația unitară a concentrației, este de 0,0072 pentru clorura de sodiu, 0,0070 pentru clorura de potasiu și 0,0089 pentru clorura de calciu. Panta rămâne constantă și nu depinde de temperatură, așa cum se observă în cazul soluției de clorură de sodiu. În cazul apelor geotermale, constituentul major este clorura de sodiu, în concentrație de peste 70%, iar următorul după acesta, clorura de potasiu, are efect similar asupra densității. Densitatea apelor geotermale se poate exprima corectând densitatea apei pure cu relația:

$$\rho = \rho_w + 0,0073 \cdot w_t \quad [2.3]$$

Relația de mai sus poate da estimări ale densității, cu o eroare mai mică de 2%. [84]

Variația densității în funcție de temperatură se poate obține din relația:

$$\rho_w = 10^3 \cdot \left[\frac{(1 + dt^{1/3} + et)}{(v_c + at^{1/3} + dt + ct^2)} \right] \quad [2.4]$$

în care: $v_c = 3,1975 \text{ cm}^3/\text{g}$; $t = 647,11 - T$; $a = -0,3151548$; $c = 7,48908 \cdot 10^{-3}$; $d = 0,134289$; $e = -3,946263 \cdot 10^{-3}$.

Peste temperatura de 200°C , variația densității funcție de concentrație nu mai este constantă. Astfel, pentru temperaturi mai mari de 200°C , ecuația a doua trebuie corectată:

$$\rho = \rho_w + 7,3 \cdot \left[1 + 1,6 \cdot 10^{-6} (T - 273,15)^2 \right] \cdot w_t \quad [2.5]$$

La concentrații de solide dizolvate mai mari de 20% ($>200000 \text{ p.p.m.}$) și temperaturi mai mari de 200°C , panta variației liniare a densității începe să descrească. În aceste domenii, corelațiile prezentate anterior nu mai sunt valabile.

Prezența dioxidului de carbon în soluție nu afectează variația densității, excepție făcând domeniul aflat în jurul punctului critic. Prezența dioxidului de carbon în soluție conduce la reducerea temperaturii critice a soluției, astfel influențând proprietățile soluției în apropierea condițiilor critice. [84]

2.4.1.2. Capacitatea calorică

Capacitatea calorică a clorurii de sodiu este egală cu $837 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, față de capacitatea calorică a apei, care este $4186,8 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$. În soluții apoase, atomii ionizați sunt separați și sunt înconjurați de molecule de apă. Datorită forțelor polare puternice ale moleculelor de apă, energia necesară pentru a crește viteza moleculelor de apă și astfel a capacității calorice, este mare, în comparație cu cea necesară creșterii vitezei moleculelor de săruri ionizate. Din aceste motive, capacitatea calorică a soluțiilor apoase este estimată prin neglijarea capacității calorice a sărurilor dizolvate. [84] Astfel, o apă geotermală având 10% săruri dizolvate, va avea căldura specifică de $3768,1 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, iar o apă geotermală cu 20% săruri dizolvate, va avea căldura specifică de $3349,4 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, conform relației:[83]

$$c = c_w \left(1 - \frac{w_t}{100} \right) \quad [2.6]$$

Dacă nu se consideră efectele termice care au loc la dizolvarea sărurilor în apă, atunci căldura specifică se poate exprima prin ponderarea căldurii specifice a fiecărui component:

$$c = c_w \left(1 - \frac{w_t}{100} \right) + \sum_i \frac{c_i w_i}{100} \quad [2.7]$$

2.4.1.3. Presiunea de vaporizare

Presiunea de vaporizare a unei soluții apoase de săruri este dată de legea lui Raoult:

$$p = p_w x_w \quad [2.8]$$

Reducerea presiunii de vaporizare, Δp , datorită unei sări cu fracția molară x_s este:

$$\Delta p = p_w x_s \quad [2.9]$$

La orice temperatură, reducerea presiunii de vaporizare va fi obținută din raportul dintre valoarea presiunii de vaporizare la acea temperatură și presiunea de vaporizare la 100 °C :

$$\Delta p = \left(\frac{24}{760} \right) p_w x_{CL} \quad [2.10]$$

Prin convertirea unităților de grame-mol în fracții de greutate exprimate în procente și notând $p = p_w - \Delta p$, presiunea de vapori a soluției de apă geotermală va fi dată de relația:

$$p = p_w \cdot \left(1 - \frac{0,009 \cdot w_{CL}}{\rho} \right) \quad [2.11]$$

Datele experimentale arată că reducerea presiunii de vaporizare pe unitatea de concentrație este cu circa 10% mai mare la concentrații de săruri de 20%. Astfel, ecuația de mai sus va conduce la estimări corecte ale presiunii de vapori pentru toate concentrațiile de săruri dizolvate în apele geotermale, în care clorul reprezintă anionul predominant. Pentru majoritatea apelor geotermale, concentrația de clor este raportată la cantitatea totală de săruri dizolvate, astfel încât ecuația de mai sus devine: [84]

$$p = p_w \cdot \left(1 - \frac{0,004 \cdot w_t}{\rho} \right) \quad [2.12]$$

2.4.1.4. Tensiunea superficială și vâscozitatea

Într-o soluție ionizată, forțele electrostatice crescute, rezultate din interacțiunea ionică, conduc la creșterea forțelor de atracție în straturile superficiale ale moleculelor de apă și astfel la creșterea tensiunii superficiale a soluției ionizate de săruri. Analog, forțele electrostatice mărite din interiorul soluției ionizate, conduc la creșterea forțelor de tensiune în întreaga soluție și astfel a vâscozității. Datele experimentale referitoare la tensiunea superficială și a vâscozității soluțiilor apoase de săruri sunt foarte puține. [84]

Vâscozitatea dinamică a apei pure (η_w [N·s/m²]), prezentată în figura 2.10, variază cu temperatura (t [°C]) conform ecuației:

$$\log \eta_w = -2,03 + \frac{560}{t} \quad [2.13]$$

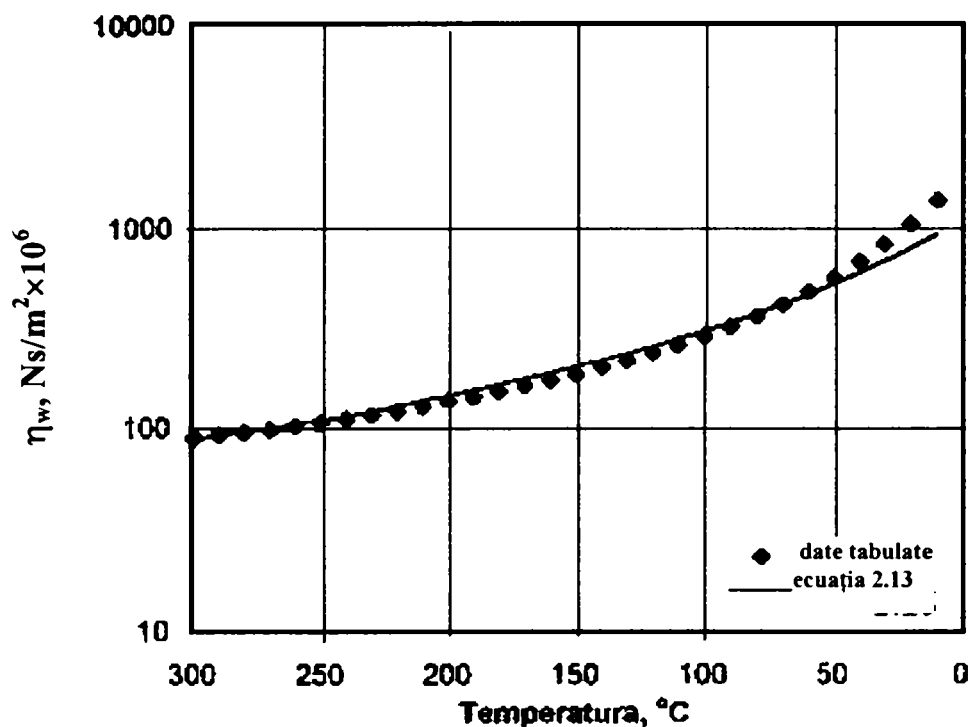


Figura 2.10. Vâscozitatea dinamică a apei

2.4.1.5. Entalpia

Entalpia specifică (h [J/kg]) poate fi calculată prin integrarea capacității calorice pe un domeniu de temperatură, cu condiția ca entalpia specifică la temperatura de referință T_0 să fie egală cu zero:[84]

$$h = \int_{T_0}^T c_B dT \quad [2.14]$$

Efectul conținutului de săruri asupra entalpiei specifice a apei geotermale este mic, în comparație cu entalpia specifică a apei pure, deoarece creșterea densității apei sărate conduce la o compensare a reducerii capacității calorice. [84]

Compoziția gazelor dizolvate se poate determina din analiza vaporilor care se separă din apa geotermală la suprafață, sau din analiza gazelor care se separă în condiții de suprafață din apele geotermale de *joasă entalpie*. Dioxidul de carbon este componentul major în sistemele de ape geotermale de *entalpie ridicată*.

În cazul sistemelor de *joasă entalpie*, componentul gazos preponderent este metanul. Excepție fac sistemele geotermale cu ape acide, în cazul cărora sunt prezente cantități considerabile de sulf și dioxid de sulf. Amoniacul se găsește, cu precădere, în apele care circulă

în contact cu substanțele de origine organică. În general, amoniacul se găsește în concentrații infime. [84]

2.4.2. Proprietățile chimice ale apelor geotermale

Proprietățile chimice ale apelor geotermale vor determina în mare măsură utilizarea acestora în energetică, industrie, agricultură sau pentru consumul uman. Compușii chimici și biochimici dizolvați în apă, vor hotărî, în primul rând, dacă o anumită apă poate sau nu poate fi utilizată într-un anumit scop. De exemplu, un conținut ridicat de acid boric în apă, face ca aceasta să fie toxică față de plante, dar în același timp, aceeași apă, va fi o sursă importantă de materie primă; de asemenea, un conținut cât de mic în bicarbonat de calciu și lipsa ionilor sulfat, chiar dacă sursa de apă are un debit considerabil și o temperatură ridicată, face ca exploatarea în scopuri energetice să devină dificilă.

Acești compuși dizolvați în apa geotermală provin din istoria geologică, în urma contactului cu solul, sau cu depozitele de minerale subterane și în funcție de viteza de deplasare a apei, prin diferitele zone străbătute. Dacă formațiunile geologice pot avea o influență majoră asupra chimismului apelor geotermale, acestea, la rândul lor, influențează cel puțin în aceeași măsură roca traversată printr-un număr însemnat de procese chimice și fizice, într-un mod, uneori, imprevizibil. În mod deosebit, pentru studiul evoluției apelor geotermale, trebuie ținut cont de toată complexitatea fenomenului, cum ar fi: procesele fizice de eroziune, dilatarea și contracția termică, interacțiunea dintre apă și rocă etc. Principiul geochemic de bază, de care ascultă sistemele de ape geotermale, este principiul reversibilității și a echilibrului acestuia.[81]

Apa pură conține atât ioni de H^+ , cât și de OH^- , care provin prin disociere:



Apa este un foarte bun solvent pentru un număr foarte mare de săruri anorganice sau substanțe organice. Proprietățile excepționale de solvent, se datorează constantei dielectrice foarte ridicate a moleculei de apă, la care mai contribuie, în mare măsură și agitația termică. Stabilitatea ionilor în mediu apos se datorează fenomenului de hidratare, care este o consecință a caracterului polar a moleculelor de apă. Fiecare ion pozitiv (cation) va atrage în jurul său un număr de molecule de apă, cu partea negativă a dipolului, obținându-se astfel un aranjament relativ stabil. Numărul de molecule de apă, ce se pot atașa fiecărui cation, depinde de natura acestuia, de exemplu Mg^{2+} și Al^{3+} se hidrolizează cu șase molecule de apă: $Mg(H_2O)_6^{2+}$ și $Al(H_2O)_6^{3+}$.

Speciile de ioni negativi, numiți și anioni, au și ei tendințe de hidratare, atrăgând de data aceasta capătul pozitiv al moleculei polare de apă.

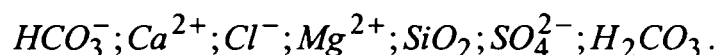
Rezultatul interacțiunii chimice și biochimice între apă și materialele geologice străbătute, duce la încărcarea apelor, care, de fapt, este o oglindire a drumului străbătut de apa geotermală. Concentrația totală a sărurilor dizolvate în apă se determină prin cântărirea rezidului rămas după evaporarea unui volum cunoscut de apă și se numește reziduu fix. Acesta conține, de regulă, materiale anorganice, cu urme neînsemnate de substanțe organice. După conținutul de reziduu fix, mineralele, în general, se împart în patru grupe:

- a) apele dulci RF = 0 – 1,000 g/l
- b) ape salmastre RF = 1,000 – 10,000 g/l
- c) ape saline RF = 10,000 – 100,000 g/l
- d) saramuri RF = 100,000 g/l

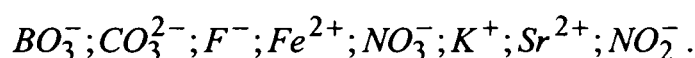
Apele naturale, în general, au proprietăți de electroliți, din cauza prezenței sub formă ionică a unei serii de elemente majore sau minore, din compoziție. Din acest motiv, o indicație importantă asupra cantității de săruri dizolvate, se obține prin măsurarea capacității apei de a conduce curentul electric. Această proprietate se numește conductibilitate electrică.

Pentru a urmări chimismul apelor naturale este foarte comod să ne referim la ionii majori, a căror proporție depășește 90% din cantitatea totală de ioni, ioni minori și microelemente:

- a) constituenții majori (>5 mg/l):



- b) constituenții minori (0,1 – 1,0 mg/l):



- c) microelemente (<0,1 mg/l):

Al; Sb; As; Ba; Bi; Br; Cd; Cr; Co; Ga; Ge; Au; I; Bi etc.

Atât constituenții majori, cât și cei minori și microelementele din apele geotermale, sunt rezultatul trecerii acestora peste diferite roci, în urma fenomenului de constrângere geochemică, care se manifestă prin procese reversibile de dizolvare și absorbție, guvernate de legi cinetice.

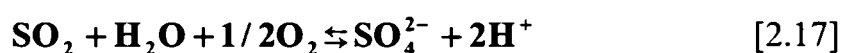
Compușii organici pot deveni, de asemenea, elemente constituente ale apelor geotermale, având ca atom cheie carbonul. Toți compușii carbonului, cu excepția speciilor HCO_3^- , CO_3^{2-} , H_2CO_3 și CO_2 sunt considerați ca și substanțe organice. Materialele organice dizolvate în apă ating uneori valoarea constituenților anorganici. Se cunosc foarte puține despre natura chimică a substanțelor organice dizolvate în apă. Aceste substanțe organice apar, probabil, prin dizolvarea acizilor humici, fulvici, microorganisme anaerobe, sau în urma unui contact mai mult sau mai puțin îndelungat cu hidrocarburile.

Gazele posibile a fi dizolvate în apă sunt: N_2 , O_2 , CO_2 , CH_4 sau H_2S . Primele trei pot proveni din atmosferă; probabil oxigenul dispare din cauza reactivității sale excesiv de mari.

Metanul, hidrogenul sulfurat, dioxidul de carbon și azotul pot proveni din adâncime, în urma unor procese nu destul de bine cunoscute. Pe lângă aceste gaze, apele geotermale pot fi asociate și cu gazele nobile: argon, heliu, cripton și neon. În unele zone, poate să apară și radonul izotopului 222, în urma dezintegrării ^{222}Ra . [26][27][89]

Cu aproximație, toate apele subterane își au originea din ape de infiltrație, printr-un sistem de curgere în formațiuni geologice. Zona solului are o capacitate foarte ridicată de a modifica chimismul apei, atât prin interacțiuni chimice, cât și biochimice. În deplasarea lor, apele subterane își vor modifica de nenumărate ori chimismul, prin diferite efecte și procese geochemice.

Compoziția chimică a apei de precipitare se poate determina prin analize chimice. Astfel de analize au dovedit că aceste ape sunt încărcate, într-o oarecare măsură, cu o serie de substanțe chimice, de ordinul a câteva mg/l. Apa pură, în zonele neindustriale, are pH-ul între 5 și 6. pH-ul de echilibru a apei distilate, în contact cu dioxidul de carbon atmosferic, este de 5,7 la o presiune parțială de $10^{-3,5}$ bari. Din acest motiv, apa este acidă, în urma disocierii acidului carbonic, când se formează ioni de H^+ și HCO_3^- . O altă cauză a creșterii acidității apei de ploaie este oxidarea sulfurului sau a hidrogenului sulfurat (emanații vulcanice), în condiții atmosferice:



Desigur, atmosfera mai conține și alte gaze, cum ar fi: O_2 , N_2 , Ar. În apele subterane, joacă un rol important și cantitatea de oxigen dizolvată în reacțiile de oxidare. [44][66][96]

Un prim contact al apelor de precipitație, este contactul cu solul. În acest context, termenul de sol este folosit pentru stratul superficial, care poate acționa asupra proprietăților fizico-chimice ale apei, atât biologic, cât și chimic. Zona solului poate influența foarte mult chimismul de viitor al apelor subterane. Solul este capabil să genereze o cantitate mare de acizi și să consume, în același timp, o cantitate importantă din oxigenul dizolvat în apă. Din punct de vedere geochemic, cel mai important acid produs în sol, în urma descompunerii substanțelor organice, este acidul carbonic. Acest fapt se poate ilustra cu o reacție simplă:



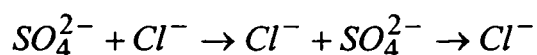
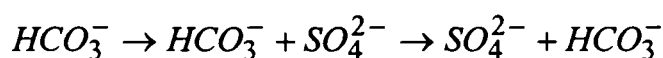
unde CH_2O este prezentat ca hidrat de carbon. Reacțiile anaerobe, ca reducerea sulfatilor și azotaților, generează de asemenea dioxidul de carbon. Aceste procese au, totuși, o contribuție minimă la nivelul solului, față de dizolvarea dioxidului de carbon atmosferic. Acolo unde, în decursul erelor geologice, s-a acumulat o cantitate deosebit de mare de dioxid de carbon, procesele descrise mai sus au un rol deosebit asupra chimismului apelor subterane de mare adâncime.

Măsurătorile efectuate asupra distribuției dioxidului de carbon în apă, în diferite zone ale globului (S.U.A., Europa, Australia) au arătat că aceasta se menține la o valoare relativ constantă, între 10^{-3} – 10^{-1} bari. Efectul dioxidului de carbon asupra solului a fost descris de către Jakmes (1973), Trainer și Reath (1976). Apa care se infiltrează în sol și care a dizolvat o cantitate de dioxid de carbon, întâlnește minerale comune, care consumă acidul carbonic format și alți acizi care s-au format pe parcurs. La acești acizi anorganici se mai adaugă și o serie de acizi organici, rezultanți ai unor procese biochimice la nivelul solului. Acești acizi, cum ar fi acidul humic și acidul fulvic, pot juca un rol însemnat la aducerea în soluție a unor cationi.

La un contact mai îndelungat apă – rocă, se pot întâmpla mai multe fenomene. Pe parcursul mișcării apelor subterane pe un anumit traseu, poate să crească cantitatea de ioni dizolvați, cu atât mai mult cu cât acest traseu este mai lung. Ca să putem pleca de la această generalizare, trebuie ca să se studieze toate aspectele legate de parcursul apei, cum ar fi aria de formare a solidelor, corelarea diferitelor sisteme congruente sau incongruente etc.

O interpretare clasică a chimismului apelor subterane a fost făcută de Chebotarev (1955) și se bazează pe 16000 de analize chimice, din probe culese de pe teritoriul Australiei. El trăgea concluzia că apele subterane tind, într-o evoluție chimică, la chimismul apei de mare. El a observat că această evoluție este normală și urmează schimbul anionic dominant, dat de schema:

- drumul de-a lungul direcției de scurgere →



- înaintare în vârstă →

Acest schimb apare în mișcarea apei de la zona de vid, unde mișcările sunt rapide, la zona de adâncime, unde mișcările sunt mult mai lente, paralele și cu înaintarea în vârstă.

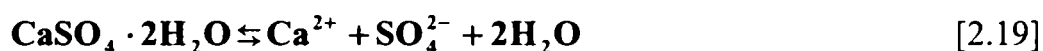
Pentru un bazin sedimentar de mari proporții, segmentele Chebotarev sau fenomenul, se poate descrie ca o trecere prin trei zone:

- a) Zona superioară – caracterizată printr-un curent activ de apă subterană. Apa în această zonă are un anion dominant, HCO_3^- , și este săracă în solide dizolvate.
- b) Zona intermediară – cu circulație de apă mai puțin activă și cu o cantitate mare de solide dizolvate. Sulfatul este anionul normal, dizolvat în această zonă.
- c) Zona inferioară – cu un curent foarte slab de apă subterană. Sunt prezente minerale foarte solubile în apă, zona fiind caracterizată de o prezență abundentă de ioni de Cl^- .

În bazinele sedimentare, apele subterane din zona superioară, au o vechime de la câțiva ani, la câțiva zeci de ani; în zona intermediară, apa poate fi cantonată de la câteva sute de ani, la câteva mii de ani, pe când în zona inferioară, apa, de regulă, este foarte veche, având o vârstă de la câteva mii de ani, la milioane de ani.

Din punct de vedere geochimic, evoluția anionică variază în funcție de natura mineralului și de solubilitatea acestuia. Conținutul de HCO_3^- în apele subterane, provine în mod normal din zona superioară, prin divizarea de către CO_2 a calcitei și a dolomitei. Presiunea parțială de CO_2 din zona solului duce la dizolvarea totală a calcitei și dolomitei, astfel că la $10^{-3} - 10^{-1}$ bari se poate ajunge la o concentrație de echilibru între 100 – 600 mg/l HCO_3^- ; deci, ionul dominant în această zonă, va fi ionul HCO_3^- .

Un mineral destul de comun este gipsul $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ și anhidrida $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Aceste minerale se dizolvă relativ ușor în contact cu apa. Reacția de dizolvare a gipsului este următoarea:



Gipsul și anhidrida sunt minerale mai solubile în apă decât calcita și dolomita, dar mult mai puțin solubile decât mineralele clorurice, cum ar fi halitul (NaCl) sau silvina (KCl). La o presiune a dioxidului de carbon de $10^{-3} - 10^{-1}$ bari, prin dizolvarea calcitei (dolomitei) și a gipsului (anhidridei), apa devine sălcie, cu o mineralizație între 2100 – 2400 mg/l. Anionul dominant va fi SO_4^{2-} , ca efect al schimbului $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-}$, arătat în secvența evolutivă anionică, de către Chebotarev. Dacă în contact cu apa, este o cantitate suficientă de calcită și/sau dolomită și gips, aceasta va deveni repede saturată și nu va putea suferi modificări doar în contact cu alte minerale mai solubile. În linii mari, chimismul unei ape este constrâns de două sau trei minerale (ca urmare a solubilității în apă a acestora). Procesele evoluției de la o etapă la alta, sunt controlate în ultima instanță, de disponibilitatea acestor minerale de-a lungul drumului parcurs de apele subterane. După un timp îndelungat, prin trecerea apei peste alte formațiuni geologice, mai solubile, pot avea loc schimburi ionice la diferite nivele.

La mare adâncime, apele subterane din bazinele sedimentare, schimbă ionul SO_4^{2-} , ca ion dominant, cu Cl^- . Acest lucru se petrece atunci când apele subterane vin în contact cu minerale clorurice foarte solubile, cum ar fi halitul (NaCl) și silvina (KCl). Mineralele clorurice pot apărea la bazinele sedimentare, ca strat de sare din depozitul original, prin evaporare sau bazine marine, închise de milioane de ani. Aceste minerale clorurice se dizolvă foarte rapid în apă. În general, prezența unui singur anion dominant, cum ar fi Cl^- , dovedește un contact îndelungat al apei cu mineralele clorurice, contact în care se tinde la înlocuirea tuturor speciilor anionice cu Cl^- . În stratul dolomitic, unde prezența ionului Cl^- achiziționată de apă, este controlată, pe scară largă, de procesul de difuziune, ionul Cl^- se deplasează prin spațiile mici poroase și în straturile fracturate.

În concluzie, evoluția chimismului apelor geotermale de la HCO_3^- la SO_4^{2-} și apoi la Cl^- , se realizează printr-un proces foarte lent și graduat, în funcție de mulți factori, cum ar fi distanța parcursă de apă, timpul de contact, natura bazinului sedimentar etc.

2.4.3. Caracteristicile fizico-chimice ale apelor geotermale din județul Bihor

Apele geotermale au compoziții chimice foarte variate, care reflectă condițiile geologice ale sistemului geotermal, sursa de realimentare, sursa gazelor dizolvate etc. Hidrologia sistemului geotermal este, de asemenea, importantă în caracterizarea chimică a apelor geotermale, deoarece procesele de fierbere sau condensare care au loc, pot afecta compoziția chimică. Proprietățile termice și hidrodinamice ale sistemului geotermal (fluxul de căldură, conductivitatea termică a rocilor și fluidului, permeabilitatea) pot da indicații dacă sistemul geotermal este convectiv sau este staționar.

În prezent, apa geotermală este exploatată, în general, prin sonde forate într-un zăcământ hidro-geotermal, care conține ape meteorice încălzite de o sursă de căldură de origine magmatică. Aceste sisteme geotermale pot fi încălzite prin convecție, conducție, transfer convectiv de masă (în special în zone geologic active) sau prin combinația acestor trei căi. Apa care circulă prin rocile permeabile, dizolvă mineralele componente ale acestora, formând astfel o soluție fierbinte de săruri: apa geotermală. Experimentele de laborator au arătat că apa care ajunge la echilibru cu roca de zăcământ, în aceleași condiții de presiune și temperatură, este similară în compoziție chimică cu apa geotermală din sistemul hidro-geotermal.[81]

Apele geotermale sunt, în general, soluții de NaCl. Suplimentar, se pot găsi importante cantități de K. Un cation major al apelor geotermale este calciul. Silicea este prezentată sub formă de acid silicic. Clorul este singurul constituent anionic major, după care urmează bicarbonatul.

În general, concentrația de silice este determinată de echilibrul de solubilitate al cuarțului la nivelul zăcământului, care este funcție de temperatura apei geotermale la nivelul zăcământului, ea variind între 200 – 600 p.p.m. și este independentă de concentrația de NaCl. Raportul dintre acidul silicic și clorura de sodiu, raportată la cantitatea totală de solide dizolvate, nu este constant. Exceptând silicea, raportul dintre cationii majori, Ca și cei minori este constant cu cel de sodiu, datorită reacțiilor de echilibru care au loc în sistem.

Caracteristicile fizico – chimice ale apelor geotermale, de la sondele din județul Bihor, sunt redată în tabelul 2.2.[62]

Tabelul 2.2

Parametru	Oradea	Borș	Ciumeghiu	Săcuieni
Temp.(°C)	70...102	105...120	83...102	74...85
pH	6,2...7,3	7,0...7,8	7,0...7,8	7,6...8,3
Duritate (°ger.)	35...48	15...26	1,2...2,3	1,5...2,0
Solide dizolvate (g/l)	0,85...1,1	9,5...14,1	5,3...7,3	4,2...5,0
SiO ₂ (mg/l)	45...64	60...168	105...168	42...78
HBO ₃ (mg/l)	abs.	175...305	50...190	38...75
Fenoli (mg/l)	abs.	0,3...0,7	16...38	4,0...6,5
Cl ⁻ (mg/l)	15...50	6600...7100	490...2200	720...850
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	360...850	125...170	47...58	38...112
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	150...300	1200...1700	3080...3730	2080...2750
K ⁺ (mg/l)	30...75	3800...4900	1475...2200	1160...1600
Na ⁺ (mg/l)	3...15	300...470	28...33	16...27
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,3...2,2	10...15	7,0...12,5	9,2...14
Ca ²⁺ (mg/l)	144...250	84...181	9...21	5,5...10
Mg ²⁺ (mg/l)	25...62	12...70	1,1...4,2	2...3,5
Fe ²⁺ (mg/l)	0,7...3,4	1,7...3,0	0,2...3,5	0,2...0,5
Tipul apei	CaSO ₄	NaCl	NaHCO ₃	NaHCO ₃
Rația gaze-apă, (Nm ³ /m ³)	0,05	5...6,5	2,3...3,0	-
Constituenți majori	CH ₄ >CO ₂	70% CO ₂	85...90%CH ₄	92%CH ₄

Concentrația ionilor de hidrogen, pH-ul. Alcalinitatea, aciditatea și neutralitatea (pH-ul) apelor geotermale sunt determinate de echilibrul acid – bază. pH-ul unui sistem hidrotermal neinfluențat de exploatare, este controlat de echilibrul dintre apa geotermală și alumino-silicații din depozitele minerale. În cazul apelor geotermale de tip bicarbonat, pH-ul este cuprins între 6 și 6,5, sau în apropierea acestor valori, datorită acțiunii catalitice a reacțiilor de carbonați. Odată cu exploatarea zăcămintului geotermal, gazele dizolvate tind să iasă din soluție, dacă sunt posibile fenomene de difuziune și vaporizare, rezultând astfel modificări ale pH-ului.[81][82][12]

Un pH mai scăzut îl prezintă apele geotermale cu salinitate mai ridicată, iar un pH mai ridicat, îl au apele geotermale sulfatate, datorită reacțiilor care au loc în formarea sulfatului și a hidrogenului sulfurat.

Clorul. Concentrația ionilor de clor variază considerabil, nu numai de la zăcămint la zăcămint, dar și în cadrul aceluiași zăcămint geotermal, de la o sondă la altă sondă. Acest lucru este valabil și pentru cantitatea totală de solide dizolvate, dar și pentru cei mai mulți dintre componenții individuali.[81][82]

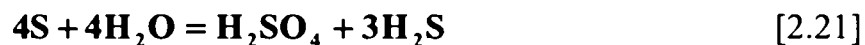
Carbonatul și boratul. S-a demonstrat că pentru un sistem geotermal dat, rația dintre clor și borat este constantă și se datorează echilibrului pentru un tip de rocă dată. Borul este prezent sub formă de borat și se găsește în concentrație variabilă între 0...40 p.p.m. Concentrația în carbonat a unei ape geotermale nu depășește, în general, 100 p.p.m. Cantitatea de carbonat

care se găsește în apele geotermale, este rezultatul echilibrului dintre pH și calciu, ca rezultat al reacției calcitului [81]:



Odată cu creșterea pH-ului, cantitatea de carbonat dizolvat va scădea, datorită modificării echilibrului dintre bicarbonat și dioxidul de carbon.

Sulfatul și sulfitul. Prezența depozitelor de sulf și a rocilor care conțin minerale de sulf, prin care circulă apele geotermale, generează reacția chimică de formare a acidului sulfuric:



Acidul rezultat din reacția de mai sus, va reduce caracterul catalitic al reacțiilor cu alumino-silicații.

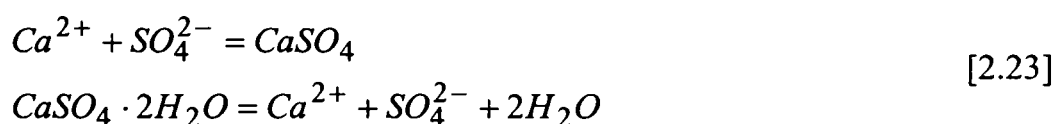
În zonele active din punct de vedere geologic, dioxidul de sulf, dacă este prezent, va conduce la formarea acidului sulfuric, prin reacția cu apa geotermală, după cum urmează:



Dioxidul de sulf are un rol determinant în controlul pH-ului, dacă se găsește în concentrații suficiente în soluție.

În ambele din situațiile următoare, se formează o soluție de acid clorhidric și concentrația de bicarbonat este redusă, funcție de aciditatea soluției.

Cantitatea de sulfat din soluție, tinde să fie limitată de solubilitatea anhidridului sau a gipsului.



De asemenea, concentrații mari de calciu, limitează concentrația de sulfat în soluție.

Fluorul. Concentrația de fluor din apele geotermale, este limitată de solubilitatea fluoridului de calciu. Fluorul este dizolvat ușor din rocile riolitice și este dizolvat mai greu din rocile silicifiate. Concentrațiile de fluor și sulfat în apele geotermale, saturate cu aceste componente, variază invers proporțional cu concentrația de calciu.

Sodiul. Datorită abundenței de clorură de sodiu și datorită solubilității ridicate a clorurii de sodiu în apă, cantitatea de sodiu nu este limitată la o anumită valoare de echilibru, dar depinde de evoluția geografică anterioară a sistemului geotermal, precum și de temperatura acestuia, cantitatea de sodiu și astfel cantitatea totală de solide dizolvate în soluție variază în limite largi.

Potasiul. Concentrația de potasiu în apele geotermale este determinată de echilibrul de schimb dintre sodiu și potasiu cu alumino-silicații. Raportul dintre moleculele de sodiu și potasiu este constant la o anumită temperatură. Echilibrul chimic variază invers proporțional cu temperatura. Raportul dintre sodiu și potasiu stă la baza geotermometrului de sodiu-potasiu care, de fapt, constituie o metodă de prevedere a temperaturii de zăcământ, din cunoașterea raportului

dintre sodiu și potasiu în apa geotermală de la capul de exploatare al sondei sau al unui izvor de suprafață.

Calciul. Datorită echilibrului dintre ionul de calciu și calcit în condiții de zăcământ, produsul dintre concentrația de calciu și carbonat va fi constant, în funcție de temperatura de zăcământ. Acest produs este foarte mult influențat de pH, care la rândul său depinde de reacțiile de echilibru dintre alumino-silicați și sodiu, în absența reacțiilor dominante cu sulfatii. Astfel, raportul dintre concentrația calciului și carbonat, este raportat la concentrația de sodiu și temperatură.

Această corelare se aplică la apele geotermale care sunt în echilibru cu roca de zăcământ. În situația când apa geotermală este exploatată printr-o sondă și circulă prin instalații de suprafață, corelarea de mai sus nu mai este valabilă. În această situație, echilibrul este controlat de chimia carbonaților.

Litiul. Litiul se găsește în apele geotermale în concentrații substanțiale, până la câteva sute de p.p.m. Litiul nu se concentrează în soluția de apă geotermală, astfel concentrația lui este similară cu cea a rocii din care este constituit zăcământul.[7][12][81]

Fierul și aluminiul. Fierul și aluminiul formează săruri complexe cu silicea; prin urmare, fierul și aluminiul lipsesc, sau se găsesc în concentrații infime în soluțiile de ape geotermale. Fierul este mai solubil și poate fi prezent în cantități de aproape 1 p.p.m. în apele geotermale.

Metalele rare. Foarte puține informații sunt la dispoziție, în legătură cu prezența metalelor rare în apele geotermale.

O analiză completă a fost făcută pentru apele geotermale din Islanda. Cromul, cobaltul, nichelul și zincul au fost găsiți în câteva probe de apă acidă sau apă alcalină, care s-a găsit în contact cu argilele. Prezența cuprului nu a fost detectată. Conținutul de cobalt și de zinc tinde să crească odată cu scăderea pH-ului. Galiul, germaniul, fierul, vanadiul, titanul și molibdenul au fost găsiți într-un număr mare de probe. [7][81]

2.5. Valorificarea energetică a resurselor geotermale

Folosirea multifuncțională a resurselor geotermale este menită să devină tipul predominant al utilizării resursei geotermale. Aceasta din cauză că, față de valorificarea unifuncțională, oferă următoarele avantaje: [2][3][23][56]

- 1) este mult mai economică și poate oferi beneficii sociale suplimentare (de exemplu încălzirea bazinelor de înot);
- 2) de obicei permite o eficiență mai mare în folosirea energiei;
- 3) permite utilizarea resurselor asociate cum ar fi apa, mineralele și gazele;
- 4) deseori minimalizează sau elimină problemele de mediu.

Valorificarea multifuncțională a resurselor este posibilă, datorită caracteristicilor unice ale resursei, care au trăsături multicomponente și multidimensionale. Resursele geotermale pot include resurse gazoase, lichide și solide. Structura resursei include, de asemenea, un sistem pentru curentul cald și un spațiu de acumulare (depozitare), care se poate reumple. De asemenea, resursele geotermale pot avea calități balneologice și un potențial pentru putere mecanică (câmpuri de geopresiune); ele pot transmite radioactivitatea, și pot forma în jurul depozitului geotermal depozite minerale.[2][3][56]

Astfel, resursele geotermale sunt unice și inegalabile de către orice alte resurse naturale, datorită multitudinii de aplicații potențiale. Multiplicitatea componentelor resursei geotermale, variind de la un tip la altul și de la un câmp la altul, permite un număr foarte mare de modele diferite de utilizare a resursei. Pe lângă o singură folosire directă a componentelor resursei, mai există - și deja parțial s-a aplicat - refolosirea unor componente (cum ar fi căldura, vaporii și apa) în oricare din următoarele forme:[56]

- 1) refolosire;
- 2) vaporii condensați;
- 3) apă pentru răcirea condensatorului;
- 4) procese tehnologice industriale.

În sfârșit, există posibilități de folosire a resurselor externe, pentru a întări potențialul resursei geotermale; acestea includ folosirea apei de o slabă calitate (apa sălcie sau apa termală poluată) sau a apei nesănătoase (dăunătoare, similară apei de canalizare), pentru reîncărcarea câmpului geotermal și folosirea exploziilor nucleare, pentru a contribui la adăugarea de căldură rezervorului geotermal. Nu se sugerează că exploziile ar trebui folosite în câmpul geotermal, dar posibilitatea tehnică există și ea a fost discutată. În viitor, ne putem aștepta la un progres suplimentar în recunoașterea componentelor geotermali, în aplicarea refolosirii și în îmbogățirea

resursei geotermale. Se poate presupune, de asemenea, că în viitor, în anumite câmpuri geotermale, am putea găsi un mijloc de folosire a câmpului fierbinte geotermal, ca o mașină de pregătit chimică, în care punem material pentru prelucrare. Fiind date aceste variate componente geotermale, cu potențialul lor de folosire și îmbogățire a resursei geotermale, ar fi posibile sute de modele de aplicare a resursei geotermale. Cele mai atractive din punct de vedere economic, vor fi determinate, în practică, de 3 grupe de factori:

- 1) tipul și mărimea resursei;
- 2) nevoile economice și potențialul ariei în care resursele geotermale sunt plasate;
- 3) condițiile instituționale și restricțiile.

1. *Tipuri de resurse geotermale.* Dacă avem în vedere tipurile de resurse geotermale cunoscute în prezent și încercăm să le clasificăm, după numărul componentelor posibile ale resursei, pentru utilizarea multifuncțională, obținem următoarea ordine, în funcție de importanță:

- 1) câmpuri cu vapori umezi;
- 2) câmpuri geopresionale;
- 3) câmpuri cu vapori uscați;
- 4) câmpuri cu temperatura scăzută;
- 5) câmpuri cu regimuri de rocă fierbinte și uscată.

În primele patru cazuri, toate foarte bine cunoscute, natura ne asigură în același timp cu căldură și conducători de căldură (vapori sau apă); în regimuri de rocă fierbinte sau uscată, avem numai o sursă de căldură dacă găsim regimuri de rocă fierbinte și uscată în cantitate mare și economică.

Câmpurile cu vapori umezi și câmpurile geopresionale sunt resurse geotermale multicomponente și ambele sunt frecvente în natură.

Câmpurile cu vapori uscați s-au folosit până acum numai pentru producerea electricității, deși vaporii ar putea fi folosiți, parțial sau în totalitate, în alte scopuri, asigurând un beneficiu mai ridicat. Câmpurile cu temperatură scăzută sunt folosite aproape în exclusivitate pentru încălzire, și regimurile de rocă fierbinte și uscată, dacă se pot valorifica cu succes, sunt conceptual destinate pentru a produce vapori.[56][84]

2. *Nevoile economice și potențialul regiunilor.* Localizarea și caracteristicile resursei sunt importante pentru resursele geotermale, în general și pentru o revizuire, în cazul utilizării multifuncționale. Apa fierbinte, componenta principală a celor mai multe tipuri de resurse geotermale, nu poate fi transportată economic la o distanță de peste 50 de km; astfel, folosirea apei calde ca o sursă de căldură, cere o utilizare în apropiere și același lucru se aplică și la vapori, care cer o stație geotermală în apropiere. Electricitatea poate fi transmisă la distanțe mari; și minerale valoroase extrase din apele geotermale ar putea fi, de asemenea, transportate pe distanțe

lungi, dar în fiecare caz, primul procedeu trebuie aplicat acut lângă zona respectivă. Date fiind aceste restricții ale resurselor, nevoile și clauzele economice ale regiunii respective sunt decisive pentru o utilizare multifuncțională. Astfel, dacă în preajmă sunt produse agricole sau forestiere pentru prelucrare, care necesită căldură, dacă câmpul geotermal este într-o regiune temperată sau rece, unde este necesară încălzirea caselor, spitalelor, clădirilor industriale etc., dacă se află industrie în apropiere, care poate utiliza componentele variate ale resursei geotermale, atunci o utilizare multifuncțională a resurselor nu este numai realizabilă, dar în același timp va fi preferabilă, din punct de vedere economic, în toate cazurile.

Deci, în general, potențialul local economic al regiunii, va determina, în mare parte, utilizarea multifuncțională a resursei geotermale. Clima și alte condiții de mediu sunt, de asemenea, importante. În regiunile reci, cu condiția să fie populate, se va face o cerere imediată pentru încălzirea locuințelor. În regiunile semiaride sau aride, volumele mari de apă produse de resursele geotermale, ar putea aduce contribuții importante pentru producția de hrană și fibre, printr-o mulțime de mijloace. Un câmp geotermal este, într-adevăr, singura resursă care ar putea să asigure pentru aproape un an provizia de apă, căldură și CO₂. În anumite cazuri, unii fertilizatori pot să provină din sursele geotermale. Câmpurile geotermale produc destulă apă, chiar și pentru agricultură, pe o scară mai largă.

Un caz special, dar probabil de o importanță crescândă pentru viitor, este utilizarea resurselor geotermale pentru scopurile municipalităților, cum ar fi încălzirea bazinelor de înot (ca în Islanda), așezarea de conducte de apă geotermală caldă sub șosele, ca să prevină înghețarea lor (ca în Klamath Falls, Oregon) și sterilizarea solului (ca în Noua Zeelandă). Aceste aplicații și multe altele, indică o orientare a municipalităților și a altor organizații colective spre utilizarea resurselor geotermale. Cazurile dificile pentru utilizarea multifuncțională a resurselor geotermale, sunt regiunile cu o populație scăzută sau nepopulate, unde nu există infrastructurile obișnuite și unde este dificil de găsit o piață pentru diferiții componenți ai resursei.

3. *Condiții de amenajare.* Există patru tipuri de constrângeri de amenajare, care afectează valorificarea geotermală, în general, și în special utilizarea multifuncțională, cum ar fi:[56]

a) *Politica și controlul guvernamental.* În toate țările, rolul guvernelor în exploatarea geotermală este foarte important. Acolo unde se implică o valorificare multifuncțională și apa fierbinte ar trebui distribuită într-un oraș, aceasta poate fi privită mai mult ca o obișnuită funcție de utilitate publică și astfel necesită autorizații speciale. În țări unde exploatarea resurselor naturale este permisă, dar nu există o legislație geotermală, se pot face foarte puține, în afară de studii științifice, până când o asemenea legislație va fi decretată.

b) *Constrângerile companiilor petroliere și electrice.* Acestea sunt interesate în vânzarea masivă a vaporilor, din moment ce vând petrol, și nu sunt până acum interesate să între în

operații multifuncționale.

c) Considerații de mediu. În țările bine dezvoltate, restricțiile și temerile referitoare la mediu, devin un obstacol serios pentru exploatarea și valorificarea geotermală.

d) Lipsa studiilor și a personalului calificat în utilizarea multifuncțională.

2.6. Utilizarea apelor geotermale

Pentru a utiliza apele geotermale în condiții cât mai bune, trebuie să se aibă în vedere mai mulți factori pozitivi și negativi, care apar în acest caz:

- Parametrii calitativi ai apelor geotermale:
 - Temperatura apei geotermale. Cu cât potențialul termic al apei este mai ridicat, cu atât apa își găsește posibilități de utilizare mai mari. Apa cu temperatura sub 50°C este greu de utilizat, necesitând investiții costisitoare. În același timp, pentru extragerea unei cantități de căldură cât mai mari și pentru a asigura o evacuare în emisar cât mai avantajoasă, este de dorit ca apa să se răcească până la 15-35°C.
 - Debitul apei geotermale este de obicei limitat la un foraj dat; deci, în cazul unui consum mai mare, este nevoie de forarea mai multor puțuri, care însă trebuie să fie distanțate între ele, pentru a nu se influența reciproc. Condițiile hidrogeologice se îmbină, astfel, cu cele economice.
 - Presiunea influențează asupra debitului apei și asupra modului de extragere a ei din puț.
 - Chimismul este un factor hotărâtor, de care depinde utilizarea apei geotermale. Apele geotermale conțin, printre altele, săruri și fenoli. La apa neutră $\text{pH} = 7$, la apa acidă $\text{pH} < 7$, iar la apa bazică $\text{pH} > 7$.

Indicele de saturație este exprimat sub forma:

$$I_s = \text{pH} - \text{pH}_s, \quad [2.24]$$

în care pH_s este valoarea de saturație;

dacă: $I_s = 0$ există o situație de echilibru;

$I_s < 0$ apare subsaturația apei cu carbonat de calciu și exces de CO_2 , deci apare tendința de a dizolva depozitele de carbonat de calciu și deci agresivitatea față de metale;

$I_s > 0$ apare suprasaturația cu carbonat de calciu și deci tendința de depozitare a sării. [106]

$0 < I_s < 1$ apa este slab incrustantă; $0,4 \text{ mg/dm}^3$, zi

$1 < I_s < 2$ apa este mediu incrustantă; $0,4 \dots 1,75 \text{ mg/dm}^3, \text{zi}$

$I_s > 2$ apa este puternic incrustantă; $1,75 \text{ mg/dm}^3, \text{zi}$.

În funcție de valoarea pH-ului, apele geotermale se pot trata cu inhibitori de coroziune sau acid clorhidric.

Exemplificând pentru unele zone cu resurse hidrogeotermale, apele se prezintă astfel:[106]

- Banatul de Vest, ape mediu incrustante;
- Borș, Oradea, ape puternic incrustante;
- Cozia, Căciulata, ape corosive;
- București Nord - Otopeni, ape corosive.

Rolul stației de tratare este acela de a corecta compoziția chimică a apei geotermale, aducând la zero valoarea indicelui de saturație. Acest lucru se realizează prin tratarea cu inhibitori a apei geotermale, prin introducerea lor direct în gura sondei.[106]

Dintre inhibitorii folosiți cu bune rezultate în România, se amintesc:

- tripolifosfat de sodiu;
- vinil acetat anhidridă maleică – VAMA;
- polielectrolit anionic – PONILIT.

Tipul inhibitorului și doza folosită se stabilesc pentru fiecare caz în parte, pe baza măsurărilor asupra compoziției chimice a apei geotermale din sondă.

Dozele de inhibitori practicate (mg/litru de apă geotermală) sunt următoarele:

- o VAMA: $5 \dots 15 \text{ mg/l}$;
- o Tripolifosfat de sodiu: $5 \dots 10 \text{ mg/l}$;
- o PONILIT: $1 \dots 20 \text{ mg/l}$.

Pentru realizarea tratării cu inhibitori a apelor geotermale, se utilizează o stație de tratare, compusă, în principal, din rezervoare de diluare-consum inhibitori și pompe dozatoare, care injectează produsul într-o buclă, în care se vehiculează un debit scăzut de apă geotermală. Amestecul inhibitor este dirijat către fundul forajului printr-o țevă de diametru mic, introdusă în coloana sondei.

Se încearcă separarea sărurilor cu ajutorul unui câmp magnetic. Fenolii pot fi absorbiți în cărbune activ.

- Radioactivitatea apei are importanță îndeosebi la utilizarea directă și la deversarea în emisar. Apa geotermală poate conține uraniu, radon (gaz) și radium. Un conținut mare de radium în apa utilizată, poate provoca cancerul osos.[39]
 - Gazele diluate în apă (metanul și bioxidul de carbon, în principal) trebuie evacuate prin degazare, imediat după ieșirea apei din puț. Există și posibilitatea utilizării gazului metan în scopuri energetice.
Degazarea se poate face, după caz, în degazoare atmosferice sau sub presiune.
 - Obținerea apelor geotermale:
 - Apele geotermale se obțin din puțuri cu presiune proprie (arteziene) sau din puțuri cu presiune ajutătoare (prin pompare), cu ajutorul pompelor submersibile.
 - După ieșirea apei din puț, se face degazarea și la nevoie, tratarea chimică. Există și posibilitatea de a injecta inhibitori direct în puț.
 - Pentru a evita înnisiparea puțurilor, este necesar ca apa să fie utilizată permanent.
 - Utilizarea apelor geotermale:
 - pentru încălzire, apă caldă de consum, sere, piscine, instalații frigorifice cu absorbție, pompe de căldură, scopuri tehnologice (printre care uscătoare de produse agricole) – în anotimpurile mai reci;
 - pentru apă caldă menajeră, piscine, instalații frigorifice cu absorbție, uscătoare, scopuri tehnologice – în anotimpurile mai calde.
- Când se pune problema utilizării apei geotermale, este necesar să se facă un calcul tehnico-economic comparativ cu alți agenți purtători de căldură la dispoziție, spre a alege varianta optimă, atât în ceea ce privește termenul de recuperare, indicatorii tehnico-economici ai producției, cât și economisirea unor materiale deficitare și combustibili convenționali.
- Evacuarea apelor geotermale se poate face în mai multe variante, cu condiția păstrării echilibrului ecologic:[90][110][112][114]
 - ✓ în emisarii naturali, numai după ce apa a fost răcită suficient și nu sunt depășite limitele de calitate impuse de NTPA 001/2002;
 - ✓ prin pomparea directă în pungile de țigăi;
 - ✓ prin repomparea în straturile de ape geotermale.

Utilizarea directă a apelor geotermale se poate realiza pentru:

1. încălzirea încăperilor și prepararea apei calde menajere;
2. încălzirea serelor;
3. piscicultură și acvacultură;
4. balneologie;
5. utilizări industriale.

Principalele utilizări ale apei geotermale în România sunt: încălzire spații și preparare apă caldă menajeră, încălzire sere, uscarea lemnului, pasteurizarea laptelui, topirea inului și a cânepii, creșterea intensivă a peștilor etc. (vezi figura 2.11). Economia totală de energie realizată anual este de peste 35000 t.e.p.: încălzire spații 36%, încălzire sere 23%, procese industriale 7%, piscicultură 2%, balneologie 32%. În scop balneoterapeutic sunt utilizate cca. 30 de sonde (cu un debit total de peste 360 l/s, apele având temperaturi cuprinse între 38 - 65°C), care asigură funcționarea a 16 stațiuni termale, în care se tratează peste 500.000 persoane/an. Sunt în funcțiune, de asemenea, 24 de ștranduri și 7 piscine acoperite.

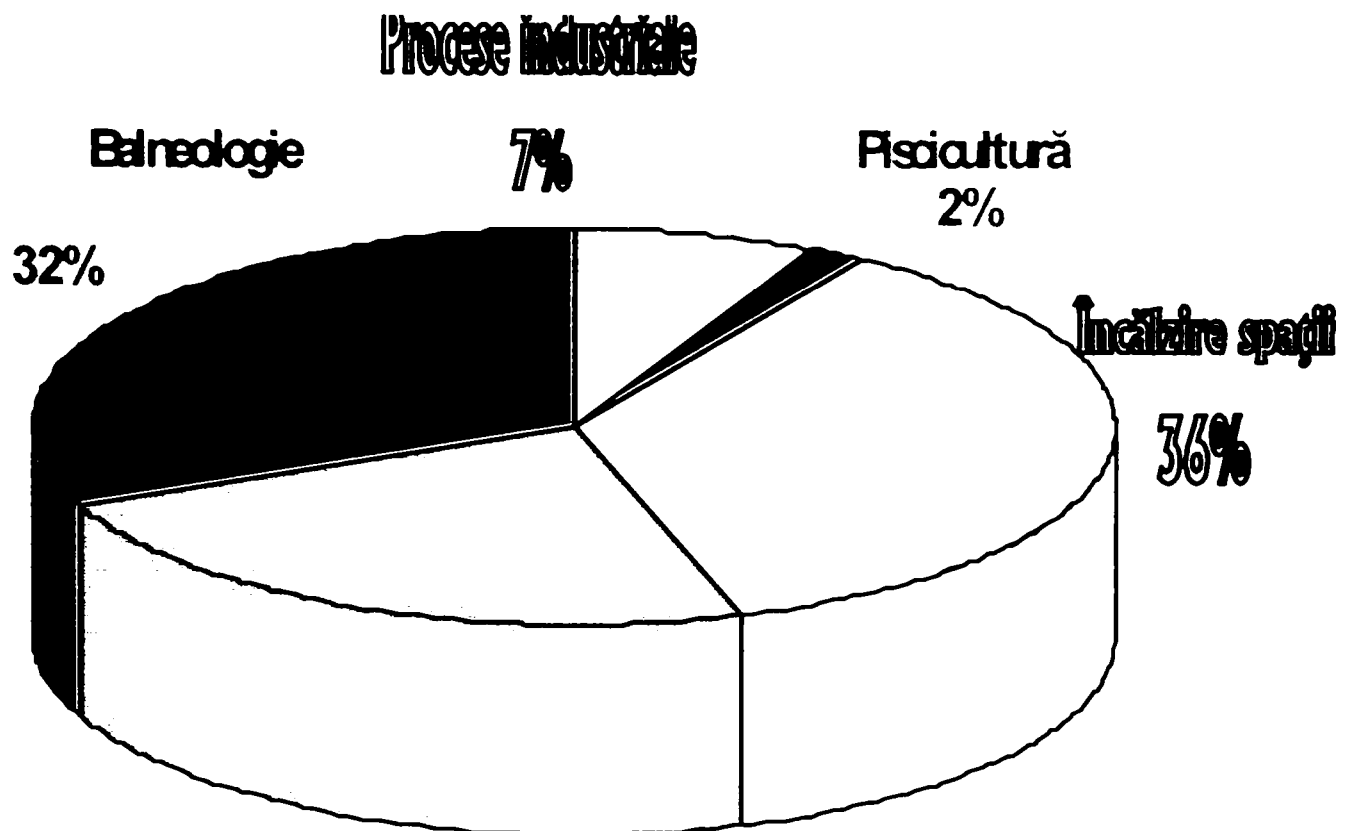


Fig. 2.11. Utilizarea apei geotermale în România

Domeniul de utilizare depinde, în principal, de temperatura apei geotermale. Principalele domenii în care apa geotermală poate fi utilizată în condiții de eficiență economică, în funcție de temperatura acesteia, au fost studiate de Lindal și sunt prezentate în diagrama din figura 2.12.

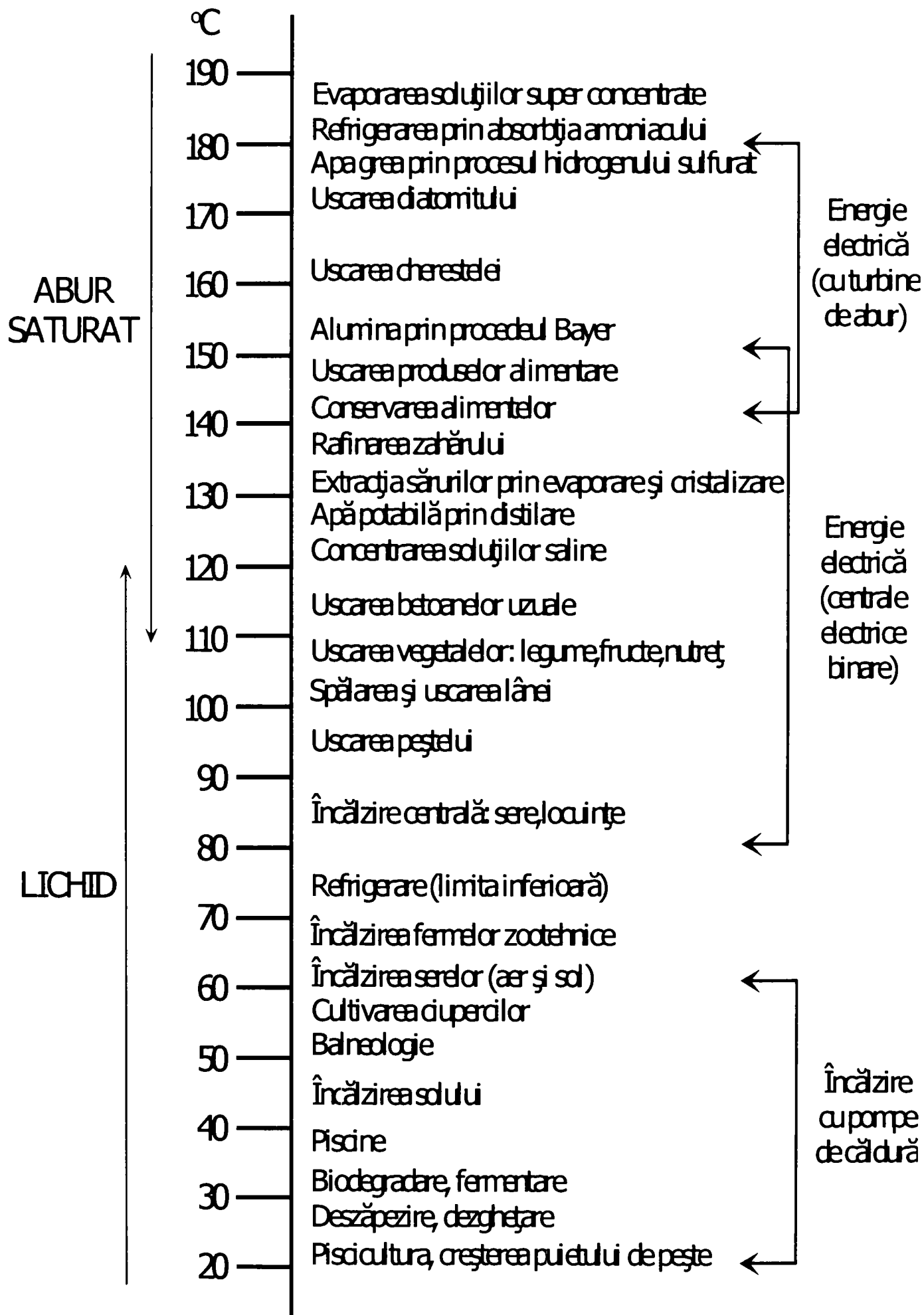


Figura 2.12. Diagrama Lindal [84]

2.6.1. Încălzirea încăperilor și prepararea apei calde menajere

Ținând cont de aspectele economice care apar la încălzirea încăperilor folosind combustibil clasic, precum și de criza energetică actuală, s-au dezvoltat aplicații ale utilizării apelor geotermale pentru încălzirea încăperilor și prepararea apei calde menajere. Utilizarea, în acest scop, a apei geotermale, se realizează în aproximativ 40 de țări.

Prima încălzire rezidențială în lume, folosind apă geotermală, a fost în Chaudes Aigues (Franța) în secolul al XIV-lea. Primul sistem de încălzire folosind apă geotermală a fost realizat în 1930 la Reykjavik (Islanda). În prezent, 85% din totalul populației Islandei trăiește în locuințe încălzite cu apă geotermală. Sisteme de încălzire pe scară largă au fost construite în multe țări, precum Islanda, Japonia, China, Franța, Italia, SUA etc.[1][7][10][11][84][9]

În municipiul Oradea, de exemplu, prin utilizarea apei geotermale, se asigură apa caldă menajeră unui întreg cartier de locuințe.

De menționat că Universitatea din Oradea este printre cele 3 universități din lume, care utilizează apa geotermală pentru încălzire și prepararea apei calde menajere, pentru întreg campusul universitar (celelalte două sunt în Islanda și SUA).

Pentru alegerea unei soluții constructive, viabile din punct de vedere tehnologic și economic, trebuie să se țină cont de caracteristicile resursei geotermale disponibile, mai ales de compoziția chimică a apei geotermale și de temperatura și presiunea la capul de exploatare al sondei. În multe zăcăminte geotermale de joasă entalpie, nivelul apei este sub nivelul solului, pentru producție fiind necesară utilizarea pompelor imersate în sondă. Aparatele termice utilizate pentru încălzirea încăperilor pot fi de tip convectiv (calorifere uzuale din fontă, calorifere din tablă, țevi aripate, serpentine sau fascicule de țevi ventilate forțat etc.), care necesită agent termic cu temperatură mai mare (70-90°C), sau panouri radiante (serpentine sau fascicule de țevi încastrate în pereți sau planșee), care necesită agent termic cu temperatură mică (40-50°C). Dacă apa geotermală nu prezintă pericol de coroziune sau de depunere, sau dacă pot fi prevenite ușor și ieftin prin aditivare chimică, aceasta poate fi utilizată direct, ca agent termic, în sistemul de încălzire. În cazuri foarte rare apa geotermală respectă condițiile impuse de standarde pentru apa potabilă, fiind în acest caz utilizată direct și ca apă caldă menajeră, de exemplu în Islanda.[1][7][78][84][85][92][108]

Cel mai simplu sistem, a cărui schemă de principiu este prezentată în figura 2.13., este utilizat în Oregon, SUA, pentru încălzirea unor locuințe individuale. Această soluție poate fi, însă, utilizată numai în cazuri cu totul particulare, atunci când zăcămintul este un acvifer cu circulație naturală, situat la adâncime foarte mică (< 80m), sau când există izvoare naturale cu

temperatură, volum și debit mari, de tip geyser (de exemplu în Islanda).[1][7][84]

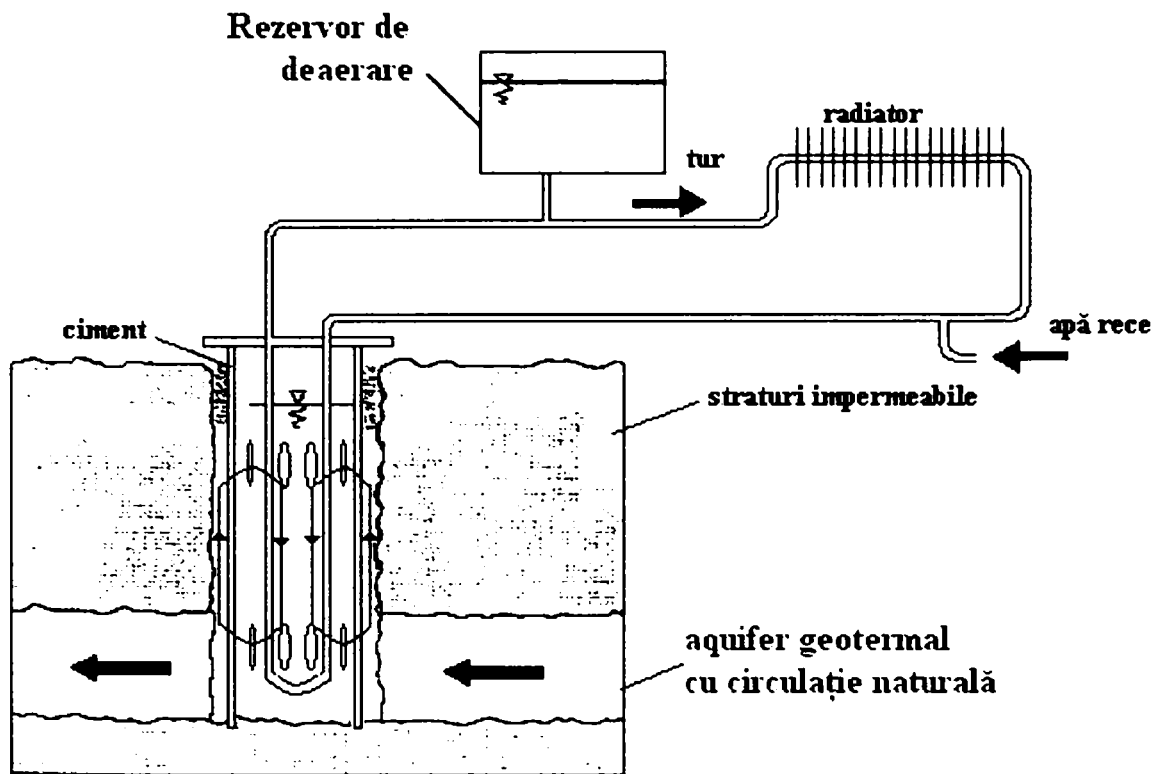


Figura 2.13. Sistem cu schimbător de căldură primar în sondă [84]

În puțul forat, cu diametru mare, se introduce o țevă de diametru mai mic, care este cimentată numai la partea superioară și acoperită cu un capac. Țeava are două rânduri de fante, dispuse la adâncimi diferite, pentru a permite formarea curenților de convecție liberă, ascendenți în spațiul inelar dintre țevă și peretele puțului și descendenți în interiorul țevii.

Sistemul de încălzire este compus dintr-o țevă sau un fascicul de țevi îndoite în U, introduse în puțul geotermal, elementele de încălzire de temperatură mare (țevi aripate sau calorifere) și conductele de legătură.

La diferențe de nivel până la 30 m se poate utiliza circulația naturală a apei în rețea, iar la diferențe de nivel mai mari se utilizează pompe de circulație. Apa din rețeaua de încălzire se poate utiliza și ca apă caldă menajeră, debitul pierdut în acest fel fiind completat cu apă rece. Apa rece conține aer dizolvat, care este eliminat în mare parte în rezervorul tampon de deaerare, pentru a preveni corodarea suprafețelor interioare ale sistemului. Rezervorul de deaerare este dispus pe conducta de tur, unde apa are temperatura maximă, deși solubilitatea gazelor este minimă.

O soluție a cărei utilizare este practic generalizată în Bazinul Parisului, Franța, este cea de tip dublet, a cărei schemă de principiu este prezentată în figura 2.14.

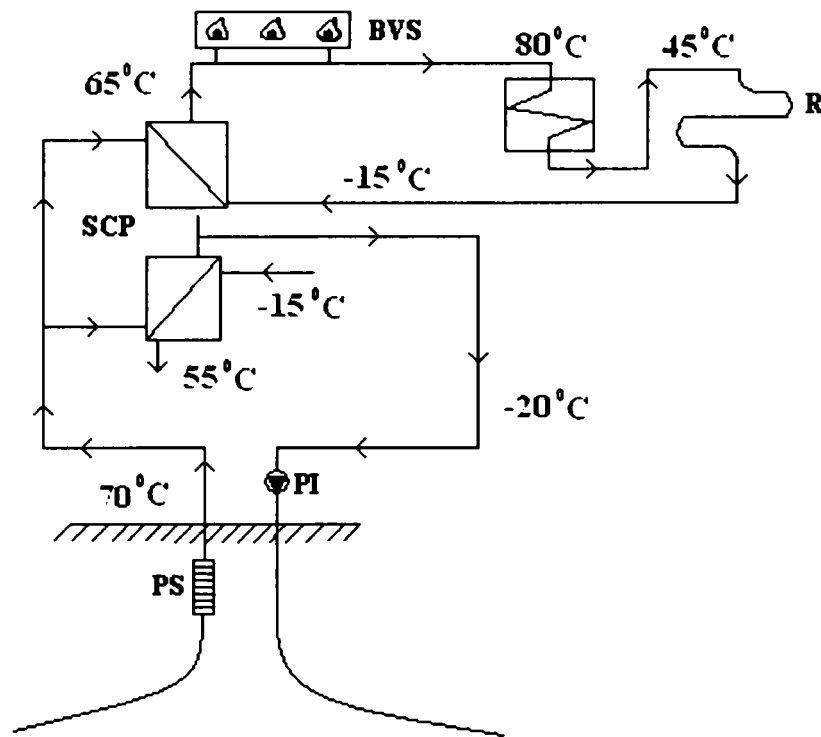


Figura 2.14. Schema de principiu a unui sistem de tip dublet [84]

Această soluție este utilă în cazul zăcămintelor geotermale de joasă entalpie situate în bazine sedimentare, care sunt, în general, acvifere închise și reinjectarea apei este absolut necesară, pentru menținerea presiunii de zăcământ. În sistemele de tip dublet, o sondă de producție alimentează un sistem și este cuplată cu o sondă de reinjecție. Ambele sonde sunt forate în interiorul localităților, unde spațiul disponibil este redus. Din acest motiv forarea se execută la distanțe mici, uneori de pe aceeași platformă, dar direcționat în sensuri opuse. În acest mod se obține o distanță mai mare între punctele de producție și reinjecție în zăcământ, deci un timp mai mare până la apariția scăderii temperaturii în sonda de producție și în același timp, o lungime mai mare a sondelor în acvifer, rezultând un debit produs mai mare și o injectabilitate sporită. Exploatarea zăcământului necesită, în general, pomparea sondelor cu pompe submersibile (PS), nivelul lichidului fiind sub nivelul solului, iar reinjecția se realizează cu ajutorul unei pompe de injecție (PI), situată la suprafață. Energia geotermală acoperă, în general, sarcina de bază, atât pentru încălzire cât și pentru prepararea apei calde menajere, prin intermediul schimbătoarelor de căldură în plăci (SCP). În perioadele scurte de timp, când temperatura exterioară necesită o temperatură mai mare a agentului termic, aceasta este ridicată cu ajutorul boilerelor de vârf de sarcină (BVS). Utilizatorii sunt împărțiți în două categorii, prima dată fiind alimentați cei cu instalații de încălzit convective C, care necesită temperaturi mai mari, returul fiind utilizat de consumatorii cu panouri radiante R, care necesită temperaturi mai mici.

În acest mod, se obține la retur temperatura minimă, deci extragerea unui flux de căldură maxim din apa geotermală produsă.

În figura 2.15 este prezentată schema de principiu a unui sistem simplu, care poate fi utilizat atunci când se dispune de un zăcământ deschis (cu realimentare naturală) și un debit suficient de apă, cu temperatura de $70\div 90^{\circ}\text{C}$ și care respectă normele standard pentru apa potabilă. PS trimit apa geotermală în rezervorul tampon și de degazare (RTD), de unde este distribuită la consumatori gravitațional sau cu pompe de circulație (PC). Apa geotermală este utilizată atât ca agent termic pentru încălzire, cât și ca apă caldă menajeră, după amestecarea cu apă rece, pentru reducerea temperaturii până la valoarea standardizată ($60\div 65^{\circ}\text{C}$). Apa utilizată pentru încălzire este deversată în sistemul de canalizare, putând fi eventual utilizată înainte și pentru topirea zăpezii, dacă este trecută prin serpentine din plastic montate sub pavaj.

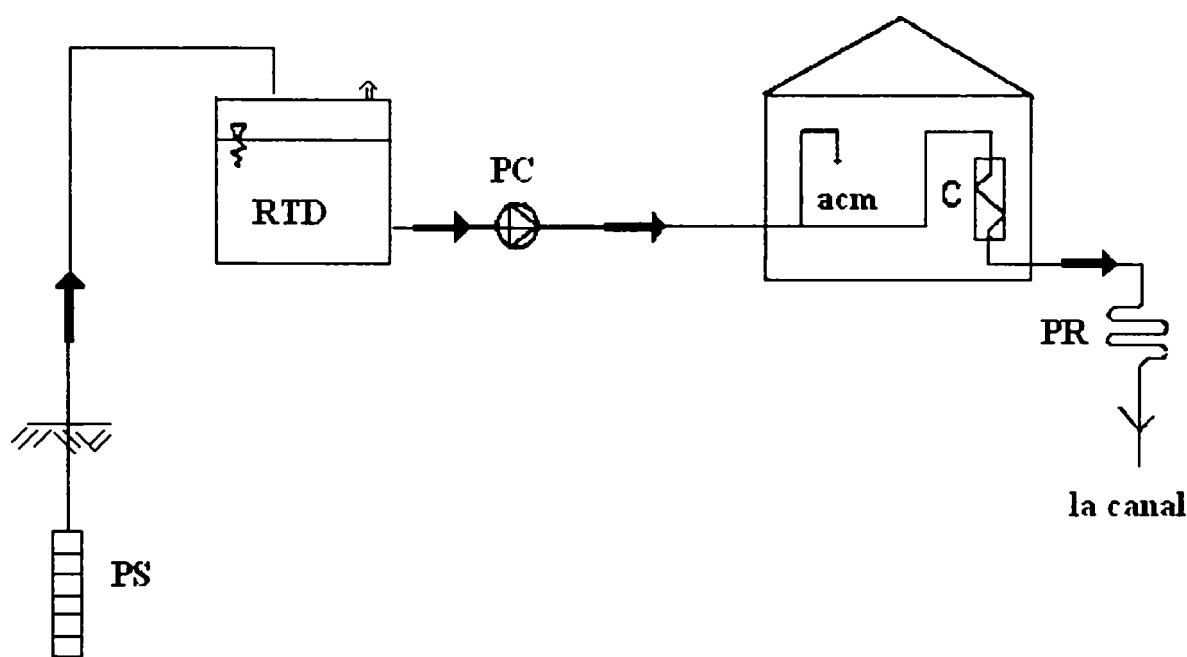


Figura 2.15. Sistem cu utilizare directă a apei geotermale, fără retur [84]

În situații similare celei de mai sus, dar când temperaturile apei sunt mai mari de 90°C , se poate utiliza un sistem de tipul celui prezentat în figura 2.16.

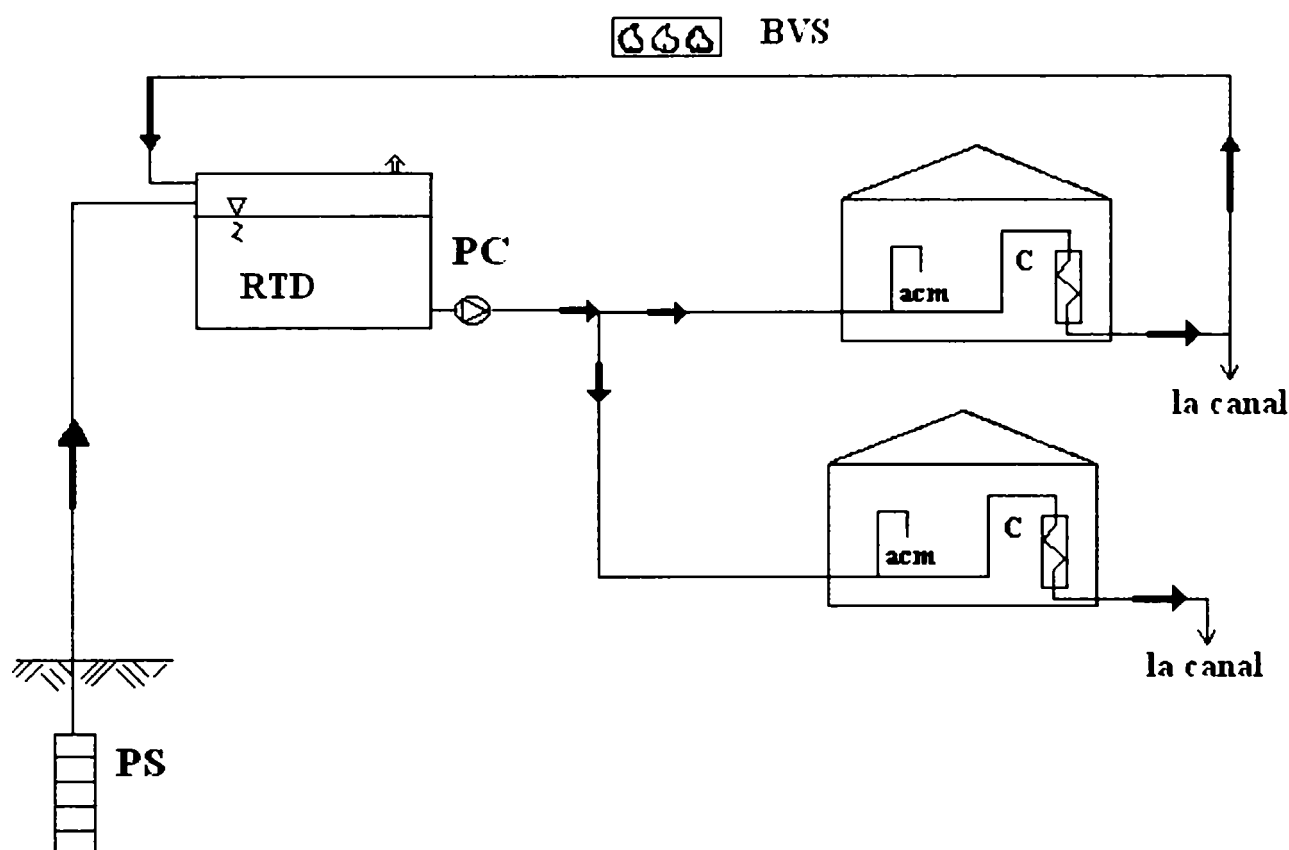


Figura 2.16. Sistem cu utilizare directă a apei geotermale, cu retur [84]

Fiindcă se consideră că este periculos a se alimenta consumatorii cu agent termic care are temperaturi mai mari de 90°C , o parte din apa utilizată pentru încălzire este returnată la RTD, reducând astfel temperatura din turul rețelei de distribuție. La ambele sisteme din figurile 2.16 și 2.17 reglarea sarcinii termice se face prin modificarea debitului, păstrând în tur o temperatură constantă. La sistemul din figura 2.16, în perioadele foarte reci, când consumul este mare și temperatura de retur este scăzută, aceasta poate fi mărită cu ajutorul unui BVS electric sau cu combustibil convențional.

Sistemele de tipul celei a cărei schemă de principiu este prezentată în figura 2.17 pot fi utilizate atunci când compoziția chimică a apei geotermale nu permite utilizarea direct în sistemul de încălzire. Pentru o utilizare cât mai completă a căldurii extrase din zăcămintul geotermal, se recomandă cuplarea în serie a unor consumatori cu calorifere și respectiv cu panouri radiante, pentru a reduce temperatura de retur în circuitul secundar și deci temperatura de reinjecție a apei geotermale. La aceste sisteme, reglarea sarcinii termice se realizează, în general, prin modificarea temperaturii în turul circuitului secundar, modificând debitul de apă geotermală prin SCP primar. Pentru a asigura variații cât mai rare ale regimului de funcționare al pompelor de sondă și a celor de reinjecție, se prevăd rezervoarele RTD și RT, care preiau variațiile mici de debit de apă geotermală utilizată.

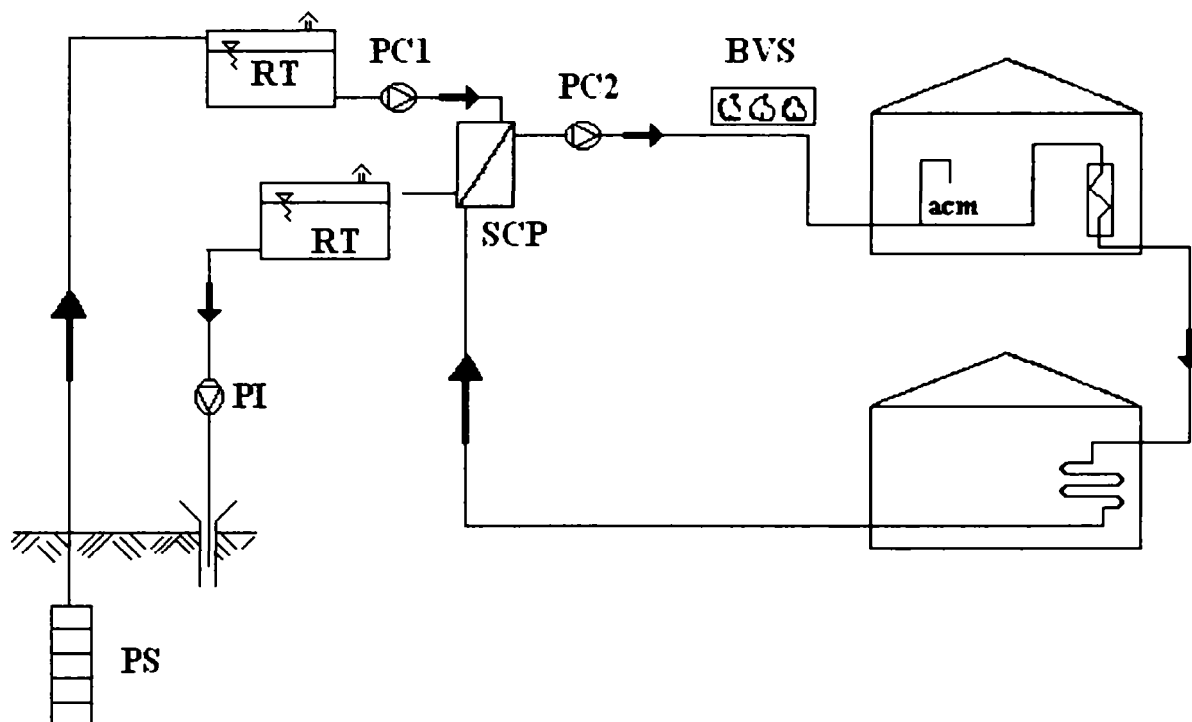


Figura 2.17. Sistem cu circuit secundar în buclă închisă [84]

Atunci când zăcămintul geotermal poate produce doar un debit redus, dar în mod continuu (acvifer deschis), cel mai profitabil mod de exploatare, este utilizarea sa pentru prepararea apei calde menajere, deoarece are un consum aproximativ constant pe tot parcursul anului. În acest scop poate fi utilizat un sistem de tipul celui prezentat în figura 2.18.

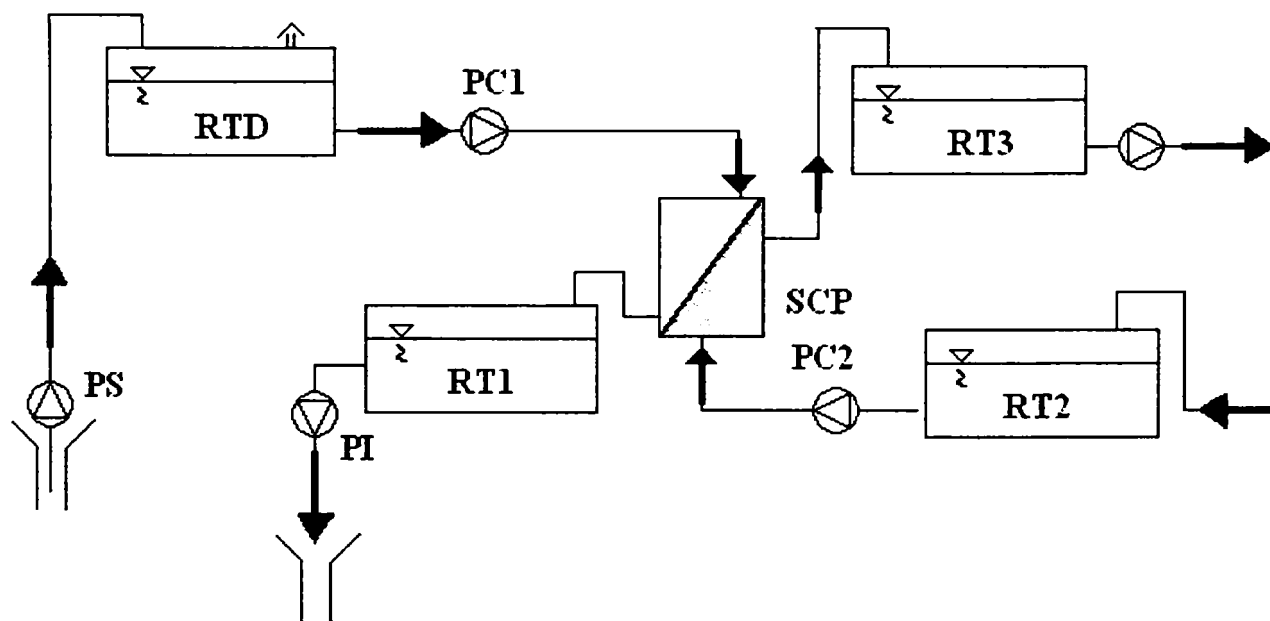


Figura 2.18. Sistem pentru prepararea apei calde menajere [84]

Rezervoarele tampon sunt calculate astfel încât să acopere variațiile debitului pe

parcursul a 24 ore, astfel încât pompele submersibile pot funcționa la turație constantă. În acest fel se reduce investiția inițială de capital, deoarece nu mai sunt necesare reglatoarele de frecvență pentru alimentarea motoarelor și totodată crește fiabilitatea pompelor.

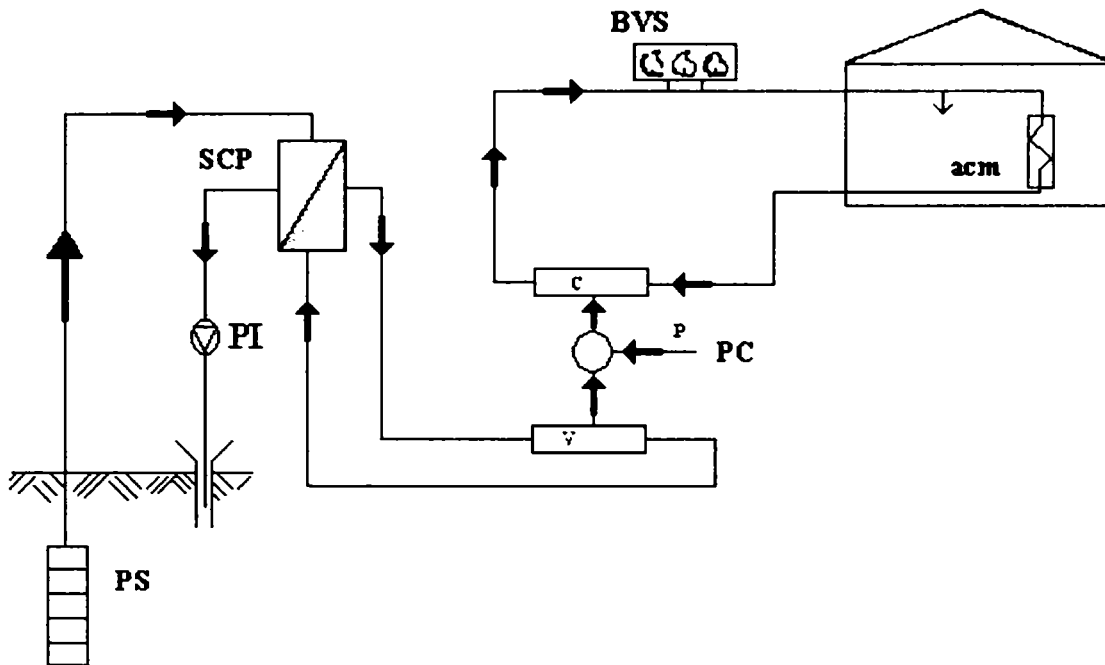


Figura 2.19. Sistem de tip numai cu pompă de căldură [84]

În situațiile în care temperatura apei geotermale la capul de producție al sondei este mai mică de 30-40°C, aceasta nu poate acoperi necesarul de căldură, nici măcar la sarcini parțiale mici, chiar dacă se utilizează panouri radiante. În aceste situații se poate utiliza o pompă de căldură pentru ridicarea temperaturii agentului termic secundar (figura 2.19). În cazul utilizării aparatelor de încălzire de tip convectiv, în perioadele de sarcină maximă se poate utiliza un BVS.

În cazul în care apa geotermală are un potențial ridicat de depuneri sau coroziune, se recomandă utilizarea unui circuit închis intermediar cu apă curată, între SCP și vaporizatorul pompei de căldură, pentru protejarea acestuia din urmă, deoarece, evident, un SCP se curăță sau se înlocuiește mai ușor și mai ieftin.

În cazul zăcămintelor la care temperatura apei geotermale la capul de producție al sondei este de 40÷60°C, se pot utiliza sisteme asistate direct de pompe de căldură (figura 2.20.), sau sisteme asistate indirect de pompe de căldură (figura 2.21). La ambele sisteme asistate de pompe de căldură, agentul termic din circuitul secundar este încălzit inițial în SCP, temperatura sa fiind ridicată de PC. La sistemele asistate direct de PC (figura 2.20), în vaporizator intră apa geotermală care iese din SCP, reducând astfel direct temperatura sa de evacuare.

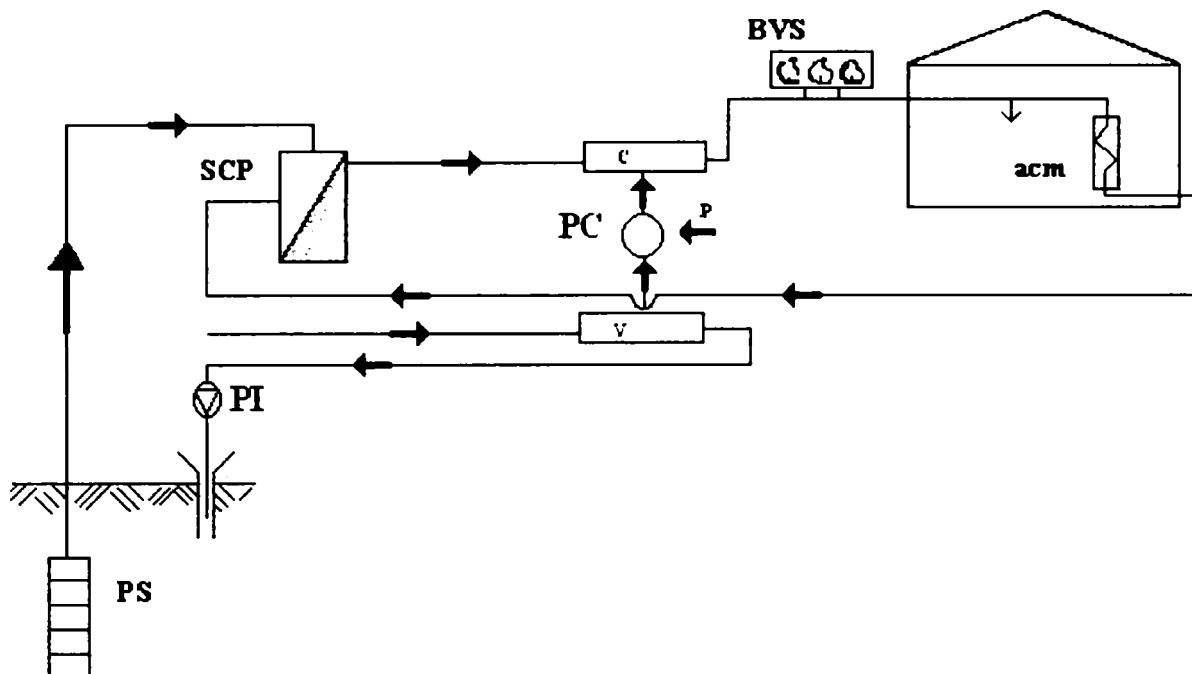


Figura 2.20. Sistem asistat direct de pompă de căldură [84]

La sistemele asistate indirect de pompele de căldură, PC (figura 2.21.), vaporizatorul este alimentat cu agent termic secundar de retur, scăzând temperatura acestuia, deci scăzând indirect și temperatura de evacuare a apei geotermale. În cazul în care consumatorii folosesc calorifere, în perioadele foarte reci, se pot utiliza BVS pentru ridicarea temperaturii de tur a agentului termic secundar. Pompele de căldură sunt astfel alese, încât să ridice temperatura suficient pentru acoperirea încărcării termice de bază, deoarece odată cu creșterea temperaturii din condensator, scade eficiența acestora.

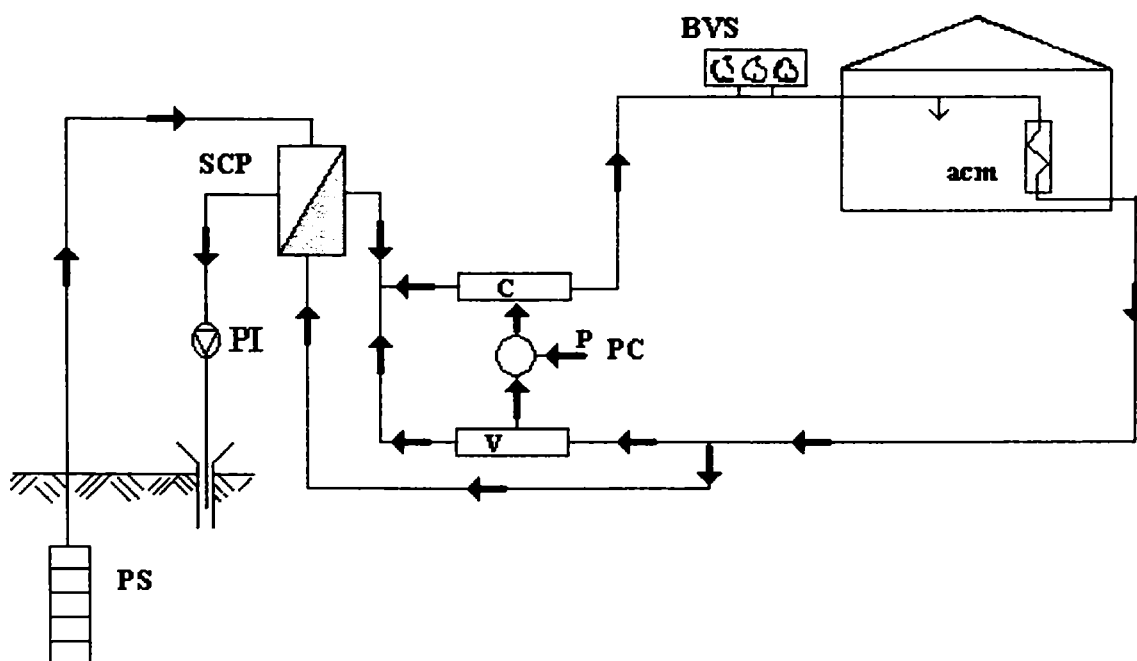


Figura 2.21. Sistem asistat indirect de pompă de căldură [84]

Schemele prezentate mai sus reprezintă soluțiile constructive de bază utilizate în prezent

pentru sistemele de încălzire centrală. În funcție de condițiile specifice fiecărui zăcământ și de cererea de energie termică în apropierea acestuia, se poate opta pentru una dintre aceste soluții sau, de obicei, pentru combinații ale acestora, astfel încât să se obțină eficiența economică maximă posibilă în fiecare caz particular. Un exemplu de sistem de încălzire centrală combinat, este cel propus pentru un hotel din Băile Felix, pentru care studiul de fezabilitate arată că indicatorii economici au valori acceptabile. Schema de principiu a acestui sistem este prezentată în figura 2.22.

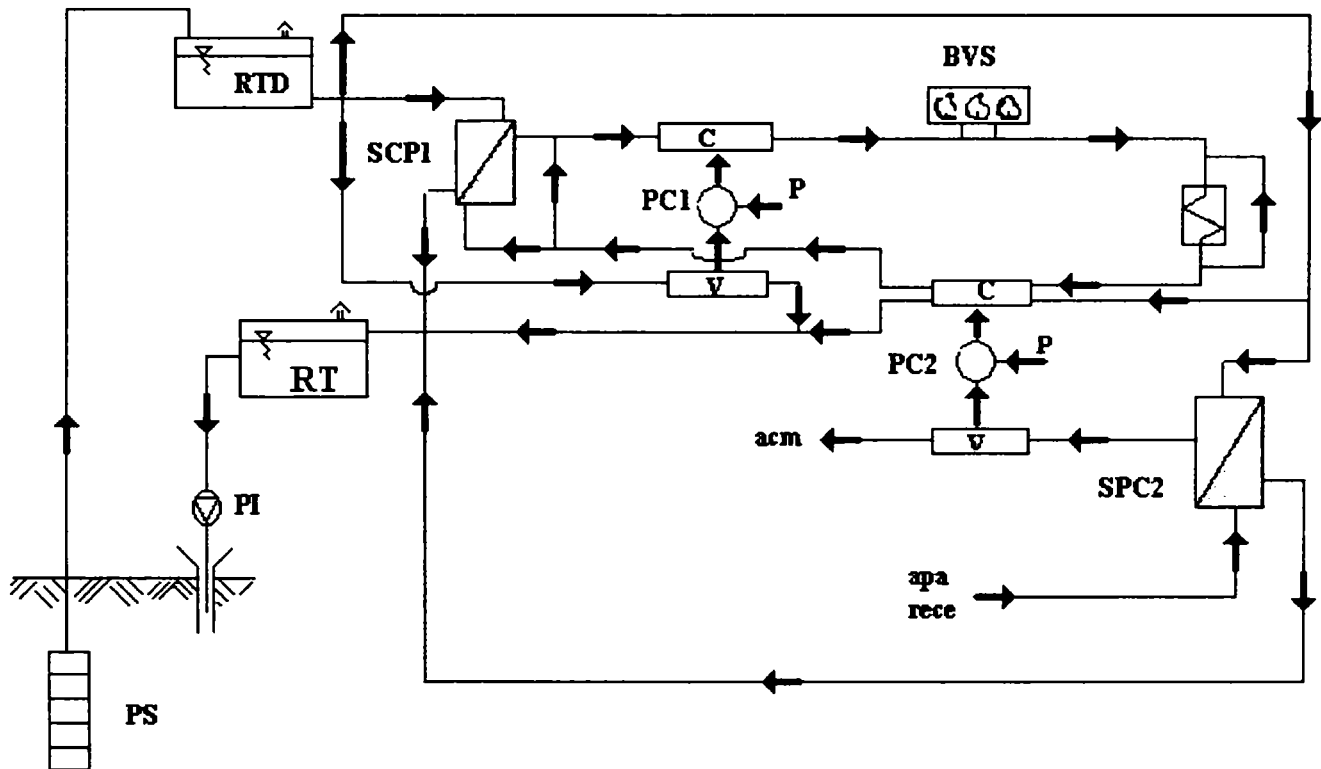


Figura 2.22. Sistem combinat cu schimb de căldură direct și asistat direct și indirect de pompă de căldură [84]

Temperatura apei geotermale la capul de exploatare al sondei în zăcământul Băile Felix este de 50°C. Sistemul din figura 2.22 este propus să înlocuiască, numai cu schimbările minime strict necesare, actualul sistem de încălzire centrală, care funcționează ca agent termic la CET. Reglarea sarcinii termice se realizează prin modificarea temperaturii de tur în circuitul secundar. La sarcini parțiale mici, când temperatura necesară este $\leq 45^\circ\text{C}$, sistemul de încălzire lucrează cu schimb de căldură direct prin SCP1. Condensatorul pompei de căldură (PC1) este, în acest caz, ocolit. Atunci când temperatura necesară în tur depășește 45°C, este pornită PC1. În același timp crește și temperatura de retur, cauzând creșterea temperaturii de ieșire a apei geotermale din SCP1, care este trecută apoi prin vaporizatorul PC1. Atunci când temperatura de retur atinge 40°C schimbul direct de căldură prin SCP1 nu mai este eficient și acesta este ocolit, vaporizatorul PC1 fiind alimentat cu apă geotermală proaspătă, cu temperatura de la capul de exploatare al sondei. Când PC1 lucrează la sarcini parțiale, nu este recomandabilă modificarea

continuă a regimului său de funcționare pentru a regla temperatura de intrare în calorifer. Este considerat mai eficient să existe posibilitatea de a amesteca o parte din agentul termic de retur cu cel din tur, controlând astfel temperatura de intrare în calorifer, prin reglarea celor două debite amestecate, în timp ce PC1 lucrează la o sarcină parțială constantă. În cazul în care temperatura de tur necesară, depășește temperatura maximă ce poate fi asigurată de PC1, se pornește BVS.

Pentru prepararea apei calde menajere, apa rece este inițial încălzită până la 45°C în SCP2, iar ulterior, până la temperatura standard de 65°C, în condensatorul pompei de căldură PC2. Dacă vaporizatorul PC2 extrage căldura din returul circuitului secundar, rezultă un schimb de căldură îmbunătățit în SCP1 și o reducere a temperaturii de evacuare a apei geotermale uzate.

În multe cazuri, apele geotermale au concentrații relativ ridicate de substanțe solide dizolvate (în general oxizi și săruri de Si, Ca, Mg, Na, K etc.), având un potențial semnificativ de depunere pe suprafețele udate. Depunerile duc la scăderea drastică a coeficientului global de trecere a căldurii și totodată la creșterea pierderilor hidrodinamice, prin reducerea secțiunii de curgere și prin creșterea rugozității pereților. În cazuri extreme, pot cauza obturarea completă a canalelor de curgere. Pentru a putea folosi aceste ape geotermale, se recomandă utilizarea schimbătoarelor de căldură cu pat fluidizat, o schemă de principiu a acestora fiind prezentată în figura 2.23.

Schimbătoarele de căldură cu pat fluidizat sunt schimbătoarele de căldură verticale, cu fascicul de țevi în manta, conținând un număr mare de particule solide menținute într-o stare cvasi-fluidizată de către apa murdară, care circulă ascendent prin interiorul țevilor (3). Aceste particule au un efect abraziv asupra pereților interiori ai țevilor, îndepărtând continuu eventualele depuneri solide. Țevile sunt fixate în flanșele superioară (2) și inferioară (6), care separă spațiul de curgere din manta de camerele de distribuție (CD) și de evacuare (CE). Apa geotermală este introdusă în camera de alimentare (CA) pe la partea inferioară, prin supapa (8). Acesta antrenează particulele solide în mișcare ascendentă. Placa de distribuție (7) este prevăzută cu un număr mare de orificii, asigurând o distribuție relativ uniformă a particulelor în CD. Pentru a evita aglomerarea particulelor la intrarea în țevi, acestea sunt prevăzute cu două orificii laterale diametral opuse, dispuse cam la mijlocul porțiunii din CD. La ieșirea din țevi în CE, secțiunea de curgere crește brusc și viteza lichidului scade sub valoarea vitezei de imersare a particulelor, acestea revenind în CA prin țeava centrală (5). Capacele superior (1) și inferior (9) sunt demontabile, permițând curățirea periodică și eventual, înlocuirea particulelor.

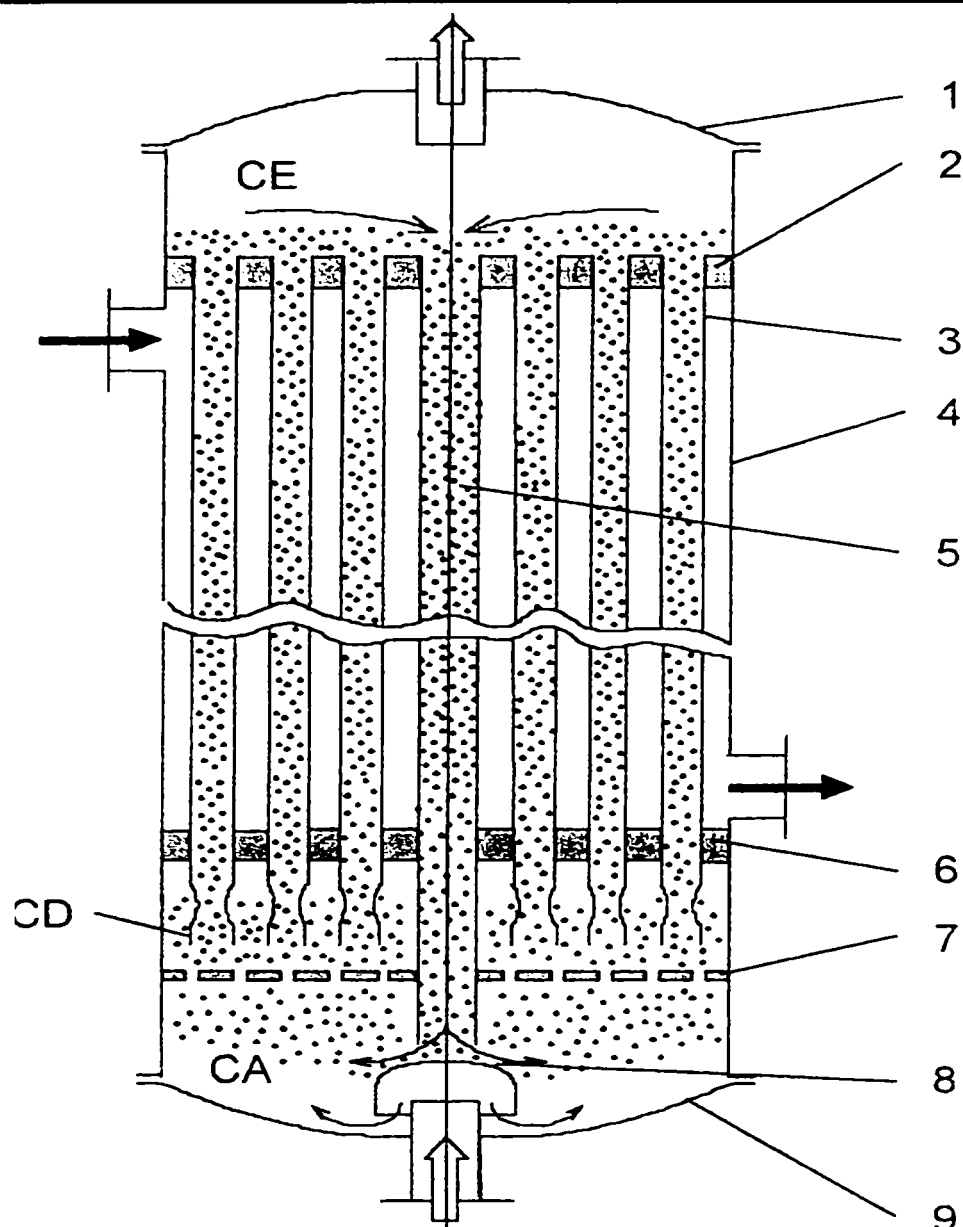


Figura 2.23. Schema de principiu a unui schimbător de căldură cu pat fluidizat [84]

2.6.2. Încălzirea serelor

Utilizarea apei geotermale la încălzirea serelor are o largă aplicabilitate atât în varianta de utilizare a apei de zăcământ, cât și a utilizării în cascadă. Dezvoltarea și diversificarea folosirii serelor în domeniul agro-horticol a antrenat după sine un necesar ridicat de energie pentru încălzirea acestora. Energia apelor geotermale constituie un potențial energetic economic și la îndemână. Folosirea în acest scop a apei geotermale, a început în Islanda în 1920 și mai târziu zeci și chiar sute de hectare de sere au fost încălzite în țări precum SUA, Ungaria, Italia, Macedonia (tabelul 2.3.).

Printre argumentele utilizării apei geotermale pentru încălzirea serelor, se pot aminti:

- posibilitatea amplasării serelor în apropierea sondelor geotermale;
- apa geotermală nu implică utilizarea unor sisteme de încălzire complicate și scumpe;

- în majoritatea cazurilor, încălzirea serelor cu apă geotermală este mai economică decât încălzirea cu alte surse de căldură.

Soluțiile constructive adoptate pentru sistemele de încălzire, variază într-un spectru larg de complexitate tehnologică, de la instalații simple cu reglaj manual, cu conducte sau saltele din material plastic, prin care circulă apă geotermală cu temperatură scăzută (pentru solarii), până la instalații complet automatizate, controlate de calculatoare electronice, care asigură o condiționare totală a aerului (inclusiv umiditate și conținutul de O₂ și CO₂). Gradul de complexitate al instalației se determină din considerente economice, ținând cont de natura producției, de condițiile climatice, de resursa geotermală disponibilă (sonde arteziene sau pompate, temperatura la capul sondei) și de caracteristicile chimice ale apei geotermale (potențialul de depunere și de coroziune).

Tabelul 2.3. Încălzirea serelor [84]

Țara	Suprafața [ha]	Țara	Suprafața [ha]
Ungaria	130,4	Slovacia	1,5
ex-Yugoslavia	70,7	Germania	0,3
Italia	50,5	Belgia	0,1
ex-URSS	25	Taiwan	60
Franța	24,3	SUA	183,1
Spania	20	Japonia	2
Islanda	18	Noua Zeelandă	10
România	12	Israel	3
Grecia	7,8	TOTAL	625,95
Turcia	7,3		

O exploatare rațională a unui zăcământ geotermal trebuie proiectată astfel încât să se extragă cantitatea maximă posibil de energie termică conținută de roca gazdă, într-o perioadă de timp propusă, în general 20-25 de ani. Din considerente economice, debitul maxim de apă geotermală extras, este utilizat pentru acoperirea sarcinii termice de bază, la o suprafață cât mai mare de sere. Pentru perioade scurte de timp, în vârfurile de sarcină, se utilizează boilere, cazane de apă fierbinte sau agent termic de la CET.[78][99]

2.6.3. Piscicultura și acvacultura

Creșterea consumului de pește și de alte specii acvatice, precum și considerente economice au determinat crearea de unități de producție specializate. Necesitățile de temperatură pentru speciile acvatice exotice, precum și cercetările efectuate pe speciile autohtone, au impus realizarea unor bazine cu temperatura controlată a apei, cuprinsă între 20°C și 30°C. S-a constatat că, în condițiile în care temperatura din bazine este controlată, crește substanțial

reproducția și, implicit, productivitatea speciilor piscicole autohtone, precum și obținerea, în condiții variate de climă, a speciilor acvatice exotice.

Creșterea speciilor acvatice, precum și cultivarea plantelor acvatice alimentare (alge cu conținut ridicat de proteine), se realizează, în general, în bazine cu suprafață mare și adâncime mică, situate în aer liber. Pierderile de căldură depind, mai ales de viteza vântului și de diferența de temperatură dintre apă și aerul atmosferic.

Implicațiile tehnice pe care le impune utilizarea în piscicultură și acvacultură a apei geotermale sunt minore, fiind legate doar de dimensionarea bazinului, funcție de caracteristicile forajului și de compensarea pierderilor de temperatură.

2.6.4. Balneologie

Efectele terapeutice ale apelor geotermale au fost descoperite încă din antichitate; astfel, în Roma antică, observându-se efectele benefice ale apelor geotermale asupra afecțiunilor reumatismale, au fost construite “termele romane”, care s-au bucurat de o largă aplicabilitate. În prezent, cercetarea științifică a efectelor medicale ale apelor geotermale este în plină dezvoltare, atât în țară, cât și în străinătate, punându-se accentul pe efectele fiziologice benefice pe care acestea le determină și pe programe diversificate de hidrokinetoterapie. Se studiază intens interdependența între natura afecțiunilor și compoziția apelor geotermale, în scopul eficientizării tratamentului. Cercetările românești în domeniu ocupă un loc important, România dispunând de 16 stațiuni balneoclimaterice, unde se tratează anual peste 500.000 bolnavi.

2.6.5. Utilizări industriale

Apa geotermală poate fi utilizată și în unele procese tehnologice. Aplicațiile industriale pot include procese de uscare, încălzire, evaporare sau distilare. Astfel, apa geotermală poate fi folosită pentru uscarea cherestelei, uscarea unor produse alimentare vegetale, deshidratarea legumelor și fructelor, desalinizarea apei marine, spălarea și albirea lânii, topirea inului și cânepei, pasteurizarea laptelui, a berii și a băuturilor răcoritoare, recuperarea unor substanțe chimice.

În unele cazuri, apa geotermală (abur sau lichid) este utilizată ca agent primar, în schimbătoare de căldură, pentru încălzirea agentului termic utilizat în procesul tehnologic. Atunci când compoziția chimică a apei geotermale nu are o influență negativă asupra procesului tehnologic sau a produsului, este preferată utilizarea directă a acesteia ca agent termic. Această soluție este, evident, cea mai favorabilă, din punct de vedere economic, necesitând investiția

minimă. În unele cazuri, de exemplu la spălarea lânii și la topirea inului și a cânepei, utilizarea directă a apei geotermale duce, datorită compoziției chimice favorabile a acesteia, nu numai la reducerea timpului de desfășurare a procesului, ci și la ridicarea calității produsului. Câteva dintre cele mai semnificative realizări de utilizare industrială a apei geotermale sunt prezentate mai jos.

Extragerea mineralelor din apele geotermale este cunoscută de pe vremea etruscilor, când acidul boric a fost extras din izvoarele fierbinți ale străvechiului oraș Velatri în Italia, fiind folosit pentru producerea smalțului cu care aceștia își decorau vasele. [13]

Extragerea sării din apa de mare, folosind izvoare geotermale, este cunoscută în Islanda încă din secolul XVIII. În prezent, ea se extrage într-o instalație, având o capacitate de 18.000 tone/an.

Fabrica de cherestea, celuloză și hârtie de la Kawerau, Noua Zeelandă, este cea mai mare întreprindere industrială care utilizează apa geotermală. Amplasamentul fabricii a fost determinat de disponibilitatea resursei de energie geotermală. Fabrica este alimentată cu abur geotermal de la patru sonde de producție, la presiunile de 16,5 bar și 8 bar și având un debit masic total de aproximativ 320 kg/s. O parte din aburul geotermal este utilizat de o turbină cu contrapresiune de 10 MW, aburul evacuat din turbină și restul aburului furnizat de sonde, fiind utilizat ca abur tehnologic pentru spălare, uscare, antrenarea unor mașini și producerea aburului curat, necesar în procesul de fabricare al hârtiei. Apa geotermală furnizează aproximativ 30% din necesarul de abur tehnologic.

Fabrica de diatomit de la Namafjall, Islanda, este un exemplu concludent al modului în care apa geotermală poate face economic un proces, care nu ar fi justificat, dacă ar utiliza integral surse convenționale de energie. Diatomitul este dragat de pe fundul lacului Myvatn și pompat 3 km până la bazinele de stocare de lângă fabrică. Aburul geotermal cu temperatura de 183°C și presiunea de 10,5 bar, este utilizat pentru prevenirea înghețării bazinelor de stocare și pentru uscarea diatomitului, în uscătoare tubulare rotative cu abur. Debitul masic total de abur consumat este de 50 t/h. Fabrica produce 24.000 t/an de diatomit, cu diferite granulații pentru filtre.[13][24]

Fabrica de deshidratare a legumelor de la Brady Hot Springs, Nevada, S.U.A., produce, în principal, ceapă uscată cu diferite granulații. Apa geotermală asigură întregul necesar de energie termică al fabricii, atât pentru încălzirea încăperilor cât și pentru încălzirea aerului din tunelurile de uscare. Fabrica utilizează un debit masic de 47 l/s de apă geotermală, cu temperatura de 154°C și presiunea de 13,5 bar. Presiunea este menținută permanent deasupra valorii de saturație, pentru a menține apa în stare lichidă. Se evită, astfel, problema depunerilor în conducte și schimbătoarele de căldură. Apa geotermală este evacuată la temperatura de 42°C și

presiunea de 2,8 bar. Printre avantajele utilizării sistemului de încălzire geotermal, se pot enumera: eliminarea consumului de combustibili convenționali, eliminarea pericolului de incendiu, evitarea contaminării și colorării produsului finit, deoarece nu există produse de ardere în curentul de aer.

În România, apa geotermală a fost/este utilizată în procese industriale în:[29][30][87][88]

- Oradea: uscarea lemnului la două fabrici de mobilă, pasteurizarea laptelui, spălare la abator;
- Săcuieni, județul Bihor: uscarea lemnului și uscarea cerealelor;
- Palota, județul Bihor: spălarea lânii și topirea inului și cânepei;
- Sânnicolau Mare: uscarea cerealelor, topirea inului și cânepei;
- Jimbolia, județul Timiș: uscarea ceramicii, topirea inului și cânepei.

3. TRATAREA APELOR GEOTERMALE

3.1. Considerații generale

Apele geotermale sunt surse neconvenționale de energie, cu ajutorul cărora se poate asigura producerea de energie electrică, încălzitul spațiilor de locuit, a serelor, a adăposturilor pentru creșterea animalelor, a apei calde menajere de consum, a apei calde din piscine, a ștrandurilor termale etc.

Apele geotermale se găsesc cantonate în straturile subterane, având temperaturi cuprinse, în general, între 40 și 380°C. La zăcămintele descoperite pe teritoriul țării noastre, temperatura apei geotermale variază între 40...130°C, iar straturile de apă geotermală sunt situate la adâncimi cuprinse între 45...3200 m.

În funcție de temperatura apei, sursele geotermale pot fi clasificate după cum urmează:

- surse geotermale cu temperaturi foarte ridicate: $T > 120^{\circ}\text{C}$;
- surse geotermale cu temperaturi ridicate: $T = 80...120^{\circ}\text{C}$;
- surse geotermale cu temperaturi medii: $T = 50...80^{\circ}\text{C}$;
- surse geotermale cu temperaturi reduse: $T < 50^{\circ}\text{C}$.

Metodele de tratare a apelor geotermale au rolul de a separa sau de a reduce total sau parțial, o serie din elementele caracteristice acestor ape (compușii de calciu, magneziu, fier, mangan, conținutul de gaze, fenolii etc.), cu scopul de a valorifica pe deplin potențialul lor energetic prin efectul de temperatură, sau prin gazele combustibile conținute (metan – CH_4) sau de a reduce efectele de poluare a mediului înconjurător.

Toate aceste cerințe se pot realiza, cu precădere, prin metode fizico – chimice.

În funcție de temperatura apei și de nevoile consumatorilor, se aleg și se stabilesc metodele pentru corectarea unor parametri de calitate.

Astfel, pentru:

- apele geotermale cu temperaturi foarte ridicate ($T > 120^{\circ}\text{C}$), se utilizează ca procedeu de tratare, *degazarea apei geotermale în spații închise*;
- apele geotermale cu temperaturi ridicate ($T = 80...120^{\circ}\text{C}$), se utilizează: *degazarea în spații închise, dedurizarea chimică, deferizarea și demanganizarea*

în instalații închise (insuflarea de aer în tobele de aerare, filtrarea și dubla filtrare prin mase filtrante din nisip cuarțos);

- apele geotermale cu temperaturi medii ($T = 50 \dots 80^\circ\text{C}$), se recomandă: *degazarea în spații închise, dedurizarea chimică, deferizarea și demanganizarea în instalații închise* (prin insuflare de aer în tobe de aerare, prefiltrarea cu mase filtrante de cocs și nisip grosier și filtrarea rapidă în filtre închise, echipate cu nisip de cuarț);
- apele geotermale cu temperaturi reduse ($T < 50^\circ\text{C}$), se recomandă, pe lângă metodele enumerate mai sus, metodele clasice utilizate pentru tratarea apelor de alimentare, cum sunt, de exemplu: *dedurizarea* (cu schimbători de ioni, cu carbonat de sodiu, prin procedee combinate, precipitarea sulfatilor, precipitarea fosfaților, precipitarea metalelor, eliminarea siliciului), *deferizarea și demanganizarea* (prin aerul atmosferic, cu reactivi chimici sau cu mase cationice) etc.

Pentru apele geotermale *evacuate în emisarii naturali*, se recomandă: *răcirea* apei, dacă temperatura de evacuare este $> 35^\circ\text{C}$ și *defenolizarea* apei, în cazul în care concentrația de fenoli depășește $0,3 \text{ mg/l}$. [17][20]

Pentru tratarea apei geotermale se pot folosi sisteme închise sau sisteme deschise, în funcție de modul și scopul utilizării acesteia. Atunci când dorim să valorificăm potențialul termic, folosim sisteme închise de tratare, iar când dorim o folosire parțială a potențialului termic (de exemplu: apă pentru piscine, apă caldă menajeră etc.), se pot utiliza sistemele deschise de tratare, care, în general, conduc la reduceri mai mari de temperatură.

Aplicabilitatea metodelor de tratare prin sisteme închise, trebuie făcută de așa manieră, încât pierderile de temperatură pe parcursul proceselor de tratare, să nu depășească $4\text{-}5^\circ\text{C}$.

Sistemele deschise de tratare se folosesc atunci când temperatura de utilizare a apei este de $35\text{-}40^\circ\text{C}$ (piscine, apă caldă menajeră de consum).

Tratarea apelor geotermale se va face după o riguroasă analiză tehnico-economică.

3.2. Efectele apelor geotermale asupra instalațiilor de transport

În practică, fenomenele de coroziune sunt, de obicei, extrem de complexe și apar sub cele mai diferite forme, motiv pentru care o clasificare riguroasă a tuturor acestor fenomene nu este posibilă, între diferite clase existând întrepătrunderi. Coroziunea oțelului și a celorlalte materiale metalice este de natură electrochimică, în marea majoritate a cazurilor, distingându-se două feluri de coroziune: [18][71][72][77][103]

- formarea de pile electrochimice datorită contactului a două metale (cazul țevelor de oțel zincat);
- formarea unei pile de aerăție.

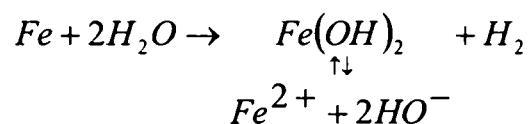
În primul caz, pila se formează datorită contactului dintre porțiunea curată a metalului, care formează anodul și o porțiune oxidată a acestuia, care constituie catodul.

În cazul al doilea, se formează pilele de aerăție datorită gradului diferit de aerisire al electrolitului. Pot lua naștere micropile între zona centrală și zona periferică a suprafeței acoperite cu apă. Zona periferică mai bogată în oxigen reprezintă catodul, iar cea centrală, anodul.[103]

Principalele sisteme în care sunt corodate oțelurile-carbon sunt: sistemul Fe-H₂O, sistemul Fe-O₂-H₂O, sistemul Fe-CO₂-Ca(Mg)CO₃-H₂O și sistemul Fe-CO₂-O₂-H₂O.

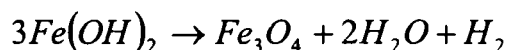
Sistemul Fe-H₂O

Fierul reacționează la temperatura ambiantă cu apa distilată dând hidroxid feros parțial solubil în apă:



În absența oxigenului, hidrogenul format polarizează catodul și procesul de coroziune este mult încetinit. În momentul în care apa s-a saturat cu hidroxid feros, ca urmare a reacției date, acesta se depune pe suprafața metalică și formează o peliculă protectoare. În urma acumulării de hidroxid feros în soluție, pH-ul acesteia crește, iar la pH = 9,1...9,2, la „starea de echilibru”, coroziunea încetează după acest mecanism.[103]

Depunerea peliculei protectoare poate fi accelerată prin creșterea artificială a pH-ului, respectiv prin alcalinizarea apei, ceea ce se realizează prin adăugarea de hidroxid de sodiu, fosfat trisodic, amoniac sau amine volatile. Determinările arată că la pH = 7, conținutul de Fe(OH)₂ în apă este de 15 p.p.m., în timp ce la pH = 10, acest conținut scade la cca. 0,09 p.p.m. La temperaturi mai înalte, hidroxidul feros este descompus și pelicula de protecție a suprafeței metalice își schimbă compoziția, conform reacției:



Sistemul Fe-O₂-H₂O

Prezența oxigenului în apă complică și accelerează procesul de coroziune. Au loc următoarele reacții parțiale:

- oxidarea fierului metalic: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$;
- reducerea apei și polarizarea catodică: $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2HO^- + H_2$;
- depolarizarea datorită oxigenului, ceea ce are ca efect o primă accelerare a coroziunii: $H_2 + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$.

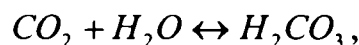
În cazul în care oxigenul se găsește în cantitate mică, poate avea loc precipitarea stratului protector de hidroxid feros, dar – atunci – oxigenul se găsește în cantități mai mari, hidroxidul feros se transformă în hidroxid feric, neaderent la suprafața metalului și atacul se desfășoară cu rapiditate în adâncime.

Sistemul Fe-H₂O și Fe-O₂-H₂O sunt sisteme teoretice.[103]

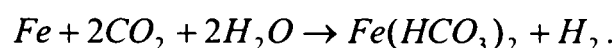
Apa termo-minerală conține cantități mari de săruri minerale și gaze dizolvate, între care și CO₂.

Sistemul Fe-CO₂-Ca(Mg)CO₃-H₂O

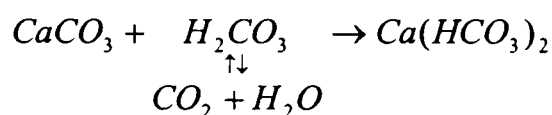
În contact cu apa, bioxidul de carbon se găsește în echilibru cu acidul carbonic:



acidul carbonic atacă fierul după reacția:



Carbonatul de calciu și carbonatul de magneziu nu se dizolvă în apă. Acidul carbonic dizolvă carbonatul de calciu dând bicarbonat de calciu solubil în apă:



Prin scăderea presiunii parțiale a bioxidului de carbon sau prin încălzire, soluțiile de bicarbonat de calciu precipită carbonat de calciu și elimină bioxid de carbon.

În funcție de cantitatea de bioxid de carbon variază și pH-ul sistemului (figura 3.1):

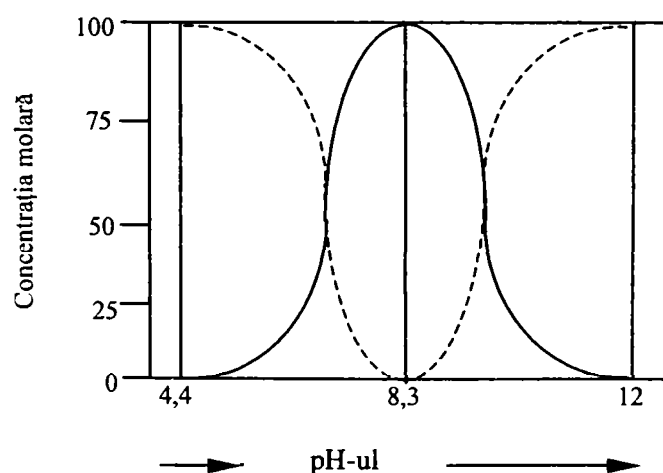
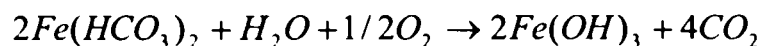
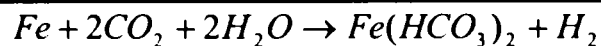


Figura 3.1. Variația pH-ului în funcție de cantitatea de bioxid de carbon [103]

Sistemul Fe-CO₂-O₂-H₂O

Acidul carbonic în prezența oxigenului atacă puternic oțelul, conform reacțiilor:



După cum rezultă din reacția a doua, bioxidul de carbon este regenerat și își poate reîncepe activitatea distructivă.

3.2.1. Influența diferiților factori asupra coroziunii electrochimice

3.2.1.1. Natura metalului și coroziunea

În instalații de transport a apelor geotermale, cel mai utilizat material este oțelul-carbon. Oțelul-carbon este un metal tenace ductil și poate fi ușor prelucrat prin turnare, forjare și laminare. Coroziunea oțelului-carbon în contact cu apa termală, se produce prin proces electrochimic. Oțelul fiind spre capătul anodic al seriei galvanice, se corodează ușor în prezența metalelor mai catodice ca el, cum sunt: plumbul, staniul, cuprul, alama, oțelul inoxidabil.[103][81][82]

Singurele metale anodice față de oțelul-carbon sunt: cadmiul, aluminiul, zincul și magneziul. În soluții neutre, oțelul-carbon are o rezistență slabă, datorită difuziunii oxigenului prin pelicula de oxid protectoare, care are ca efect apariția centrilor de coroziune. Hidrogenul poate provoca distrugerii mari dacă este absorbit de oțelul-carbon, ducând la „fragilizarea” materialului sau la un fenomen de decarburare. [103]

Pentru transportul apelor geotermale se mai utilizează frecvent oțelul zincat. Zincul are o rezistență bună la coroziune în contact cu soluții apoase, dar el are un potențial mai mic decât al fierului. În consecință, zincul este mai puțin nobil și este atacat teoretic mai ușor decât fierul. Deci, când un al doilea metal este prezent, cazul oțelurilor zincate, atacul este în mod obișnuit stimulat. În cazul acesta, fierul acționează ca un catod și zincul ca un anod.

În concluzie, pentru confecționarea conductelor de transport a apelor geotermale, este mai indicată utilizarea oțelului-carbon, decât a oțelului zincat. [103]

3.2.1.2. Influența stării suprafeței metalului

Metalul sau aliajul rezistă cu atât mai bine la coroziune, cu cât este mai pur, mai omogen ca structură și cu cât suprafața lui este prelucrată mai bine. Suprafețele șablate, șlefuite cu materiale abrazive, având cristale mari și suprafețe corodate, se distrug cu viteză de câteva ori mai mare decât cele fin șlefuite sau lustruite.[103]

3.2.1.3. Influența compoziției apei

a) Influența pH-ului

Acțiunea directă a H^+ asupra coroziunii se datorează influenței pH-ului asupra potențialului reversibil al reacțiilor catodice.

La scăderea pH-ului, curba catodică se deplasează paralel cu ea spre dreapta, procesul catodic se ușurează, viteza coroziunii crește. Această influență este foarte intensă când viteza de coroziune este determinată de polarizația reacțiilor catodice și nu de difuzia agentului oxidant (O_2 sau H^+). Aceste concluzii nu sunt valabile la procesul de coroziune cu alți ioni decât H^+ sau OH^- .

pH-ul are și acțiune indirectă asupra coroziunii, adesea predominantă, funcție de variația solubilității protectoare a peliculelor cu pH-ul mediului.

Metalele tehnice se împart în două grupe din acest punct de vedere:

- I. Metale ai căror oxizi au proprietăți amfotere (Al, Zn, Sn, Pb); se corodează în acizi și alcalii, dând săruri simple sau complexe (alumiinați, zincăți).
- II. Metale ca Fe, Ni, Cu, Cd, Hg, Mg, ce dau oxizi solubili în acizi și insolubili în alcalii. Coroziunea acestor metale se atenuează pe măsura creșterii pH-ului. Excepție face fierul, care în soluții foarte caustice formează ioni complecși de feriți. În funcție de diferiți factori, în special temperatura, acestea au un minim al vitezei de coroziune la un anumit pH.

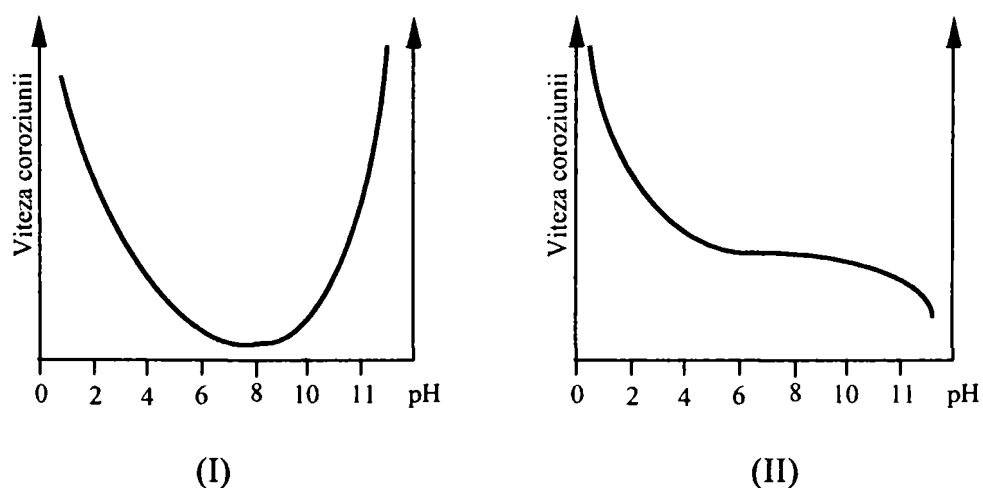


Figura 3.2. Viteza coroziunii [103]

Din figura 3.2. se vede că la ambele grupe de metale este un interval de pH pentru care viteza de coroziune nu depinde de pH.

b) Influența concentrației O_2

Oxigenul prezent în apă poate acționa în două sensuri:

- Agent oxidant (accelerator catodic), ce se reduce ușor pe metal (depolarizant catodic), ce face posibilă coroziunea și o accelerează odată cu creșterea concentrației sale în soluții. La concentrație suficient de mare a oxigenului, metalul se polarizează ușor, deci scade viteza coroziunii.
- Agent sau factor de frânare a procesului anodic (inhibator anodic).

Mai important din cele două efecte este rolul de accelerator catodic la concentrații mici și medii a oxigenului în mediu neutru.

c) Influența concentrației în săruri neutre

Curbele vitezei de coroziune, funcție de concentrația în soluție a sărurilor neutre ($NaCl$, NH_4Cl etc.), au un maxim, după cum se observă în figura 3.3.

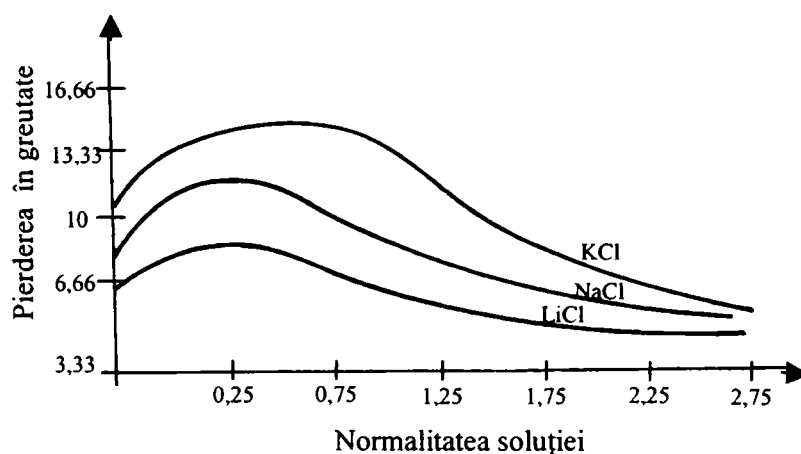


Figura 3.3. Curbele vitezei de coroziune [103]

În figură sunt reprezentate curbele de coroziune a fierului în soluții de cloruri alcaline.

Maximul se explică prin acțiunea predominantă a doi factori diferiți de o parte și alta a punctului maxim. La conținut mic de sare, viteza coroziunii crește cu concentrația ei, crescând proporția de Cl^- ce activează procesul anodic. Scăderea coroziunii este datorată micșorării solubilității oxigenului la creșterea concentrației sării.

La alte categorii de săruri ce hidrolizează în apă, coroziunea este determinată și de pH-ul schimbat al soluției, respectiv de stabilitatea peliculelor protectoare formate.

3.2.1.4. Influența temperaturii

Creșterea temperaturii soluțiilor, pe de o parte, mărește viteza coroziunii, accelerând procesele elementare de descărcare, difuziune și convecție și pe de altă parte micșorează, micșorându-se solubilitatea oxigenului în soluție; deci, la temperaturi mari, influența temperaturii este anulată.

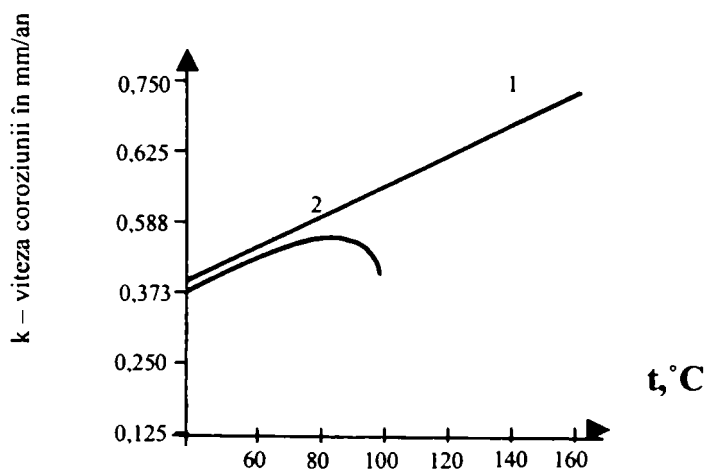


Figura 3.4. Coroziunea fierului în apă: 1 – sistem închis; 2 – sistem deschis. [103]

Mersul liniar și nu logaritmice al curbei k-t (viteza coroziunii – temperatură) poate fi atribuit trecerii unei cantități de oxigen din lichid în faza gazoasă (figura 3.4.).

Variația temperaturii poate influența și indirect coroziunea prin modificarea pH-ului soluției. Astfel soluția cu reacția neutră la rece devine reacție acidă la creșterea temperaturii, iar coroziunea contactelor Zn-Fe se inversează la cald, căci în apa fierbinte Zn devine catod în raport cu Fe (fiindcă potențialul staționar al Zn este mult mai sensibil la temperatură decât al Fe, scăzând mai mult decât al Fe).

Comportarea la coroziune a diferitelor metale depinde de variația proprietăților peliculelor protectoare cu temperatura. Zincul, de exemplu, în apă distilată, are viteză mare de coroziune, la temperaturi situate în intervalul 50-95°C, când atinge valoarea maximă. Alura curbei se explică prin calitatea peliculei aderente sub formă de gel, la temperaturi mai mici de 50°C și produs grăunțos, format între 50-95°C (figura 3.5.).

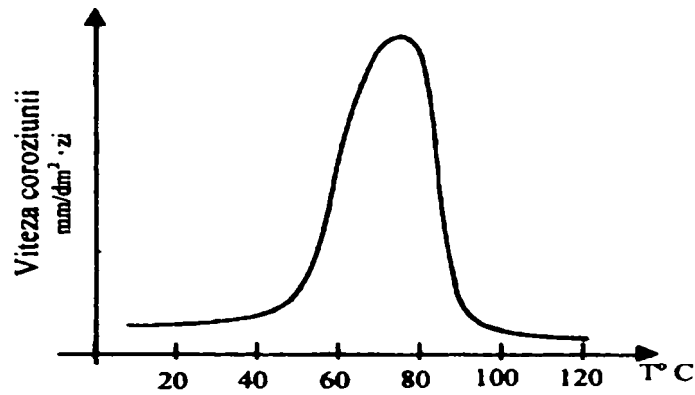


Figura 3.5. Coroziunea Zn în apă distilată [103]

3.2.1.5. Influența presiunii

Sub presiune apar tensiuni puternice în metal, se îngreunează îmbinarea, etanșarea, crește solubilitatea gazelor în soluție. De aceea, influența creșterii presiunii se simte intens când oxidantul este un gaz dizolvat în soluție (O_2 , CO_2).

3.2.1.6. Influența vitezei de curgere a soluțiilor

Influența vitezei de curgere a soluțiilor, V_s , asupra coroziunii fierului, V_c , în medii neutre, este sugestiv redată în figura 3.6.

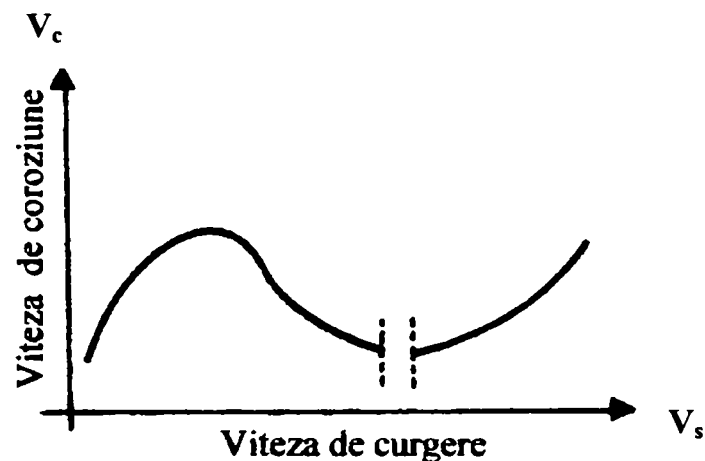


Figura 3.6. Influența vitezei de curgere a soluțiilor asupra coroziunii fierului în medii neutre [103]

Viteza de coroziune în medii neutre fiind limitată de reducerea O_2 , se admite că intensificarea coroziunii cu accelerarea curgerii, la viteze mici de curgere e datorită aportului mai mare de O_2 la suprafața metalului. Pe partea descendentă a curbei se atenuază coroziunea prin pasivarea treptată a fierului la aport mare de O_2 .

Porțiunea descendentă nu apare la toate soluțiile. La apele cu conținut de Cl⁻, ce îngreunează pasivarea, se obține o curbă ascendentă. Din figură se vede că, după depășirea unei viteze de curgere, coroziunea iar se intensifică și se disting două cazuri:

- La viteze mari: jeturile tind să smulgă particulele și metalul se corodează mai intens;
- La viteze foarte mari de curgere pot apărea bule cu depresiuni foarte puternice, dând efecte de izbire și extragere, ce distrug nu numai peliculele, dar și metalul, producând cavitație. Metalul are aspect caracteristic și distrugerea e mai ales mecanică.

Variația vitezei de curgere în soluție influențează puțin coroziunea.

3.2.2. *Aprecierea vizuală și criteriul cantitativ principal al distrugerilor prin coroziune*

1. *Indicele gravimetric de coroziune, k_g* , se exprimă în g/m²,h sau mg/dm²,zi și reprezintă greutatea probei în urma coroziunii pe unitatea de suprafață și unitatea de timp.

$$k_g = \frac{g}{s \cdot t},$$

în care:

g este variația greutății probei;

s – suprafața probei;

t – durata expunerii.

2. *Indicele volumetric de coroziune, k_v* , se exprimă în cm³/cm²,zi; cm³/dm²,zi; cm³/m²,h etc.

3. *Indicele de penetrație, k_p* , reprezintă micșorarea medie a grosimii metalului în unitatea de timp (mm/an).

$$k_p = \frac{d}{t},$$

în care:

d este micșorarea grosimii probei ($d = \delta - \delta_i$);

t – intervalul de timp.

3.2.3. *Protecția împotriva coroziunii conductelor de transport a apelor geotermale*

Un mare rol îl joacă materialele nemetalice care, deși nu au caracter universal, prezentând limitări ale utilizării, totuși prin rezervele mari de materii prime care stau la baza fabricării lor și prin prețul relativ scăzut, se impun folosirii pe scară tot mai mare, rezolvând o serie de probleme impuse de progresul tehnic.[103]

3.2.3.1. Chituri din rășini sintetice

Aceste materiale se livrează în două sau trei componente, adică componenta lichidă (care conține rășina), componenta solidă, care conține materialul de umplură și întăritorul.

Mecanismul întăririi chitului constă în polimerizarea rășinii, care se declanșează în momentul amestecării componentei lichide cu întăritorul.

a) Chituri din rășini fenolice

Se prepară prin policondensarea fenolului cu formaldehida în mediu acid sau bazic. Prin amestecarea componentei lichide cu componenta solidă, care conține un accelerator de reacție acid, se continuă procesul de policondensare, obținându-se întărirea chitului.

Chiturile prezintă o rezistență bună în medii de acizi, medii neutre și solvenți până la o temperatură maximă de +130°C. Datorită întăritorului cu caracter acid, însă, nu se poate aplica direct pe metal.

b) Chituri de rășini furanice

Aceste chituri sunt de asemenea rășini semipolimerizate, polimerizarea continuându-se până la întărire în momentul amestecării cu întăritorul.

Chiturile din această familie prezintă o rezistență bună în medii acide, alcaline, neutre sau slab oxidante până la temperatură de +80°C.

c) Chituri din rășini poliesterice

Aceste chituri sunt rezistente la medii agresive, neutre sau acide. Se pot folosi numai până la +80°C.

În vederea protejării suprafețelor metalice s-a executat acoperirea unor eșantioane de conducte cu poliesteri, cu poliester armat cu vată de sticlă și azbest. Aceleași experiențe s-au efectuat și pe tuburi de PVC. În ambele cazuri stratul de acoperire a rezistat în contact cu apă termală până la temperaturi de 50-60°C. La temperaturi mai ridicate, stratul protector s-a desprins de pe suprafața metalului, respectiv a PVC – ului, probabil datorită diferenței mari între coeficienții de dilatare a materialului de bază și poliesterului.

Conductele confecționate în întregime din poliester armat cu sticlă prezintă proprietăți mult superioare. Tuburile de poliester armat cu fibre de sticlă au calități anticorozive deosebite. Acest lucru s-a dovedit și în cercetările făcute chiar în cazul apelor geotermale.

Tuburile de poliester armat cu fibre de sticlă pot avea lungimi diferite și se îmbină cu flanșă, mufă, manșon sau sudură, pentru a se obține conducte de orice lungime.

Greutatea tuburilor de poliester armat este foarte redusă, datorită, pe de o parte, greutateii specifice mici ($\gamma = 1,8 \text{ kg} / \text{dm}^3$), dar în special grosimilor foarte reduse de perete (3-16 mm), care derivă din faptul că tensiunile sunt preluate de fibrele de sticlă.

Elasticitatea tuburilor de poliester este mare ($100-300000 \text{ kg/cm}^2$) ceea ce prezintă importanță în special în cazul pozării subterane.

Rugozitatea tuburilor de poliester armat este foarte mică ($n = 0,009-0,01$); aceasta duce la o capacitate de debit sensibil mai mare decât cea obținută în aceleași condiții de pantă, cu conducte din alte materiale clasice. Din aceleași considerente se desprinde concluzia că dacă se admit același debit și aceeași pantă, diametrul necesar la conductele din poliester armat va fi mai redus.

Spre deosebire de PVC, care nu e termo-stabil, poliesterul poate rezista în bune condiții atât la temperaturi negative ($-40...-50^\circ\text{C}$), cât și la temperaturi pozitive înalte (de $+90...+130^\circ\text{C}$), putând ajunge în cazul unor rășini speciale la $+250^\circ\text{C}$. [103]

În urma unor încercări de laborator speciale, s-a ajuns la concluzia că modulul de elasticitate al tuburilor de poliester armat, scade la jumătate din valoarea inițială abia după 50 ani și că exfiltrațiile nu apar decât după 150 milioane cicluri de variații ale presiunii, de la o presiune nominală, de unde se vede că asemenea tuburi prezintă o bună comportare în timp.

Rezistența la abraziune interioară a fost stabilită pe stand experimental, găsindu-se valori comparabile cu aceea a oțelului, puțin mai mare decât a epoxidului și mult mai mare decât a azbocimentului.

În comparație cu oțelul, oțelul inox și aluminiul, poliesterul se comportă mult mai bine la diferiții agenți chimici.

Tabelul 3.1. Rezistența la coroziune[103]

Materialul	SO ₄ H ₂		HCl		HF	PO ₄ H ₃		NaOH		Săruri
	Dil.	Conc.	Dil.	Conc.		Dil.	Conc.	Dil.	Conc.	
Oțel	0	x	0	0	0	0	0	x	x	0
Oțel inox	x	x	0	0	0	x	x	x	0	0
Aluminiu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poliester	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x

0 – atacat

x – rezistent.

Se observă că numai NaOH concentrat atacă poliesterul.

3.2.3.2. Protecții prin emailare

Procedeul de emailare este specific, mai ales pentru protecția metalului, oferind o rezistență deosebită la agenții corosivi de toate felurile.

Dezavantajul major al acestui tip de protecție este faptul că stratul de email este sensibil la șocuri, nu poate fi zgâriat și deci prezintă dificultăți în manipulare.[103]

3.2.3.3. Protecții din materiale plastice și termorigide

În cercetările anterioare au dat rezultate pozitive conductele protejate în interior cu un strat combinat de cauciuc-ebonită. În vederea confirmării acestor rezultate, s-au pozat la cinci foraje de ape geotermale tuburi de diferite lungimi, acoperite în interior cu un strat de 2 mm de cauciuc-ebonită. După un timp de cinci luni de funcționare au fost trase următoarele concluzii finale cu privire la eficiența folosirii acestor materiale de protecție. [103]

3.2.4. Efecte ale proceselor de coroziune la forajele geotermale

Din încercările efectuate și din observațiile din anii precedenți, se pot prezenta următoarele date legate de tema „Stabilirea materialelor optime pentru conductele de transport a apelor geotermale”:

3.2.4.1. Forajul Seleuș, jud. Arad

La acest foraj, conductele pentru transportul apelor geotermale sunt confecționate din țevă de oțel zincat, cu diametrul exterior de 88,5 mm și grosimea peretelui de 3,75 mm.

Eșantioanele de la conductele studiate, care au funcționat în perioada 18 oct. 1975 – 20 iunie 1977, s-au luat la o distanță de 200 m de foraj.

După o funcționare de 1,66 ani, conductele au prezentat o degradare avansată, datorată efectelor de coroziune, fapt ce a condus ca în unele locuri, peretele conductei să se subțieze, ajungând chiar la perforare.

În figura 3.7 este redată conducta în starea inițială, iar în figura 3.8., starea conductei după perioada de utilizare (1,66 ani).

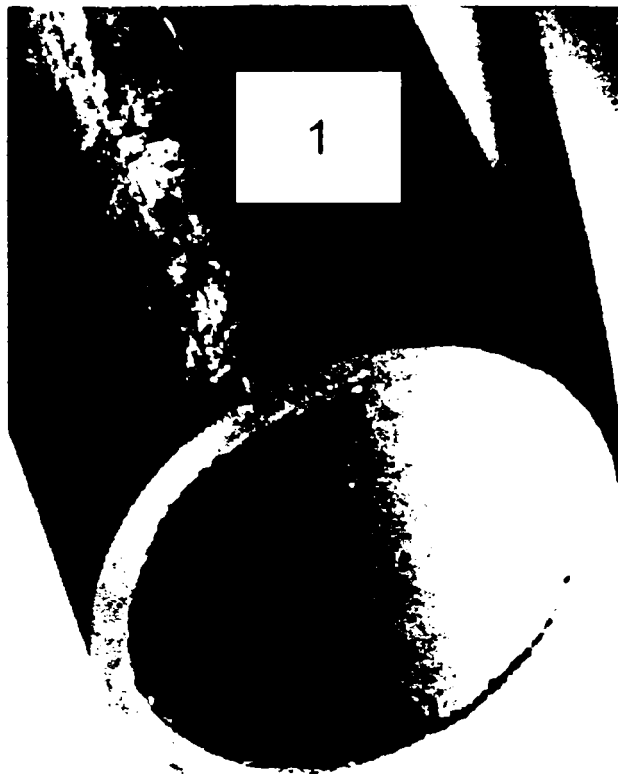


Figura 3.7. Eșantion din conducta de la forajul Seleuș, în stare inițială [103]

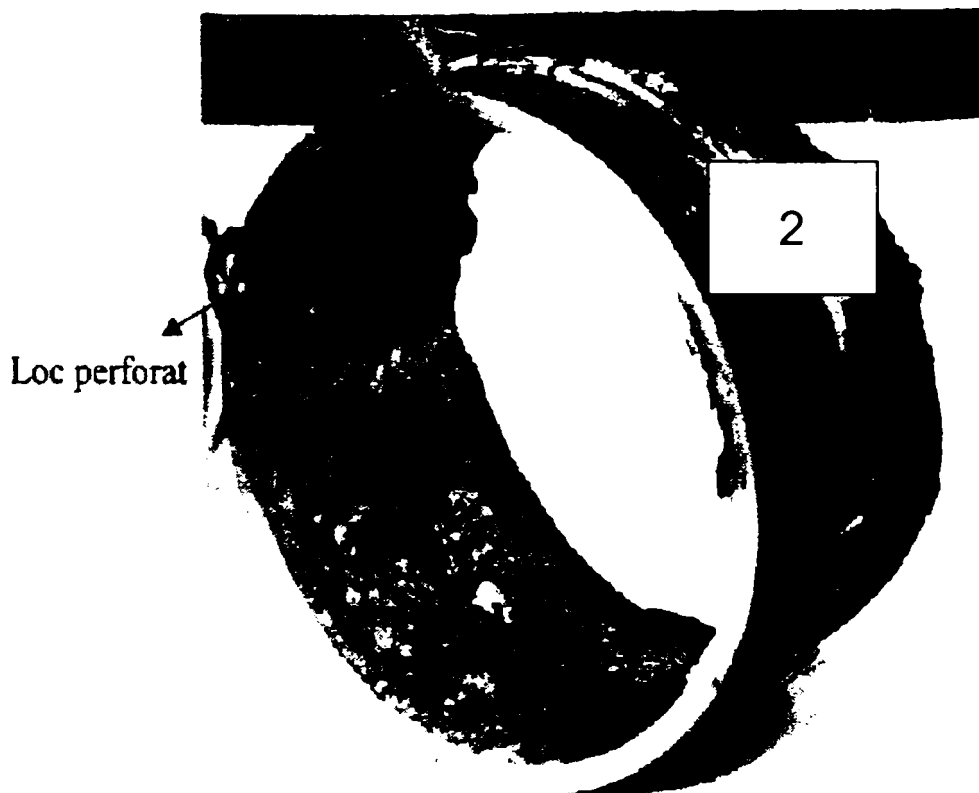


Figura 3.8. Eșantion din conducta de la forajul Seleuș, după folosire[103]

Indicele de penetrație, calculat pentru diferite eșantioane, a rezultat după cum urmează[103]:

$$k_p = \frac{d}{t}$$

$$d_1 = \delta - \delta_1 = 3,75 - 2,95 = 0,80\text{mm}$$

$$d_2 = \delta - \delta_2 = 3,75 - 3,05 = 0,70\text{mm}$$

$$d_3 = \delta - \delta_3 = 3,75 - 1,05 = 2,70\text{mm}$$

$$p_1 = \frac{0,80}{1,66} = 0,48\text{mm / an}$$

$$p_2 = \frac{0,70}{1,66} = 0,42\text{mm / an}$$

$$p_3 = \frac{2,70}{1,66} = 1,62\text{mm / an}$$

$$P_{\text{mediu}} = 0,84\text{mm / an}$$

Apa provenită de la acest foraj cu temperatura de 70°C, pH = 7,5, duritate °G = 50, SO₄²⁻ = 840 mg/l, bogată în calciu și magneziu: Ca²⁺ peste 250 mg/l și Mg²⁺ peste 60 mg/l, se caracterizează printr-o acțiune corozivă puternică. De asemenea, în acest caz, au fost observate depuneri de săruri.

Într-adevăr, indicele de penetrație arată pentru conductele utilizate, că acestea nu rezistă la corozioni mai mult de 2-3 ani, iar în unele cazuri, chiar cu mult mai puțin. De fapt, o asemenea acțiune este caracteristică pentru majoritatea apelor geotermale.

3.2.4.2. Forajul Parc din Oradea, jud. Bihor

La acest foraj au fost montate conducte protejate în interior de tip C₁E₁, adică conducte protejate cu un strat combinat de cauciuc-ebonită, cu o grosime totală de 2 mm. Asupra conductei protejate nu se observă nici o acțiune, stratul de protejare fiind intact și fără nici o depunere. Apa acestui foraj are o temperatură de 79°C, duritate °G = 35,75, pH=6,96, bogată în calciu, magneziu și sulfati. În figura 3.9. este reprezentat eșantionul din conducta protejată, după o folosire de 5 luni.

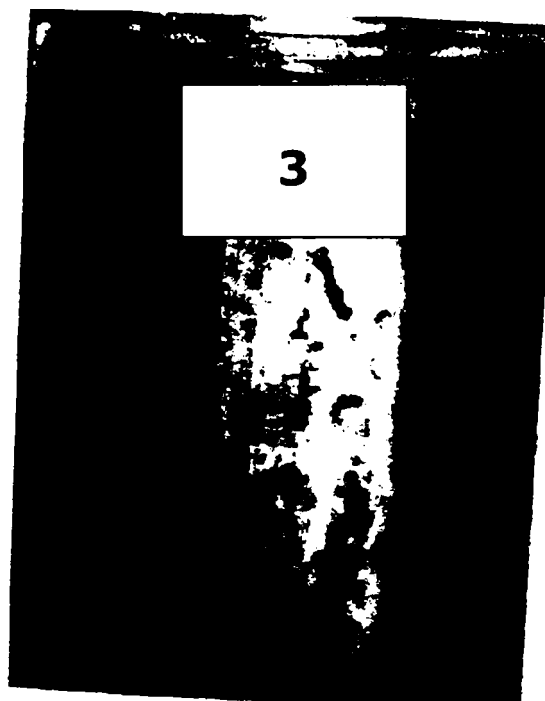


Figura 3.9. Eșantion din conducta protejată de la forajul Parc, după o perioadă de 5 luni[103]

3.2.4.3. Forajul Palota, jud. Bihor

La forajul Palota, s-au montat atât conducte protejate de tip C_1E_1 , cât și neprotejate.

Apa din acest foraj se caracterizează printr-o duritate mică, dar este bogată în CO_3H^- , peste 3000 mg/l, în Cl^- peste 2000 mg/l, Na peste 2000 mg/l, pH = 7,5 și o temperatură de 49°C.

Acțiunea corosivă asupra conductei neprotejate este vizibilă, pe când asupra celei protejate nu se observă nici o acțiune, stratul de protejare fiind intact și fără depuneri. În figurile 3.10 și 3.11 se dau eșantioane de conducte neprotejate și protejate, după o folosire de 5 luni.

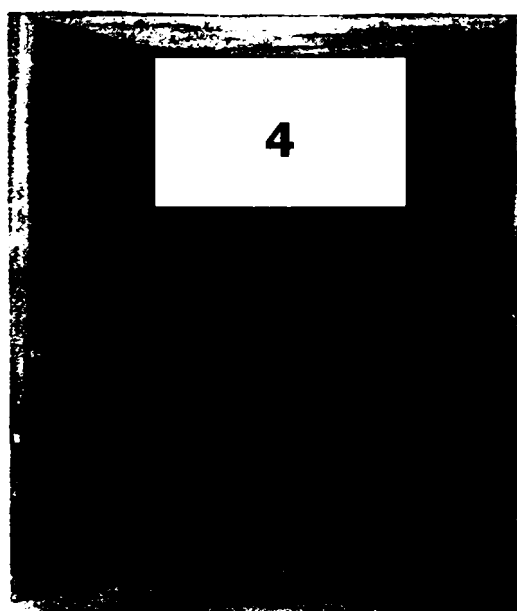


Figura 3.10. Eșantion de conductă neprotejată de la forajul Palota[103]

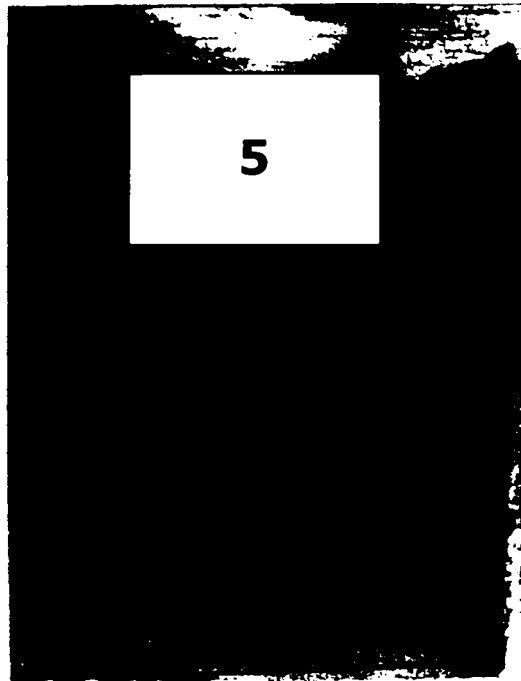


Figura 3.11. Eșantion de conductă protejată de la forajul Palota[103]

3.2.4.4. Forajul Seră din Oradea, jud. Bihor

Apa de la acest foraj se caracterizează printr-o duritate $^{\circ}\text{G} = 44$, Ca^{2+} peste 160 mg/l, Mg^{2+} peste 60 mg/l, SO_4^{2-} peste 500 mg/l, CO_3H^- peste 240 mg/l, temperatura 90°C și un $\text{pH} = 6,9$. Și la acest foraj au fost montate conducte protejate tip C_1E_1 și neprotejate; de asemenea, și în acest caz se observă că stratul de protejare este intact după o folosire de cinci luni. În figurile 3.12 și 3.13 se dau eșantioane de conducte neprotejate și protejate.

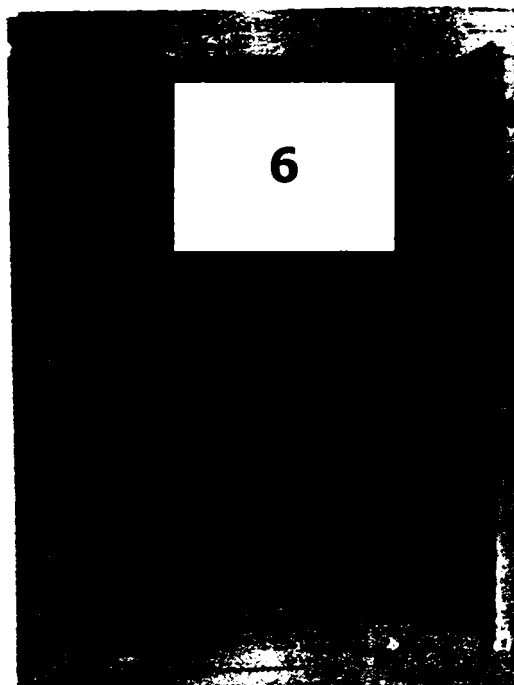


Figura 3.12. Eșantion de conductă neprotejată de la forajul Seră[103]

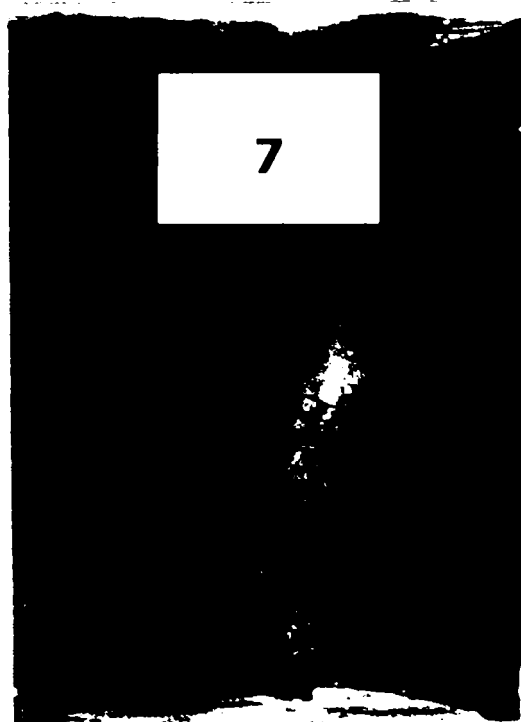


Figura 3.13. Eșantion de conductă protejată de la forajul Seră[103]

3.2.4.5. Forajul Ioșia din Oradea, jud. Bihor

Apa acestui foraj are temperatura de 89°C, pH = 6,7, duritate °G = 33, SiO₂ peste 80 mg/l, SO₄²⁻ peste 400 mg/l, CO₃H⁻ peste 240 mg/l, Ca²⁺ peste 170 mg/l, Mg²⁺ peste 30 mg/l. Și aici au fost montate conducte protejate de tip C₁E₁ și neprotejate. Este vizibilă și în acest caz acțiunea corosivă a acestei ape. La conductele protejate după cinci luni de funcționare, stratul de protejare este atacat, el desprinzându-se de pe suprafața metalului. În figurile 3.14 și 3.15 sunt redată eșantioane neprotejate și protejate, de tip C₁E₁.

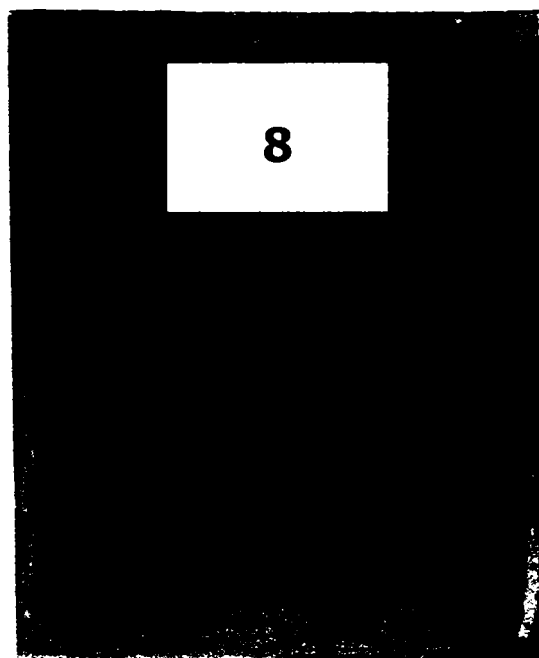


Figura 3.14. Eșantion de conductă neprotejată de la forajul Ioșia[103]

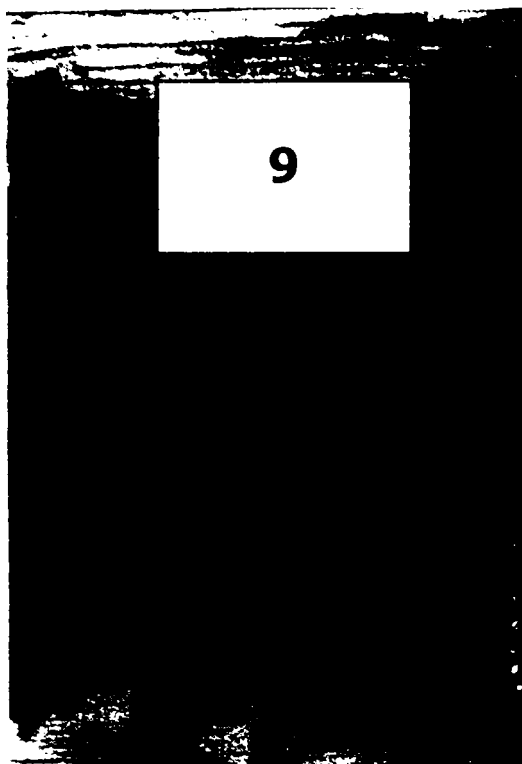


Figura 3.15. Eșantion de conductă protejată de la forajul Ioșia[103]

Toate apele studiate s-au caracterizat prin acțiune corosivă asupra conductelor pentru transportul apelor geotermale, neprotejate. La un singur foraj, și anume Ioșia, conductele protejate de tip C_1E_1 nu au rezistat.

Conductele neprotejate împotriva coroziunii au o durată de funcționare de la 1,5 ani până la 2,5 ani.

Mecanismul de coroziune în asemenea sisteme este foarte complex, el fiind legat de conținutul în bicarbonați, cloruri, sulfatați, temperatură, pH, viteze de curgere, presiune etc.

Protecția conductelor cu diferite chituri și emailuri, nu au dat rezultate pozitive, decât în cazul utilizării materialelor din poliester armat cu fibră de sticlă.

În ce privește conductele din masă plastică, rezultate pozitive au fost obținute folosind conducta din polietilenă de tip amil sodiu, pigmentată, de fabricație românească.

Rezultate pozitive au fost obținute și folosind conducte metalice de tipul C_1E_1 , adică conducte acoperite în interior cu un strat de cauciuc și ebonită, de câte 1 mm grosime fiecare.

3.2.5. *Materiale recomandate în realizarea rețelelor de transport, distribuție și evacuare a apei geotermale*

Rețeaua de transport și distribuție a apei geotermale se întinde între capul sondei de producție și punctul termic geotermal.

Proiectarea și realizarea conductelor de transport a apei geotermale se face astfel încât să se asigure: traseu minim, țevă din material rezistent la acțiunea chimică a apei, diametru optim, termoizolare corespunzătoare și monitorizare pentru semnalarea avariilor. [46][91][106]

Rezistența la coroziune a materialului ales trebuie să fie atestată experimental, prin teste efectuate pe eșantioane calibrate, menținute în apa geotermală 3...6 luni. În acest mod se determină viteza de coroziune, care trebuie să fie sub 0,3 mm/an. [12][49][50][106][109]

Materialele utilizate în prezent sunt: oțeluri cu adaosuri speciale, mase plastice și rășini armate cu fibră de sticlă. [106]

Durata de viață a rețelei de conducte din circuitul de apă geotermală trebuie să fie de minimum 20 ani.

Din considerente tehnico-economice, se recomandă limitarea pierderilor de căldură pe traseul buclei geotermale, astfel încât ecartul de temperatură între capul sondei și intrarea în punctul termic geotermal, să nu depășească 0,25...0,5°C/Km. Se recomandă un grad de izolare termică, respectiv un „randament al termoizolației”: $\eta_{iz} = 0,8...0,85\%$; pentru satisfacerea acestei exigențe, se vor folosi sisteme de conducte preizolate, cum ar fi cele de tip ABB, ISOPLUS, ISOTERM, STIZO, TARCO; în plus, datorită sistemului de semnalizare înglobat în termoizolația conductei, este posibil să se detecteze cu promptitudine avariile (perforarea conductei și umezirea termoizolației).[72][101]

Conductele de transport a apei geotermale, realizate din *oțel carbon*, sunt susceptibile de coroziune, în funcție de caracteristicile fluidului transportat. [12][106]

Apele geotermale cu o mineralizație ridicată (echivalent NaCl de ordinul zecilor de g/l) și având și gaze dizolvate (H₂S, CO₂ etc.) au un potențial ridicat de corozivitate, riscul de coroziune manifestându-se, în general, sub două aspecte:

- primul risc este acela de corodare și spargere (sau străpungere punctuală) a coloanelor din oțeluri carbon uzuale, folosite la tubarea forajelor; [12]
- al doilea risc constă în formarea în instalațiile din aval, a unor depozite de produse, rezultate în urma procesului de coroziune (sulfuri și sulfati de fier). Aceste depozite pot colmata instalațiile, reducându-se, astfel, capacitatea de transport a rețelelor, precum și performanțele de transfer de căldură ale schimbătoarelor folosite în punctul termic.

Conductele din *oțel inox*, folosite în realizarea rețelelor de transport a apei geotermale, nu sunt nici ele scutite de coroziune, aceasta depinzând tot de caracteristicile fluidului transportat. Astfel, apele geotermale cu conținut mai ridicat de cloruri și gaze dizolvate (H_2S , CO_2 etc.), pot deveni extrem de agresive, afectând chiar și oțelurile inoxidabile, cu excepția *titanului*, care este, însă, un material extrem de scump și practic nu poate fi vorba de a face rețele întregi din acest material. [106] [12]

Conductele de apă geotermală realizate din *materiale compozite* (rășini epoxi, rășini poliesterice nesaturate, rășini vinilesterice – ranforsate cu fibre de sticlă) prezintă avantajul de a nu fi practic deloc afectate de fenomene de coroziune. Ele pot fi însă afectate din punct de vedere mecanic (rupturi de țevi), mai ales la nivelul îmbinărilor lipite. [12]

Rășinile epoxidice ranforsate cu fibre de sticlă se caracterizează prin: rezistență la coroziune, greutate redusă, rezistență la temperatura fluidelor vehiculate, rezistență mecanică bună și inerție chimică. Temperatura maximă admisibilă de lucru pentru țevile care transportă apă caldă, cele fabricate din rășini epoxidice ranforsate cu fibre de sticlă (prin metoda înfășurării filamentare sau tehnologia mai puțin uzuală a mulajului prin centrifugare) este prezentată în tabelul 3.2. [12]

Tabelul 3.2. Temperatura maximă de lucru a țevilor din rășină epoxidică ranforsate cu fibre de sticlă[12]

Substanța folosită ca întăritor al matricei*)	Temperatura fluidului vehiculat (°C)		
	Apă	Solvent organic 50%benzină 50% toluen	15% HCl
Metilendianilină – MDA	93	93	80
Trietilentetramină – TETA	80	93	80
Amină alifatică – AA	65	38	Nedeterminată
Anhidridă metil tetrahidroftalică – MTPHA	65	38	Nedeterminată

*) Ex.: rășină epoxi bi-fenol A

La ora actuală, folosirea materialelor tubulare compozite în construcția unor rețele geotermale, este penalizată și în România, ca și într-o serie de alte țări, de costurile (încă) ridicate (de două până la de patru ori mai scumpe decât oțelurile obișnuite) dar și de insuficiența datelor privind comportarea pe termen lung în condiții de exploatare specifice geotermiei. La toate acestea se mai adaugă și lipsa experienței în domeniul tehnologiilor de montaj in situ.[12]

În străinătate au fost utilizate experimental țevi realizate din materiale compozite atât în tubarea unor sonde geotermale (ex: în Franța, la Villeneuve – la Garenne – coloane de 7 inch din rășină epoxidică armată cu fibre de sticlă) cât și în realizarea țevăriei folosite în instalațiile de suprafață.[12]

Având în vedere principalele condiții tehnice impuse proiectării rețelelor geotermale, se poate aprecia că pentru aplicațiile specifice din România, asigurarea unei durate medii de viață de minimum 20 ani pentru instalațiile buclei geotermale, va fi posibilă în viitor, numai prin adoptarea unor materiale mai adecvate, cu rezistență crescută la coroziune, chiar dacă acestea sunt mai scumpe decât oțelurile uzuale (materialele compozite sau oțeluri cu adaosuri speciale).[12]

O altă posibilitate practică pentru îmbunătățirea comportării rețelelor geotermale de transport este folosirea țevilor și a accesoriilor preizolate.

Folosind gama de elemente și accesorii preizolate, cu o proiectare corespunzătoare, se pot realiza rețele etanșe și fiabile pentru transportul apelor calde geotermale, cu temperaturi $< 130^{\circ}\text{C}$, specifice exploatărilor din România.[12]

3.3. Tratarea apelor geotermale cu temperaturi foarte ridicate ($T > 120^{\circ}\text{C}$)

Apele geotermale cu temperaturi ce depășesc 120°C , se utilizează, în special, pentru producerea de energie electrică. Pentru tratarea acestor ape, se utilizează procedeul de degazare a apei, care va fi descris în cele ce urmează.

3.3.1. Degazarea apelor geotermale

3.3.1.1. Aspecte de ordin general

Cercetările efectuate privind chimismul apelor geotermale din pannonianul plasat în zona de vest a țării noastre, conduc la emiterea ipotezei că mecanismul geotermic care stă la baza compoziției acestor ape, este schimbul ionic ce are loc între ionii de Na, de pe straturile unităților structurale de argilă și ionii de Ca și Mg din apele complexului hidrotermal (Pannonian Inferior și Superior). În acest tip de rocă și în prezența unor cantități mari de substanță organică, are loc fenomenul de reducere a sulfatilor de către bacteriile anaerobe, însoțit de o creștere a ionului HCO_3^- . Aceste modificări duc la formarea de ape alcaline, cu valori ale indicelui pH de peste 8.[82]

Atunci când în aceste ape/roci există și hidrocarburi, este posibil ca în prezența bacteriilor anaerobe și a unor procese de bituminizare, să rezulte cantități importante de CO_2 și CH_4 , sub formă de gaze libere. Acumularea acestor gaze în acvifere generează fenomenul de gaz-lift, prin care se explică producerea fenomenului de funcționare arteziană-intermitentă, de la majoritatea sondelor geotermale.[82] [70] [93]

Apele geotermale cu o mineralizație ridicată (echivalent NaCl de ordinul zecilor de grame la litru) și având și gaze dizolvate (H_2S , CO_2 etc.) au un potențial ridicat de corozivitate, riscul de coroziune manifestându-se, în principal, sub două aspecte:

- Primul risc este acela de corodare și spargere a coloanelor din oțeluri carbon uzuale, folosite la tubarea forajului și posibila contaminare a unor acvifere potabile din straturile intermediare. [12] [106]
- Un alt risc major constă în formarea în instalațiile din aval, a unor depozite de produse rezultate din coroziune – sulfuri și sulfai de fier. [12] [106]

3.3.1.2. Compoziția gazelor dizolvate în apa geotermală

Compoziția gazelor dizolvate se poate determina din analiza vaporilor care se separă din apa geotermală la suprafață, sau din analiza gazelor care se separă în condiții de suprafață, din apele geotermale de joasă entalpie. În figura 3.16 este prezentată o instalație pentru determinarea volumului de gaze care însoțesc apele geotermale.

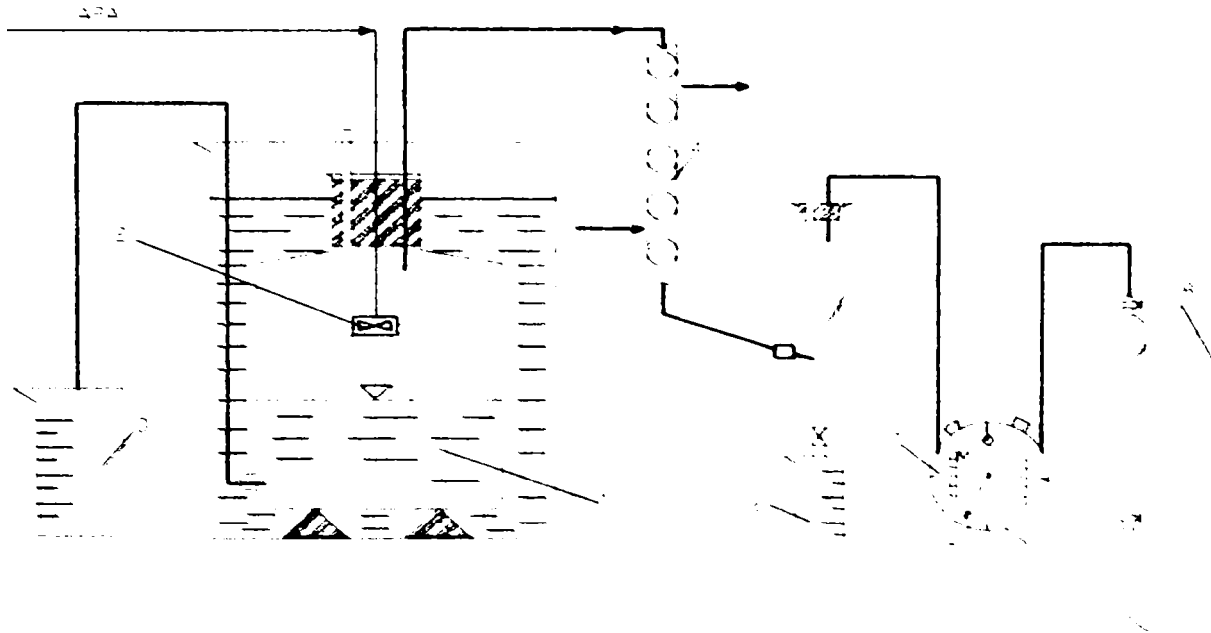


Figura 3.16. Instalație pentru determinarea volumului de gaze care însoțesc apele geotermale

1-Degazor termostatat; 2-Pulverizator centrifugal; 3,6-vase de măsură;
4-Condensator de vapori; 5-Separator de apă; 7-Contor de gaz;
8-Dispozitiv de colectare pentru probe de gaz; M-Manometru; T-Termometru

Dioxidul de carbon este componentul major în sistemele de ape geotermale de entalpie ridicată.

În cazul sistemelor de joasă entalpie, componentul gazos preponderent este metanul. Excepție fac sistemele geotermale cu ape acide, în cazul cărora sunt prezente cantități considerabile de sulf și dioxid de sulf.

Gazele posibile a fi dizolvate în apa geotermală, pe lângă cele amintite mai sus, sunt: N_2 , O_2 și H_2S . N_2 , O_2 și CO_2 pot proveni din atmosferă; probabil oxigenul dispare, din cauza reactivității sale excesiv de mari. CH_4 , H_2S , CO_2 și N_2 pot proveni din adâncime, în urma unor procese nu destul de bine cunoscute. Pe lângă aceste gaze, apele geotermale pot fi asociate și cu gazele nobile: argon, heliu, cripton și neon. În unele zone, poate să apară și radonul izotopului

222, în urma dezintegrării ²²²Ra. Amoniacul se găsește, cu precădere, în apele care circulă în contact cu substanțele de origine organică. În general, amoniacul se găsește în concentrații infime în apele geotermale.

În continuare, vom prezenta compoziția gazelor dizolvate în principalele perimetre geotermale din județul Bihor.

Compoziția gazelor dizolvate în apele geotermale din perimetrul Oradea, jud. Bihor. Apele geotermale din acest perimetru sunt însoțite de gaze dizolvate, în cantități reduse. Predomină bioxidul de carbon, metanul și există cantități mici de oxigen. [70] [81] [82]

Compoziția gazelor dizolvate în apele geotermale din zona Băile Felix - Băile 1 Mai, jud. Bihor. Apele geotermale cantonate în colectorul cretacic (aria Băile Felix, Băile 1 Mai), au o mineralizație scăzută; din punct de vedere al caracterului agresiv, a fost testată numai apa forajului 4003 Felix; conținutul acesteia în CO₂ liber și O₂ este: CO₂ (88,03 mg/l), O₂ (3,38 mg/l); pH-ul acestei ape are valoarea 6,6. [70] [81]

Compoziția gazelor dizolvate în apele geotermale din perimetrul Săcuieni, jud. Bihor. Gazele care însoțesc apele geotermale din perimetrul Săcuieni, jud. Bihor, sunt alcătuite, în principal, din CH₄, dar s-au semnalat prezențe de O₂, N₂ și gaze rare. S-a remarcat dispariția CO₂, care în 1981 era, la sonda 4691, de 38,52 mg/l, concomitent cu creșterea pH-ului până la 8,3. Apele conțin, de asemenea, cantități considerabile de hidrogen sulfurat, între 5-28 mg/l. [64]

Compoziția gazelor dizolvate în apele geotermale din perimetrul Ciumeghiu, jud. Bihor. Apa din perimetrul Ciumeghiu, jud. Bihor, conține, alături de H₂S (care este prezent în concentrații de 14-16 mg/l), următoarele gaze: CO₂, O₂ și CH₄; dacă în cazul O₂, analizele au evidențiat cantități constante, de ordinul 3,2-4 mg/l, în cazul CO₂, cantitatea pare să fi scăzut, de-a lungul timpului, de la 61,18 mg/l la 0,4 mg/l, odată cu creșterea pH-ului de la 7,8 la 8,3. În acest perimetru, rația totală de gaze atinge valori semnificative, de ordinul a 7,06 Nm³/m³ apă (din care 81,8% metan). [67] [70] [81] [82]

Compoziția gazelor dizolvate în apele geotermale din perimetrul Salonta, jud. Bihor. Apa geotermală din perimetrul Salonta seamănă, din punct de vedere al compoziției, cu apa din perimetrele Ciumeghiu și Săcuieni; s-a constatat prezența NH₄⁺ (15 mg/l) și a H₂S (12,92 mg/l); lipsa bioxidului de carbon este explicabilă prin pH-ul cu valoarea 8,3; există, însă, oxigen dizolvat, în concentrație de 6,14 mg/l. [67] [81] [82]

3.3.1.3. Eliminarea gazelor din apa geotermală

Slab aerate, apele geotermale conțin diferite gaze, astfel încât ele trebuie degazate. *Eliminarea gazelor* se poate obține în instalații de pulverizare a apei în aer (picurarea prin duș sau sprinklere), de aerare prin barbotare mecanică sau cu aer comprimat, de cazane cu vacuum și

de filtrare sau tratare chimică (filtru de marmură și tratare cu var pentru bioxidul de carbon, filtru de pilitură de oțel și tratare cu bioxid de sulf pentru oxigen). [65] [70]

Trecerea apei prin cazane de vacuum se practică îndeosebi în captarea apelor subterane, deci și a apelor geotermale, gazele fiind eliminate din conducta de aspirație odată cu aerul, prin pompele de vacuum.

Dezacidarea (eliminarea bioxidului de carbon), desulfurizarea (eliminarea hidrogenului sulfurat) și dezoxigenarea (eliminarea oxigenului) apar ca tratări necesare pentru reducerea caracterului agresiv al apelor geotermale, sau a mirosului și gustului lor neplăcut. Eliminarea bioxidului de carbon este necesară și la deferizarea și demanganizarea apei, ca o tratare prealabilă. Eliminarea bioxidului de carbon și a hidrogenului sulfurat se realizează adeseori în instalații prin care se obține concomitent și o aerare (oxigenare) a apei. [51][52][55][65] [70]

Filtrele cu marmură reprezintă soluția cea mai răspândită pentru dezacidarea apei; acestea dezacidează apa prin fixarea bioxidului de carbon liber de carbonatul de calciu (rezultând bicarbonat de calciu solubil). Așadar, prin acest procedeu crește duritatea temporară a apei. Procedeu se aplică numai la ape limpezi și lipsite de fier și mangan (pentru a nu provoca colmatarea filtrului), în cazurile în care duritatea temporară a apei este mică (sub 7 grade) și la ape cu conținut total de bioxid de carbon legat și liber sub 60 mg/l. [57][70] [97]

Pentru o apă geotermală care conține CO₂ agresiv (apă cu caracter acid), schema instalației de dezacidare va cuprinde un bazin de aerare, urmat de un filtru cu marmură (conținând granule de Ca CO₃).

Instalația de degazare se compune din unul sau mai multe rezervoare la presiune atmosferică sau sub presiune, denumite degazoare; realizează eliminarea gazelor dizolvate din apa geotermală în scopul asigurării siguranței în funcționare și a fiabilității instalațiilor din aval. Rezervorul degazor amplasat lângă sondă are capacitatea de 15...50m.

În figura 3.17 este prezentată schema unei instalații de degazare și recuperare a gazelor combustibile. Utilizând această schemă se pot asigura presiuni ale gazului la consumator de până la 50 mbar. În cazul în care consumatorii de gaze combustibile sunt situați la distanțe mai mari de sondă, schema va fi completată în aval cu o stație de comprimare echipată cu electrocompresoare, precum și cu o treaptă de acumulare de medie presiune a gazelor. [70]

Gazele dizolvate întâlnite cel mai frecvent în apele geotermale din România sunt: metanul, bioxidul de carbon și hidrogenul sulfurat. Dintre acestea, metanul are ponderea cea mai însemnată, ajungând să reprezinte, la unele sonde, până la 90...95% din totalul gazelor asociate.

În condițiile în care producția de gaz metan a apelor geotermale este însemnată, degazarea trebuie să asigure separarea, captarea și valorificarea energetică a gazului (utilizarea la arzătoarele cazanelor centralelor termice de vârf asociate cu punctul termic geotermal).

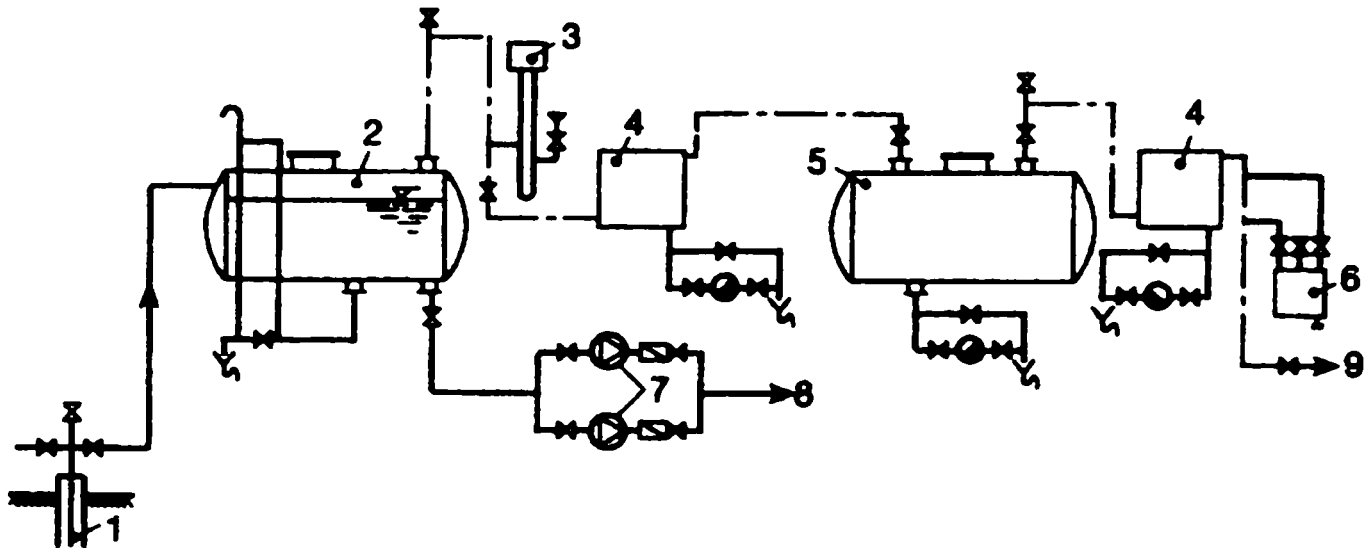


Figura 3.17. Schema instalației de degazare și recuperare a gazelor combustibile: [106]

- 1 – sondă de producție apă geotermală; 2 – rezervor degazor;
 3 – dispozitiv de siguranță pentru suprapresiune; 4 – registre de condensare;
 5 – rezervor tampon de gaze; 6 – dispozitiv de odorizare cu etilmercaptan;
 7 – pompă apă geotermală; 8 – la punctul termic geotermal;
 9 – la consumatorii de gaze combustibile.

— conductă apă geotermală; - . - conductă gaze combustibile.

3.4. Tratarea apelor geotermale cu temperaturi ridicate ($T = 80...120^{\circ}\text{C}$) și medii ($T = 50...80^{\circ}\text{C}$)

Apele geotermale cu temperaturi cuprinse în intervalul $80...120^{\circ}\text{C}$, se utilizează atât pentru producerea de energie electrică, cât și pentru: încălzire și preparare apă caldă de consum pentru consumatori civili, industriali, pentru sere, încălzire în procese tehnologice de uscare și preparare apă caldă de consum tehnologic.. Pentru tratarea acestor ape, se utilizează, pe lângă procedeul de degazare a apei, care a fost descris la paragraful 3.3.1., și următoarele procese: dedurizarea chimică, deferizarea și demanganizarea în instalații închise (insuflare de aer în tobele de aerare, filtrarea și dubla filtrare prin mase filtrante din nisip cuarțos).

Apele geotermale cu temperaturi cuprinse în intervalul $50...80^{\circ}\text{C}$ pot fi folosite pentru încălzire și preparare a apei calde de consum, prin asociere cu o centrală termică de vârf, pentru consumatorii civili, industriali și sere și pentru prepararea apei de consum menajer sau tehnologic. Pentru tratarea acestor ape se pot folosi aceleași procedee de tratare utilizate la apele geotermale cu temperaturi ridicate și foarte ridicate, cu mențiunea că, procedeul de deferizare-demanganizare se poate realiza prin insuflare de aer în tobe de aerare, prefiltrare cu mase filtrante de cocs și nisip grosier și filtrare rapidă în filtre închise, care au ca strat filtrant nisipul de cuarț; de asemenea, deferizarea și demanganizarea apei se poate realiza direct în stratul acvifer.

3.4.1. Dedurizarea chimică a apelor geotermale cu temperaturi ridicate și medii

3.4.1.1. Aspecte de ordin general

Duritatea apelor geotermale poate fi: totală, temporară sau permanentă.

- Duritatea totală - reprezintă totalitatea ionilor de Ca^{2+} și Mg^{2+} prezenți în apă.
- Duritatea temporară - reprezintă conținutul ionilor de Ca^{2+} și Mg^{2+} legați de ionul HCO_3^- . Se numește duritate temporară întrucât, prin fierberea apei, această duritate se înlătură, bicarbonații descompunându-se în CO_2 și în carbonați care precipită.
- Duritatea permanentă - reprezintă duritatea totală minus duritatea temporară și este dată de ionii de calciu și magneziu legați de anionii clor, sulfati, azotați; ea rămâne în mod permanent în apă, chiar după fierbere.

Considerând cationii care determină duritatea, aceasta poate fi: duritate *calcică*, *magneziană* și *totală*. Exprimarea durității se face în *grade de duritate*, denumite diferit, după

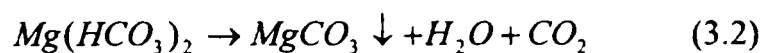
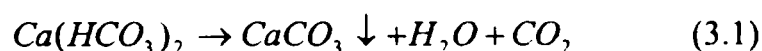
substanța care se determină astfel: grade franceze: $1^{\circ}\text{F} = 10 \text{ mg/l CaCO}_3$; grade germane: $1^{\circ}\text{G} = 10 \text{ mg/l CaO}$; grade engleze: $1^{\circ}\text{Britanic} = 14 \text{ mg/l CaCO}_3$; unități US: $\text{US} = 2,29 \text{ mg/l CaCO}_3$.

Efectele dedurizării apei prezintă două aspecte contradictorii prin prisma influenței atât a stării de sănătate a oamenilor, dar și asupra consumului industrial.

Cu privire la starea de sănătate a oamenilor, se cunoaște contribuția apei de băut la necesarul de calciu al organismului (aprox. 10-120 mg/l, deoarece calciul se absoarbe mai greu din apă decât din alte alimente) și magneziu (aport semnificativ, ionul de magneziu fiind ușor absorbit din apă). Aceste calcule se realizează considerând necesarul de apă zilnic de 1.5-2 litri și, respectiv, necesarul zilnic de calciu și magneziu, care este de 600 – 1000 mg Ca și 300-500 mg Mg. Apa dedurizată privează, astfel, organismul uman de ionii de calciu și magneziu necesari, în plus, conducând la mărirea aportului de sodiu atunci când, pentru eliminarea durtății, se lucrează cu Na_2CO_3 , NaOH sau schimbători de ioni. Din aceste motive, pentru apa potabilă nu se recomandă dedurizarea, cu excepția cazurilor când apa brută are un conținut mare de calciu și magneziu. Pentru apa potabilă, limita de durtate este de 5°G , conform Legii nr.458/2002, modificată și completată cu Legea nr.311/28 iunie 2004.[40][113]

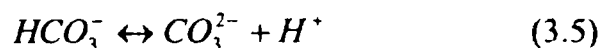
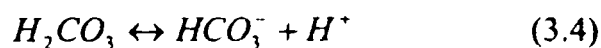
Referitor la consumul industrial, se recomandă dedurizarea datorită următoarelor aspecte:[95]

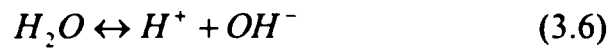
- carbonații și silicații de Ca și Mg se depun pe pereții conductelor și cazanelor, formând cruste, reducând secțiunea de curgere și micșorând eficiența transferului de căldură. În plus, bicarbonații de Ca și Mg se descompun la temperaturi mai mari de 80°C , cu formare de carbonați insolubili, conform reacțiilor:



- sărurile de Ca și Mg ale acizilor grași sunt aproximativ insolubile în apă și influențează negativ eficiența proceselor din industria chimică și textilă.

Pentru stabilirea procedurii de dedurizare și a parametrilor de operare, un rol foarte important îl are analiza caracteristicilor apei, cu particularizare asupra echilibrului calco-carbonic. Acest echilibru poate fi reprezentat schematic prin reacțiile de echilibru:





Echilibrul calco-carbonic este definit prin sistemul de ecuații 3.3 - 3.6, în care variabilele sunt: $[HCO_3^-]$, $[CO_3^{2-}]$, $[OH^-]$, $[H_2CO_3]$, CO_2 liber (parametri fundamentali ai echilibrului calco-carbonic). Pentru determinarea concentrațiilor acestor parametri, se măsoară pH-ul și alcalinitatea apei și apoi se determină, prin calcul, celelalte 4 variabile. O apă este în *stare de echilibru carbonic* dacă variabilele de mai sus verifică sistemul anterior de 4 ecuații. La determinarea stării de echilibru intervine și solubilizarea parțială a carbonatului de calciu în apă:



Având în vedere ecuațiile prezentate anterior, pH-ul de echilibru sau de saturație (pH_s) se determină înlocuind, în ecuația unei ape echilibrate (3.5), concentrația în CO_3^{2-} , cu valoarea rezultată din ecuația (3.7). Deci, pentru ca o apă să fie în echilibru calco-carbonic, este necesar ca $pH = pH_s$. Concentrația de dioxid de carbon care corespunde pH-ului de saturație se numește CO_2 echilibrant.

Corectarea caracterului unei ape brute și asigurarea echilibrului calco-carbonic se realizează fie prin dizolvarea dioxidului de carbon, fie prin dizolvarea carbonatului de calciu, după sensul în care s-a produs dezechilibrul.[8][15]

Apele cu dioxid de carbon în exces ($pH < pH_s$) au tendința fie de a dizolva carbonat de calciu până la stabilirea echilibrului, fie de a degaja o parte din dioxidul de carbon în atmosferă. Apele care dizolvă carbonatul de calciu pentru a atinge echilibrul sunt agresive față de materialele calcaroase, beton, ciment.

Atunci când apele prezintă o cantitate de carbonat de calciu în exces, ($pH > pH_s$), apare tendința de precipitare a acestuia, iar apele sunt denumite *încrustante*. În acest caz, conținutul de CO_2 liber este mai mic decât conținutul de CO_2 echilibrant. Deficitul de dioxid de carbon din apă se compensează prin operația de *recarbonatare*, care se realizează prin aerarea în exces, arderea sub apă a cocsului, sau recuperarea CO_2 provenit din procese de calcinare a rocilor calcaroase.

Echilibrarea apelor se obține și prin micșorarea pH-ului în procesul de dedurizare.

În funcție de valoarea durtății se pot distinge ape „dure” (în acest caz, durtatea are valoarea de 250 mg CaO/l, adică 25°G), respectiv ape „moi” (în acest caz, durtatea are valoarea de 50 mg CaO/l, adică 5°G).

Dedurizarea reprezintă eliminarea durtății totale din apă.

În unele cazuri se folosesc (în locul dedurizării apei) dezincrustanți, care împiedică formarea crustelor în instalații, transformând sărurile ce se depun în săruri solubile sau în compuși insolubili care produc nămol.

Dedurizarea totală constă în înlăturarea tuturor ionilor care provoacă duritatea apei.

Duritatea apelor subterane are un caracter constant, în special la apele din pânza de mare adâncime, în timp ce la sursele de suprafață, duritatea este condiționată de o serie de factori externi.

Apa din puțurile de mare adâncime înregistrează o variație a durității de ± 1 , în timp ce apa din pânza freatică înregistrează variații de $\pm 2,5$ iar apa de suprafață de ± 4 grade de duritate.

3.4.1.2. Decarbonatarea

Decarbonatarea sau dedurizarea parțială reprezintă eliminarea parțială a durității temporare din apă. Instalațiile pentru decarbonatarea apelor geotermale se stabilesc în funcție de cerințele tehnice ale utilizatorilor și de cele ale protecției mediului. Instalațiile pentru decarbonatarea apei pot fi cu strat de nămol sau de decarbonatare catalitică.

Instalațiile cu strat de nămol sunt mai puțin recomandate pentru decarbonatarea apelor geotermale.[68]

Instalațiile care au la bază decarbonatarea catalitică folosesc drept catalizator al reacției ce are loc la punerea apei în contact cu varul, cristalele de carbonat de calciu. Aceste cristale au un diametru de 0,2 - 0,5 mm și sunt expandate într-un pat fluidizat. În locul cristalelor de carbonat de Ca se mai utilizează și nisipul cuarțos.

Această masă catalizatoare are rolul de a amorsa cristalizarea și de a servi drept suport acestei catalizări, căci carbonatul de calciu este un precipitat foarte fin și ușor antrenabil în apă. Această metodă este aplicabilă numai în cazul eliminării durității temporare datorată bicarbonaților de calciu din apele fără substanțe coloidale. Bicarbonații de magneziu dau naștere unui precipitat care nu se fixează pe masa catalizantă și este antrenat în efluent. S-a conceput o gamă largă de instalații ce au la bază decarbonatarea catalitică, cu viteza ascensională la partea superioară de 15 – 50 m/h. În figurile 3.18., 3.19. și 3.20. se prezintă trei tipuri de asemenea instalații.

În figura 3.18. se prezintă decarbonatorul de tip „Gyractor”, de forma unui trunchi de con, iar în figura 3.19. tipul „Gyrazur”, mai perfecționat, ce permite o viteză ascensională mai mare, fiind constituit dintr-un trunchi de con la partea inferioară, un cilindru și un trunchi de con ce face legătura cu al doilea cilindru.

Mișcarea ascendentă elicoidală a apei la decarbonatoarele de tip „Gyractor” și „Gyrazur”, se realizează prin intrarea tangențială a curentului de apă la bază.

În figura 3.20. este prezentat decarbonatorul de tip „Tecproclone”, de forma unui trunchi de con, astfel conceput încât să realizeze o mișcare ascendentă centrală și în lateral o mișcare de convecție, parțial ramificată, ceea ce conduce la o foarte bună omogenizare.

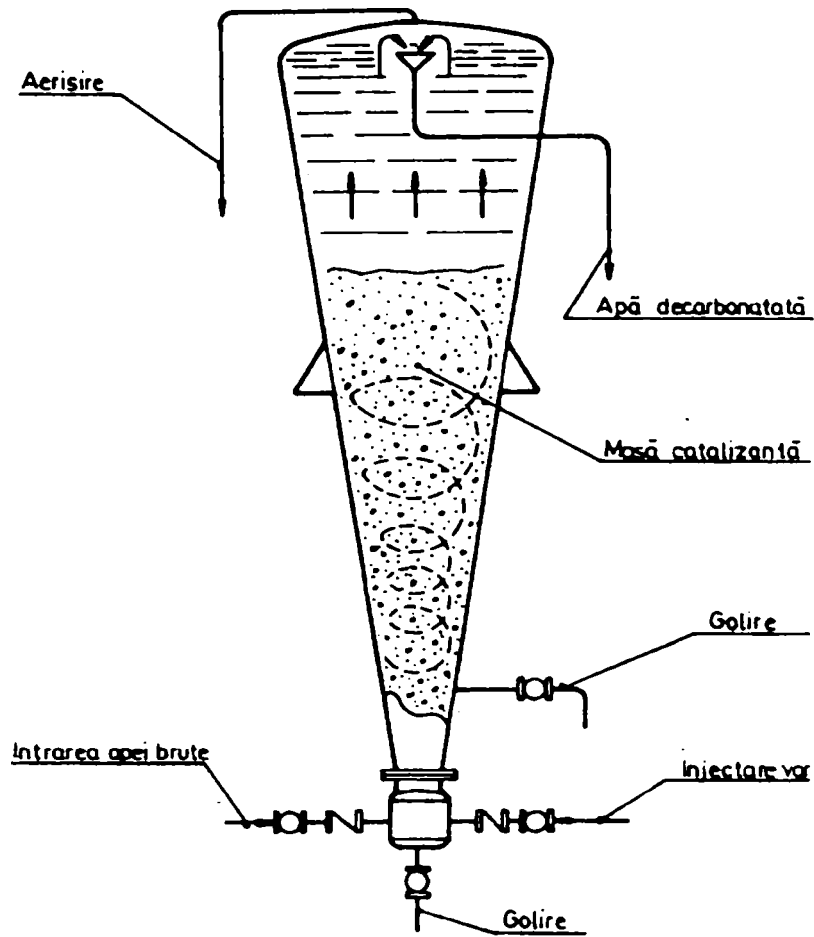


Figura 3.18. Decarbonator de tip „Gyractor”[40]

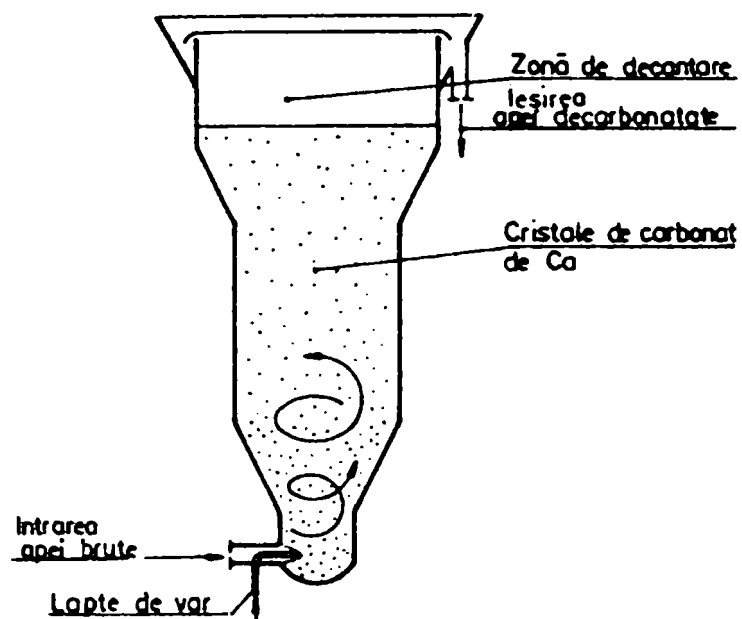


Figura 3.19. Decarbonator de tip „Gyratur” [40]

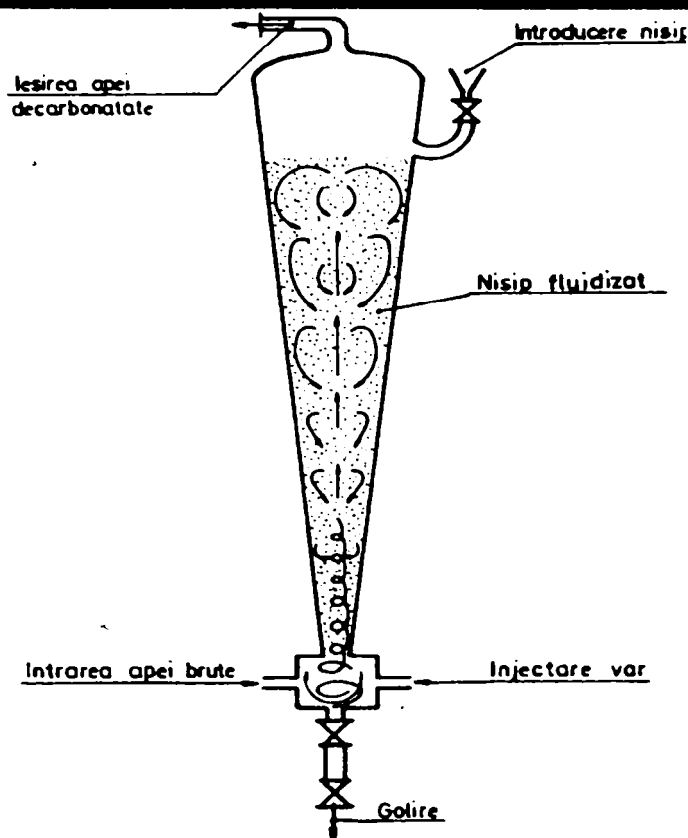
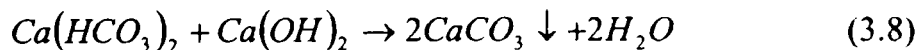


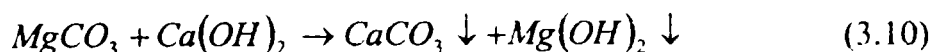
Figura 3.20. Decarbonator de tip „Tecproclone” [40]

3.4.1.3. Dedurizarea cu hidroxid de calciu

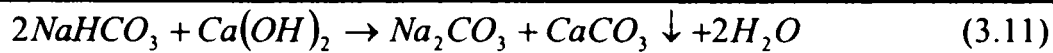
Hidroxidul de calciu se folosește pentru eliminarea durtății temporare produse de bicarbonatul de calciu sau de magneziu, având efect și asupra durtății permanente. Reacțiile chimice pentru reducerea durtății temporare conduc la formarea carbonatului de calciu și a hidroxidului de magneziu insolubili:[31][95]



Deoarece carbonatul de magneziu este mai puțin solubil în apă decât hidroxidul de magneziu, un exces de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ va conduce la reacția:



Dacă apa brută conține bicarbonat de sodiu, atunci, după dedurizare, alcalinitatea crește ca urmare a formării carbonatului de sodiu:



pH-ul apei brute are o influență importantă asupra concentrației ionilor de Ca^{2+} și Mg^{2+} din apa dedurizată, astfel încât, dacă se urmărește evitarea precipitării magneziului, pH-ul nu trebuie să depășească valoarea 9,2.

Doza de hidroxid de calciu teoretic necesară pentru precipitarea optimă a bicarbonatului de calciu este:

$$D_t = 5,6 \left(\frac{CO_2}{4,4} + C \right) \quad (3.12)$$

în care: D_t este doza teoretică de hidroxid de calciu [$g\ CaO/m^3$], C – numărul de grade de duritate calcică reală eliminată, $\frac{CO_2}{4,4}$ - conținutul de dioxid de carbon liber, exprimat în grade duritate.

În practică, doza de $Ca(OH)_2$ folosită este mare, deoarece se întrebuițează hidroxid de calciu tehnic, cu 70% CaO . Excesul de hidroxid asigură atât creșterea pH-ului, cât și neutralizarea acidității datorate introducerii agenților de coagulare. Doza practică D_p este dată de relația:

$$D_p = 10 \left(\frac{CO_2}{4,4} + C \right) \quad (3.13)$$

Doza de hidroxid de calciu poate fi determinată și cu relația:

$$D_v = C_1 + 2,8 \cdot M + 1,27 \cdot C_2 + x \quad (3.14)$$

în care: D_v este doza de hidroxid de calciu [$g\ CaO/m^3$], C_1 – conținutul de CaO din bicarbonații din apa brută [g/m^3], M – conținutul de MgO din bicarbonații din apa brută [g/m^3], C_2 – conținutul de CO_2 liber din apa brută [g/m^3], x – doza suplimentară de hidroxid de calciu (5-10 g/m^3).

Dedurizarea cu hidroxid de calciu nu poate fi urmată de o coagulare cu sulfat de aluminiu, din cauza creșterii pH-ului. Din acest motiv, coagularea se poate face cu clorură ferică sau cu sulfat feric.[35][90][95]

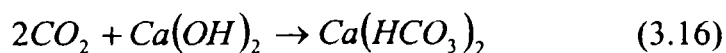
Cantitatea de carbonat de calciu precipitat P [g/m^3] este dată de relația:

$$P = 20 \left(\frac{CO_2}{8,8} + C - 3 \right) \quad (3.15)$$

Pentru eliminarea durtății temporare, utilizând ca reactiv hidroxidul de calciu, se pot utiliza trei variante:

1. *Dedurizare cu hidroxid de calciu în exces (exces lime softening)*. În acest caz, se urmărește eliminarea maximă a durtății magneziene, la un pH > 9,2 (recomandat 10 – 10,5), pentru care este necesar hidroxid de calciu în exces față de doza calculată. Acest procedeu se folosește, mai ales, în cazul apelor naturale cu duritate magneziană mare și constă în parcurgerea următoarelor etape:

- *Precipitarea*. Procesul are loc în decantoare suspensionale, în care faza de amestecare rapidă ($G_{\text{optim}} = 300 \text{ s}^{-1}$), este urmată de o perioadă necesară creșterii flocoanelor și precipitării (40-60 minute). Pentru a asigura o bună decantare a precipitatelor formate, se recomandă, fie introducerea unei mici doze de sulfat de aluminiu sau de aluminat de sodiu, fie decantarea suspensională cu recircularea nămolului.
- *Cristalizarea*. Carbonatul de calciu, format în procesul de dedurizare, poate precipita atât sub formă de flocoane, cât și sub formă de cristale. Formarea acestora din urmă este determinată de nucleele de cristalizare ale carbonatului de calciu, iar creșterea acestora este mai rapidă decât creșterea flocoanelor. Este, de asemenea, foarte important ca aceste cristale să rămână în suspensie, fără a se uni sub forma unei mase solide. Prin acest proces se elimină, în primul rând, duritatea calcică, dar și o parte din magneziul conținut în apa brută, sub formă de $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ și $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$.
- *Recarbonatarea*. În apa decantată apare un conținut ridicat de calciu, sub formă de hidroxid de calciu dizolvat. Ulterior, acesta poate fi precipitat folosind dioxid de carbon sau carbonat de sodiu. În consecință, consumul de hidroxid de calciu este maxim și apa obținută este puternic dezechilibrată. Echilibrarea apei se face prin tratarea cu acid sulfuric sau cu dioxid de carbon, proces numit recarbonatare:



- *Îndepărtarea nămolului rezultat în urma procesului de dedurizare*. Nămolul rezultat în urma concentrării este supus filtrării sub vacuum și utilizat în

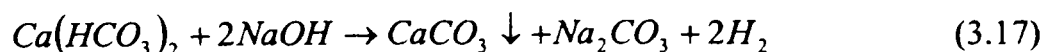
agricultură, ca îngrășământ, sau este supus arderii, pentru obținerea oxidului de calciu, care este reutilizat pentru producerea hidroxidului.

2. *Eliminarea parțială a durtății calcice (parțial softening)* este un procedeu recomandat în cazul stațiilor de tratare mari și se realizează prin introducerea Ca(OH)_2 în apă, într-o doză mai mică decât doza necesară scăderii bruște a durtății. Procesul are loc în două etape: în prima etapă se obține o apă semidură, iar în a doua fază, carbonatul de calciu suprasaturat precipită pe germenii formați anterior. Operația este mai lentă decât în cazul dedurizării bruște.
3. *Dedurizarea fragmentată (split treatment)*, prin care se aplică procedeu cu hidroxid de calciu în exces, numai pe o fracțiune din debitul total de apă brută supusă tratării. După precipitare, apa dedurizată se reintroduce în circuitul principal, astfel încât, la ieșirea din stația de dedurizare, apa va avea o duritate intermediară, iar dioxidul de carbon liber, existent în fracțiunea nededurizată, va participa la echilibrarea calco-carbonică. Decarbonatarea trebuie să fie urmată întotdeauna de filtrare.

Datorită causticității produsului, în spațiile de preparare ale hidroxidului de calciu și pe tot fluxul tehnologic unde intervine acesta, se iau măsuri speciale de protecție: utilizarea ochelarilor, a echipamentului de protecție din PVC și a măștilor, pentru evitarea inhalării prafului. Este, de asemenea, interzisă amestecarea sulfatului de aluminiu cu oxidul de calciu, deoarece acesta din urmă se hidratează cu apa de cristalizare a sulfatului de aluminiu, conducând la creșterea volumului total și a temperaturii și, în final, la explozia containerelor închise. Soluțiile de Ca(OH)_2 și CaO , de orice concentrație, nu trebuie să fie în contact cu piese de aluminiu sau zinc, ci numai din beton, cauciuc, PVC sau oțel-carbon.

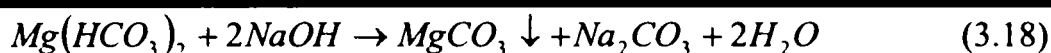
3.4.1.4. Dedurizarea cu hidroxid de sodiu

Hidroxidul de sodiu se folosește la reducerea durtății temporare și permanente și la neutralizarea dioxidului de carbon, fiind o variantă a procedeuului de tratare combinată cu hidroxid de calciu și carbonat de sodiu. Reacția de bază este:[95]



Precipitarea carbonatului de calciu este însoțită de formarea carbonatului de sodiu, care va acționa, la rândul său, asupra durtății permanente.

Hidroxidul de sodiu precipită și bicarbonatul de magneziu, în mod analog:

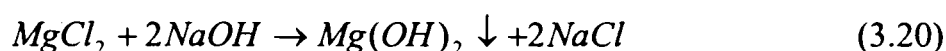


Doza de hidroxid de sodiu, D_{NaOH} , folosită pentru eliminarea durtății temporare, se stabilește conform relației:

$$D_{NaOH} = 8 \left(\frac{CO_2}{4,4} + C + 4 \cdot D_{Mg} \right) \quad (3.19)$$

în care: D_{Mg} este durtatea temporară magnezică [grade durtate]. Doza maximă admisă la tratarea apei potabile este de 100 g/m^3 .

Hidroxidul de sodiu se folosește la reducerea durtății permanente, conform reacției:



Hidroxidul de sodiu este agresiv față de piele și ochi, față de aluminiu și zinc. Dizolvarea acestuia în apă este exotermă, motiv pentru care dizolvarea se realizează lent și în apă rece. Soluția se depozitează la temperaturi de peste 12°C , în vase închise, pentru a se evita hidratarea sau carbonatarea prin contactul cu aerul.

3.4.1.5. Procedeu termic de dedurizare

Procedeu termic de dedurizare constă în încălzirea apei la temperatura de peste 100°C și la presiune mare, ceea ce conduce la descompunerea bicarbonaților în carbonați insolubili, care precipită și bioxid de carbon, care se degajă. Procedeu este economic pentru dedurizarea apei cu durtate temporară mare, în cazul folosirii apei pentru alimentarea cazanelor cu abur de presiune joasă și mijlocie.

3.4.2. Deferizarea și demanganizarea apelor geotermale cu temperaturi ridicate și medii

3.4.2.1. Date de ordin general

Fierul și manganul se găsesc în apele surselor subterane în dispersii moleculare, care constituie sisteme discrete și stabile, formate din molecule simple, în echilibru termodinamic, reprezentate prin soluții ale compușilor bivalenți. Particulele dispersiei, cu mărimea sub $1 \text{ m}\mu$, trec în această stare prin toate filtrele, dializează și difuzează și nu sunt deci într-o stare de agregare favorabilă separării și reținerii lor din apă. Această stare se datorează în principal: lipsei de oxigen, prezenței bioxidului de carbon liber și uneori a hidrogenului sulfurat, unor valori

scăzute ale pH-ului (sub 6,8), unor potențiale de oxidoreducere scăzute (sub 100 mV), unor potențiale electrocinetice ridicate (peste 30 mV), în echilibrul general jucând uneori un rol important și gradul redus de mineralizare a apei.[94][95][98]

Fierul și manganul sunt două elemente indispensabile hranei omului. Conținutul de fier și mangan prezent în apă, de maximum câteva mg/l, este în cantitate neînsemnată pentru cerințele organismului uman. Rezultă deci că limitarea fierului și manganului în apă, nu se face datorită riscurilor fiziologice, ci din motive estetice și economice.[95]

Legea nr.458/2002, completată cu Legea nr.311/2004, admite în apa de consum concentrații ale fierului de 0,2 mg/l, iar ale manganului de 0,05 mg/l.[[113]

Prezența fierului și manganului în apa potabilă, în concentrații ce depășesc limitele admise de Legea nr.458/2002, completată cu Legea nr.311/2004, prezintă o serie de inconveniente, după cum urmează:

- Precipitatele formelor reduse de fier și mangan modifică neplăcut aspectul apei, prin apariția unei turbidități de culoare galben-brun, până la negru;
- Depunerea precipitatelor conduce la pătarea cu maro sau negru a rufelor și a instalațiilor sanitare din porțelan;
- Precipitatele de fier și mangan pot forma depozite pe conducte, mai ales la coturi, conducând la obturarea acestora;
- Existența fierului dizolvat în apă poate conduce la dezvoltarea unor grupe de bacterii superioare (Crenothrix, Leptothrix), ferobacterii care consumă fierul dizolvat ca hrană. Coloniile acestor bacterii se fixează pe conducte, conducând la reducerea efectivă a secțiunii acestora, la colmatarea contoarelor și astuparea supapelor;
- Când ferobacteriile mor, pot apărea probleme de gust și miros;
- Fierul și manganul, în concentrații de câteva mg/l, pot da apei un gust metalic sau amar, dezagreabil pentru băut și poate forma pete închise la culoare pe legumele fierte;
- Fierul și manganul, prezente în apă, sunt neconvenabile pentru o serie de procese industriale, ca: fabricarea hârtiei, vopsitorie, decolorare, dezvoltarea filmelor etc.

În stare nativă, fierul și manganul se găsesc în apele subterane sub formă de săruri dizolvate feroase (Fe^{2+}) și manganoase (Mn^{2+}): $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, FeSO_4 , FeCl_2 , $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$, MnSO_4 , MnCl_2 . Dintre acestea, în apele subterane din țara noastră predomină bicarbonații.

Dintre sărurile ferice (Fe^{3+}), singura sare trivalentă solubilă este clorura ferică (FeCl_3), care nu se găsește în mod natural în apă. Se poate găsi în apele de mină, sau ca rezultat al impurificării cu deșeuri de la combinatele chimice. Dacă apa subterană este supusă unui agent

oxidant, compușii feroși și manganosi sunt oxidați până la compușii ferici (Fe^{3+}) - $\text{Fe}(\text{OH})_3$ și manganici (Mn^{3+}) - MnO_2 , compuși insolubili, ce se pot ulterior îndepărta.

3.4.2.2. Proprietăți fizico-chimice ale apei cu conținut de fier și mangan

Principalii parametri caracteristici fizico-chimici care condiționează procesele de oxidoreducere, fenomenele de suprafață (adsorbția fierului și a manganului din dispersiile moleculare și coloidale pe granulele de nisip), fenomenele electrocinetice, procesele de coagulare etc., care intervin în deferizarea și demanganizarea apei, se pot considera: temperatura, pH-ul, concentrația de Fe, Mn, CO_2 , O_2 , mineralizarea apei, conținutul de substanțe organice și în special de acizi humici, numărul și natura ferobacteriilor, potențialul electric de oxidoreducere, Eh și potențialul electrocinetic al dispersiilor. [95]

Compușii de Fe și Mn se pot găsi în apă în cele trei domenii de dispersie:

- ❖ Moleculară, formată din sisteme discrete stabile și în echilibru termodinamic, având particule (molecule sau ioni) cu mărimea sub $1 \text{ m}\mu$, ce nu se depun, trec prin toate filtrele, dializează și difuzează;
- ❖ Coloidală, formată din sisteme eterogene bifazice, cu suprafețe mari de separație, cu mărimea între 1 și $100 \text{ m}\mu$, ce nu se depun, trec prin filtrele fine, dar sunt reținute de ultrafiltre;
- ❖ Simplă, cu mărimea particulelor peste $100 \text{ m}\mu$, care precipită sau nu se depun și sunt reținute pe filtre, nu difuzează și nu dializează.

Dispersiile moleculare sunt reprezentate în special de compușii bivalenți ai fierului și manganului, iar cele coloidale și suspensiile rezultă prin trecerea acestor compuși la o stare superioară de oxidare și prin coagulare.

3.4.2.3. Procesele fizico-chimice care au loc în cadrul deferizării și demanganizării apei geotermale

În deferizarea și demanganizarea apelor intervin în principal procese de oxidare și filtrare și în cazuri speciale procese de coagulare.[95]

Procesul de oxidare are rolul de a corecta echilibrul general al compușilor feroși-manganosi din apă, astfel încât acesta să devină favorabil reținerii ulterioare a fierului și manganului prin filtrare. Procesul de oxidare are loc în condițiile introducerii în apă a unei anumite cantități de oxigen, a eliminării CO_2 liber și eventual a H_2S , care constituie mediul reducător. Prin procesul de aerare-oxidare, pH-ul apei crește odată cu eliminarea CO_2 , crește valența ionilor de Fe și Mn, care trec parțial la starea 3 de oxidare, se mărește potențialul Eh la valori peste 0,10-0,14 V.

Procesul de coagulare are rolul de a corecta potențialul electrocinetic al dispersiilor la valori $\zeta < 30\text{mV}$, astfel încât particulele coloidale să poată fi reținute prin decantare.

Procesul de filtrare are rolul de a reține Fe și Mn până la limitele admise în apa tratată.

Reținerea compușilor de Fe și Mn, în diferitele stări de agregare și oxidare, are, în procesul de filtrare, o serie de componente: procese de depunere și aglomerare, procese de adsorbție și chemosorbție, procese biologice etc., care se interferează și sunt greu delimitabile.

În tehnica deferizării și demanganizării apei se pot diferenția două tehnologii distincte de filtrare, după cum tratarea prealabilă filtrării conduce la obținerea unei stări de oxidare, mai mult sau mai puțin avansată, a fierului și a manganului din apă.

În cazul în care peste 70% din fierul total se găsește la intrarea în filtru în stare de dispersie moleculară, avem de-a face cu un proces de filtrare a fierului bivalent, caracterizat prin faptul că procesele de hidroliză și oxidare se produc direct în stratul filtrant, un rol determinant avându-l efectul catalitic al peliculelor de oxizi de fier și în special de mangan depuse anterior pe granulele din strat. Odată cu reținerea compușilor de fier și mangan în filtru, se creează puternice forțe de legătură între particulele reținute și granulele stratului filtrant, generate în principal de adsorbția superficială și uneori de chemosorbție. Aceste legături imprimă întregului proces de filtrare o stabilitate remarcabilă, independent de condițiile hidrodinamice din stratul filtrant, astfel încât eficiența filtrării se menține de-a lungul întregului ciclu. Această tehnologie de filtrare trebuie reținută și aplicată în toate cazurile când se poate asigura condiția la intrarea în filtre:

$$C_{\text{Fe}^{2+}} > 0,7C_{\text{Fe}_{\text{total}}}$$

În acest scop, este necesar ca aerarea apei să se facă moderat, în limitele indicate în tabelul 3.3. și mai ales ca introducerea apei în filtre să se facă într-un interval scurt după aerare, fără bazine voluminoase de contact sau decantoare intermediare.

Tabelul 3.3. Necesarul de oxigen în aerare moderată

Conținutul de Fe^{2+} [mg/dm ³]	Concentrația de O_2 [mg/dm ³]
10	≥ 8
6	≥ 7
≤ 4	≥ 5

3.4.2.4. Deferizarea și demanganizarea apelor geotermale prin oxidare și filtrare

La prima vedere, procesul tehnologic de deferizare - demanganizare pare foarte simplu, iar schema clasică cuprinde două trepte de tratare:

- ❖ Treapta de oxidare, în care formele solubile de fier și mangan sunt oxidate până la $\text{Fe}(\text{OH})_3$ și MnO_2 , forme, practic, insolubile în apă;
- ❖ Separarea precipitatului format prin filtrare.

Oxidarea sărurilor solubile prin aerul atmosferic se va face prin insuflarea de aer în apă. Aerarea elimină atât H_2S , cât și CO_2 , prezenți eventual în apă. După oxidare, urmează o instalație de limpezire, care să rețină flocoanele de hidroxid feric produse prin oxidarea sărurilor solubile de fier aflate în apă.

În cazul apelor geotermale, la care se urmărește păstrarea unei temperaturi cât mai ridicate, este indicată adoptarea unei instalații de deferizare a apei, care să funcționeze sub presiune. O instalație de acest fel este reprezentată în figura 3.21. și se compune dintr-un rezervor metallic împărțit pe verticală în două compartimente. Apa intră prin conducta (1); în aceeași conductă se introduce și aer comprimat prin conducta (2). Amestecul apei cu aerul comprimat se realizează în toba (3), de unde trece în compartimentul superior al dispozitivului, unde străbate masa de contact (C) de jos în sus. După aceea, trece prin tubul central în compartimentul inferior, unde se află un filtru rapid de nisip cuarțos. Apa deferizată iese prin conducta (4). Instalația hidraulică este completată cu conductele de apă de spălare (5),(6) și de evacuare (7), atât pentru patul de contact, cât și pentru filtru. De asemenea, se prevăd guri de vizitare (10), la ambele compartimente. Pentru golire este prevăzută conducta (8), iar pentru evacuarea aerului în exces, este prevăzută o supapă (9) la partea superioară a instalației.

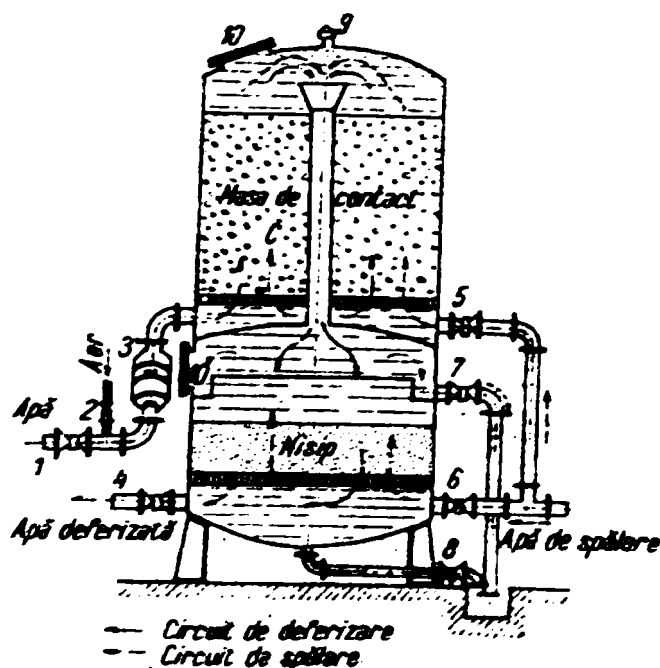


Figura 3.21. Instalație de deferizare sub presiune[97]

În figura 3.22 este prezentată o stație de deferizare pentru alimentarea cu apă a unei unități industriale, iar în figura 3.23 este reprezentată o toba de aerare din cadrul stației de deferizare.

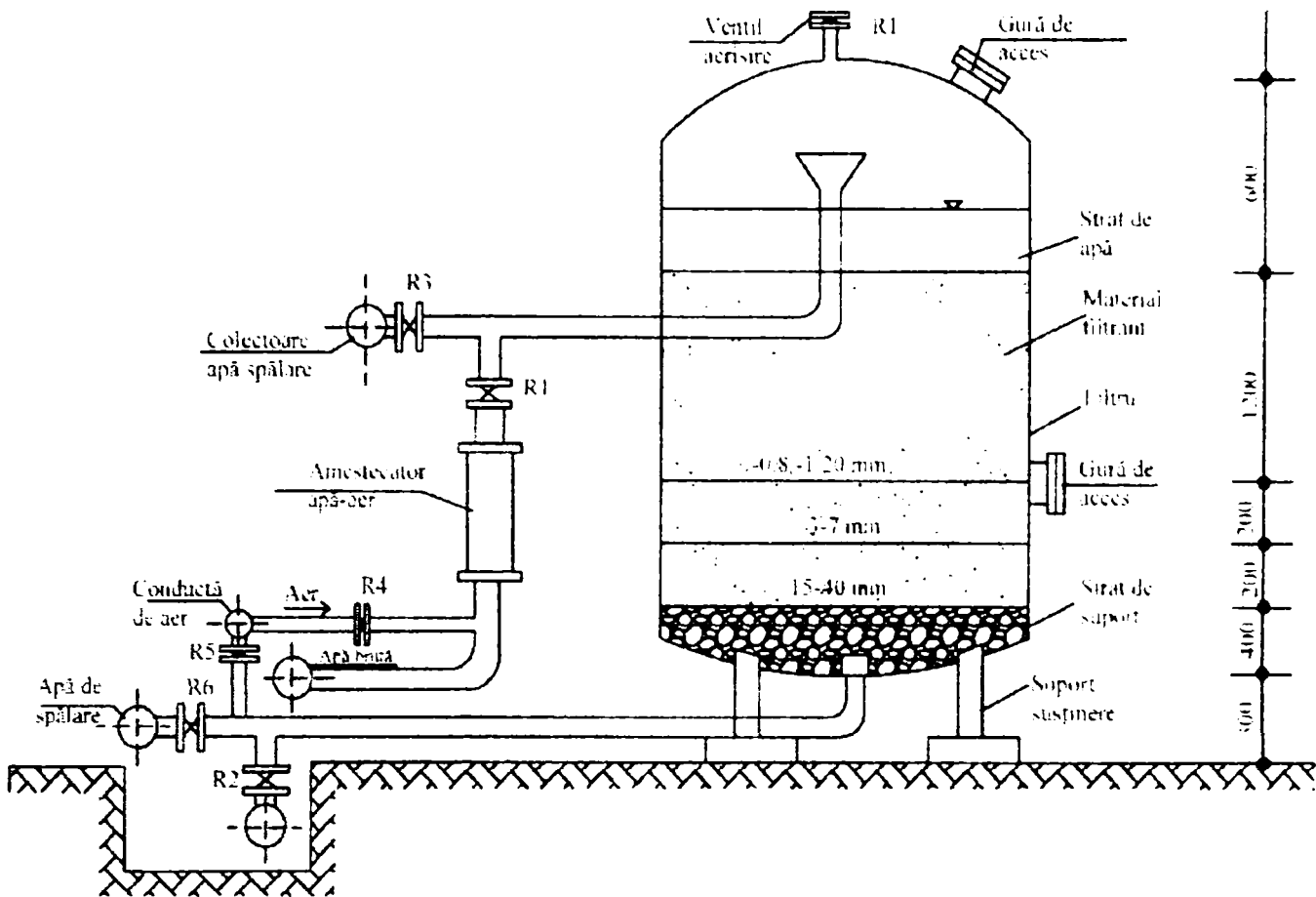


Figura 3.22. Stație de deferizare pentru alimentarea cu apă a unei unități industriale[60]

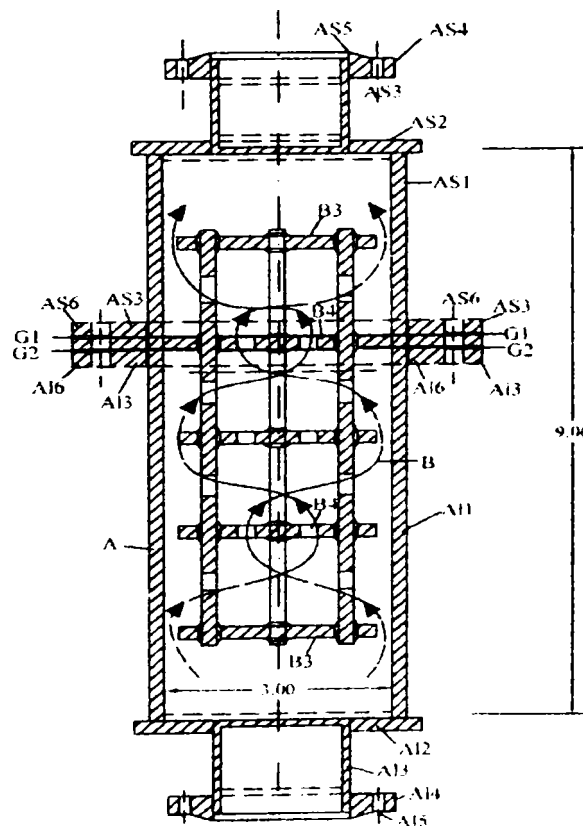


Figura 3.23. Tobă de aerare[60]

3.4.2.5. Procedul de deferizare-demanganizare a apelor geotermale prin dublă filtrare

Cercetările în stații pilot au arătat că procesele de aerare și decantare nu sunt indispensabile pentru deferizarea apei. Experiențele de filtrare directă a apei (fără prealabilă aerare și decantare) au dovedit că fierul este reținut în masa filtrantă, fie în cazul în care se găsește în apă sub formă solubilă $\text{Fe}(\text{OH})_2$, fie insolubilă $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Eficiența reținerii fierului este în funcție de condițiile de filtrare (viteză de filtrare, grosimea stratului filtrant, compoziția granulometrică a acestuia etc.).

Explicația reținerii fierului în filtrele de nisip de cuarț, atât a celui bivalent Fe^{2+} , cât și a celui trivalent Fe^{3+} , este următoarea: fierul se găsește în apă sub formă de hidrosol (sistem coloidal dispersat în apă) și este atras de granulele de nisip $(\text{SiO})_2$ încărcate cu sarcină electrică negativă; pe lângă aceasta, fierul este reținut și prin fenomenul de adsorbție.

Din rezultatele experiențelor efectuate pentru deferizarea apei, atât la noi, cât și în alte țări, se pot trage următoarele concluzii: este necesară verificarea ipotezei caracterului fizico – chimic al procesului de reținere a fierului; oxidarea nu este completă înainte de filtrare, iar în filtru nu se poate produce fenomenul chimic simplu de oxidare, deoarece durata de parcurgere este de 5...10 minute, pe când acest proces durează în mod obișnuit 4...5 h.

Dublă filtrare asigură deferizarea; tipul de filtru se alege astfel:

- în cazul apelor cu conținut mic de fier (2...3 mg/l) se adoptă filtre cu grosime mare a stratului de nisip și cu strat subțire de apă;
- în cazul apelor cu conținut mare de fier (10...20 mg/l) se adoptă filtre cu grosime mică de nisip și grosime mai mare a stratului de apă sau filtre sub presiune.

Caracteristica principală a filtrului rapid de nisip, ca instalație de deferizare, este capacitatea de reținere a fierului, exprimată în kg/m^2 filtru. Experimental, s-a constatat că această caracteristică are ordinul de mărime 1...3 daN Fe/m^2 . Ea depinde de:

- pH-ul apei (la un pH ridicat, capacitatea de reținere este mai mare);
- viteza de filtrare (capacitatea de reținere scade odată cu creșterea vitezei);
- conținutul de fier în apă (capacitatea de reținere este mai mare când apa conține mai mult fier);
- grosimea stratului filtrant și compoziția lui granulometrică (capacitatea de reținere scade cu creșterea mărimii granulelor).

Se recomandă adoptarea unor viteze de filtrare de 7 – 10 m/h, în funcție de conținutul de fier, la care ciclul de funcționare durează de la 15 până la 500 h. Grosimea stratului filtrant se recomandă a se lua 0,8...1,2 m (eventual 2 m), iar mărimea granulelor 1,5...2,5 mm în treapta

întâi de filtrare și 0,8...1,25 mm în treapta a doua. Spălarea nisipului se va face cu apă (4...6 l/s,m²) și aer comprimat (16...25 dm³/s,m²).

La experiențele din Belgia a rezultat că efectul produs de dubla filtrare (cu prima treaptă de 8 m/h și a doua treaptă de 4 m/h) este echivalent cu o filtrare unică cu viteza de 1 m/h.

Adoptarea unei scheme cu dublă filtrare reduce volumul stației și deci valoarea de investiție.

În figura 3.24 se prezintă o schemă tehnologică, adecvată proceselor de deferizare și demanganizare a apelor geotermale. Apa brută, împreună cu aerul livrat de un compresor, este introdusă într-un amestecător de apă-aer (A₁), în care are loc oxidarea ionilor de fier, după care trece apoi în filtrul de deferizare (F₁). Apa deferizată și tratată cu permanganat de potasiu, este introdusă în amestecătorul (A₂) și de aici în filtrul de demanganizare (F₂), după care apa filtrată este colectată într-un rezervor și distribuită consumatorilor. Masele filtrante sunt alcătuite din nisip de cuarț, de granulații și grosimi diferite. Instalațiile de acest tip pot funcționa cu debite cuprinse între 10 și 100 l/s, deservind între 1500 și 20000 locuitori.

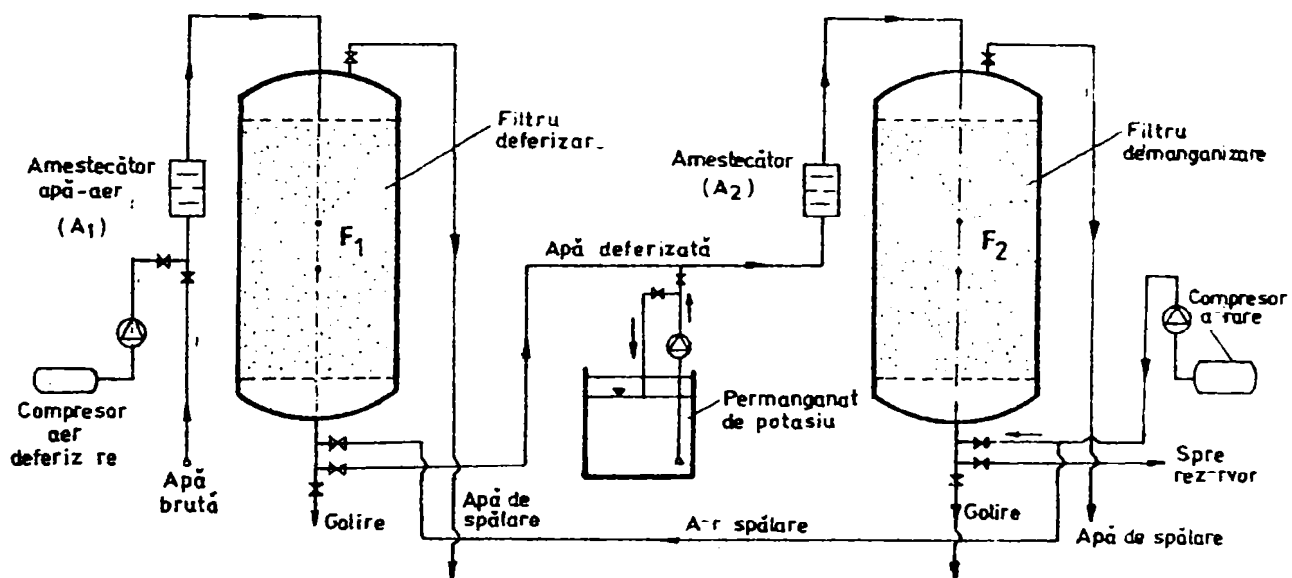


Figura 3.24. Schema tehnologică a stației de deferizare-demanganizare[59]

3.4.2.6. Deferizarea și demanganizarea apei direct în stratul acvifer

În cazuri speciale, se poate recurge la procedee simplificate și economice de eliminare sau stabilizare a fierului și manganului din apă.

Există anumite realizări pe linia reținerii fierului și manganului din apa subterană, direct în stratul acvifer, folosind injectarea în strat, în anumite condiții, a unui debit de apă aerată în prealabil. Sistemul este brevetat de specialiștii finlandezi și a fost experimentat pe câteva surse și în alte țări. Condițiile de aplicare trebuie examinate cu prudență, pentru a nu produce în timp, colmatări ireversibile ale stratului acvifer.

3.5. Tratarea apelor geotermale cu temperaturi mai reduse ($T < 50^{\circ}\text{C}$)

Apele geotermale cu temperaturi mai reduse (joase) se utilizează pentru: încălzirea solarilor, încălzirea și prepararea apei calde de consum menajer sau tehnologic, piscine etc.[53]

Pentru tratarea apelor geotermale cu temperaturi mai reduse, se recomandă, pe lângă metodele aplicate pentru ape cu temperaturi foarte ridicate, ridicate și medii, *metodele clasice* utilizate pentru tratarea apelor de alimentare, cum ar fi, de exemplu: dedurizarea cu carbonat de sodiu, dedurizarea cu mase cationice, precipitarea sulfatilor, precipitarea fosfaților, precipitarea metalelor, eliminarea siliciului, deferizarea și demanganizarea cu ajutorul: aerului atmosferic, reactivilor chimici și a maselor cationice etc.

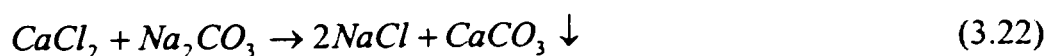
3.5.1. Dedurizarea apelor geotermale prin metode clasice

3.5.1.1. Dedurizarea cu carbonat de sodiu

Eliminarea durtății permanente se realizează cu carbonat de sodiu, la rece, și este asociată cu eliminarea durtății temporare prin precipitarea bicarbonaților de calciu și magneziu cu hidroxid de calciu. Procesul decurge conform următoarelor reacții chimice:



sau



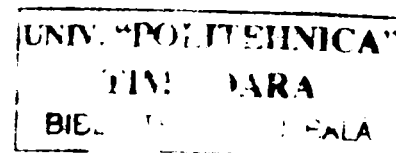
Doza necesară de carbonat de sodiu, D_n se calculează cu relația:

$$D_n = 10,6 \cdot D_p \quad (3.23)$$

în care: D_p este numărul de grade de durtate permanentă eliminată [g/m^3].

În medie, se utilizează 60-100 g/m^3 și maximum 200 g/m^3 carbonat de sodiu, raportarea realizându-se la debitul de apă brută care se tratează.

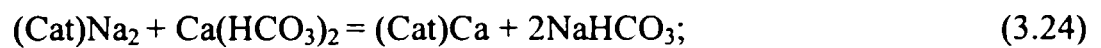
Soluția de carbonat de sodiu fiind agresivă, se stochează în bazine metalice protejate, iar manipularea se face cu atenție, deoarece soluția atacă ochii și pielea.



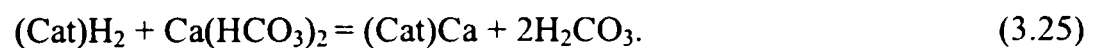
3.5.1.2. Dedurizarea cu mase cationice

Aceasta este tot o metodă chimică de tratare, în care prin trecerea apei dure printr-un filtru rapid sub presiune, având ca material filtrant o masă granulară schimbătoare de ioni, acest material schimbă cationul Na sau H cu Ca sau Mg din compușii care dau duritatea apei. Schimbătorii de ioni naturali poartă numele de zeoliți. În mod prescurtat, schimbătorul de ioni (cationitul) de Na se notează (Cat)Na₂, iar cel de hidrogen (Cat)H₂. [45]

Reacțiile chimice de dedurizare cu schimbători de ioni sunt de forma:

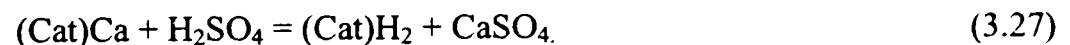
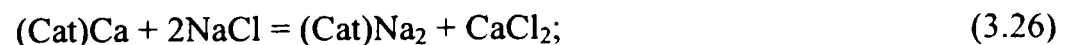


solubil



solubil

Schimbătorul de ioni își pierde cu timpul capacitatea de schimb și este regenerat cu o soluție concentrată de sare, respectiv cu o soluție diluată de acid sulfuric. Reacțiile chimice de regenerare sunt: [97]



Clorura de calciu și sulfatul de calciu care rezultă din reacțiile chimice de regenerare se elimină din instalație prin spălare.

Se vede că, prin utilizarea schimbătorului de ioni de sodiu, apa capătă o alcalinitate suplimentară, iar prin utilizarea cationitului de hidrogen, o aciditate suplimentară. Pentru a preîntâmpina efectele dăunătoare ale unei ape prea alcaline sau prea acide, se trece apa, succesiv sau simultan, prin filtre conținând câte unul din cele două feluri de materiale, astfel ca în final, apa dedurizată să aibă reacție neutră.

Capacitatea de schimb a unei mase cationice se exprimă în tone – grade (tgrd) prin numărul de metri cubi de apă dură, căreia un m³ de cationit îi poate reduce duritatea cu 1 grad, sau în miliechivalenți pe cm³ (mval/ cm³); unui mval/ cm³ îi corespund 2800 tgrd/m³. Un cationit natural are o capacitate de schimb de 300...500 tgrd/m³, iar unul sintetic de 4000...10000 tgrd/m³.

În figura 3.25. este prezentată schema unei instalații de dedurizare cu cationit de sodiu. Instalația se compune dintr-un număr de filtre cu masă cationică, funcționând sub presiune, un

rezervor pentru prepararea soluției de clorură de sodiu și un rezervor cu apă pentru afânarea materialului.

Ciclul de funcționare cuprinde patru faze: [97]

Dedurizarea apei care intră prin conducta superioară, are loc în stratul de cationit și la ieșirea din filtru se obține apă dedurizată. Această operație se continuă până în momentul în care materialul filtrant nu mai are capacitate de schimb.

Afânarea materialului filtrant se realizează prin trecerea unui curent de apă în sens invers trecerii apei la procesul de dedurizare. Apa pentru afânare este adusă din rezervorul de presiune și introdusă prin partea inferioară a filtrului. După ce a produs afânarea materialului, apa trece printr-un dispozitiv de reglare a vitezei de afânare, după care este evacuată.

Regenerarea masei cationice se face cu soluție de clorură de sodiu preparată într-un rezervor special. Circuitul soluției de regenerare prin filtrul de cationit este de sus în jos, apa fiind trimisă apoi la golire.

Spălarea soluției de clorură de sodiu din masa cationică se face cu apă netratată, care se introduce prin conducta de apă dură, străbate stratul de material filtrant și este eliminată prin conducta de golire.

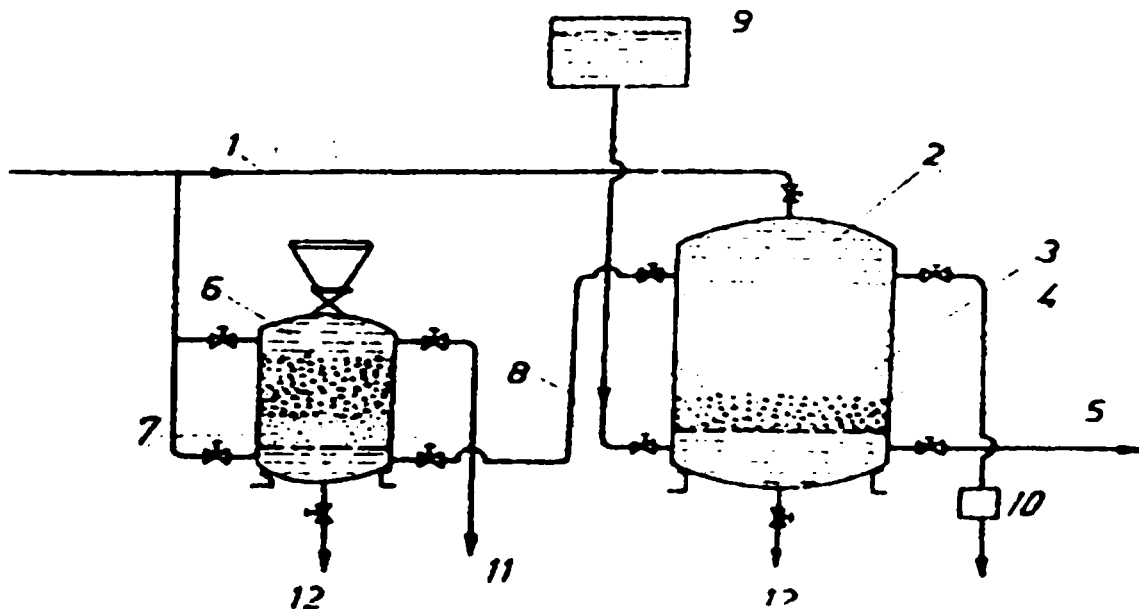


Figura 3.25. Instalație de dedurizare cu cationit de sodiu:[97]

1-apă dură; 2-filtru cu cationit de sodiu; 3-strat de cationit; 4-strat suport din pietriș; 5-apă dedurizată; 6-recipient pentru pregătirea soluției de clorură de sodiu; 7-strat filtrant din pietriș mărgăritar; 8-conductă pentru soluția de clorură de sodiu; 9-rezervor de apă pentru afânare; 10-regulatorul vitezei de afânare; 11-conductă de evacuare a apei de spălare din recipientul de clorură de sodiu; 12-goliri.

În cazul utilizării cationitului de hidrogen, schema instalației este asemănătoare cu aceea arătată la cationitul de sodiu, cu deosebirea că instalația de regenerare cuprinde o serie de rezervoare pentru acid sulfuric concentrat și diluat (figura 3.26.). Astfel, acidul sulfuric

concentrat (75-78%) este depozitat într-un rezervor cilindric R_1 , orizontal, prevăzut cu o pâlnie de alimentare, o țevă pentru evacuarea aerului și un sifon pentru luarea acidului; de aici, acidul sulfuric este sifonat în rezervorul de trecere R_2 , situat mai jos, care are și el o pâlnie pentru alimentarea cu acid, în cazul când primul rezervor este gol. Prin introducerea aerului comprimat în acest rezervor, acidul sulfuric concentrat este ridicat în rezervorul de măsurare R_3 , prevăzut cu o sticlă de nivel și țevă de preaplin, care conduce surplusul în rezervorul R_1 . Acidul sulfuric concentrat din rezervorul R_3 este trecut în rezervorul R_4 , care conține apă, astfel încât se prepară o soluție diluată (1...2%), necesară pentru regenerare.

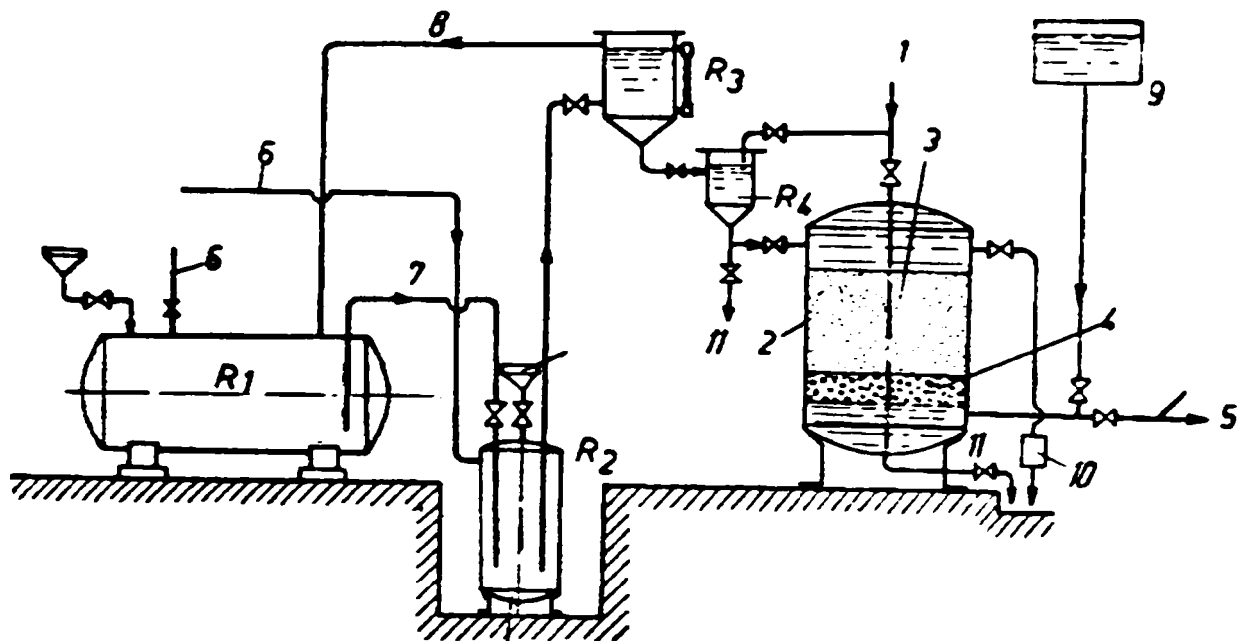


Figura 3.26. Instalație de dedurizare cu cationit de hidrogen:[97]

1-apă dură; 2-filtru cu cationit de hidrogen; 3-strat de cationit; 4-strat suport din pietriș; 5-apă dedurizată; R_1 -recipient metallic pentru acid sulfuric; 6-conducte de aer comprimat; 7-conductă pentru transvazarea acidului sulfuric; R_2 -recipient pentru acid sulfuric; R_3 -recipient de măsură pentru acid; R_4 -recipient pentru acid sulfuric diluat; 8-conductă pentru recuperarea acidului sulfuric în exces; 9-rezervor de apă pentru afănare; 10-regulatorul vitezei de afănare; 11-goliri.

Pereții rezervoarelor și ai conductelor care vin în contact cu acidul sulfuric concentrat nu se protejează, de obicei, cu nici un fel de înveliș, deoarece acidul sulfuric concentrat nu corodează oțelul. Suprafețele interioare ale rezervoarelor în care se păstrează soluția diluată de regenerare (1...2%) se protejează contra coroziunii prin acoperirea lor cu plumb, cu masă plastică sau cu cauciuc. Conductele care transportă acid sulfuric diluat se protejează cu un strat de cauciuc sau se execută din masă plastică rezistentă la acid sulfuric.[97]

Determinarea cantității de masă cationică se face cu relația:

$$V_{\text{cat}} = \frac{24Q \cdot D_{\text{tot}}}{n(e - D_{\text{tot}} \cdot q_{\text{sp}})} [\text{m}^3], \quad (3.28)$$

în care:

V_{cat} este volumul masei cationice, în m^3 ;

Q – debitul instalației, în m^3/h ;

D_{tot} – duritatea totală a apei;

n – numărul de regenerări în 24 h (2...3);

e – capacitatea de schimb a masei cationice, în tgrd/m^3 ;

q_{sp} – debitul de spălare (circa $3...5 \text{ m}^3 \text{ apă}/\text{m}^3 \text{ material}$).

Suprafața totală a filtrelor A se deduce astfel încât grosimea stratului de masă cationică să fie aproximativ $h = 2...3 \text{ m}$:

$$A = \frac{V_{\text{cat}}}{h} [\text{m}^2]. \quad (3.29)$$

În general, se prevăd mai multe filtre N , fiecare având suprafața:

$$\omega = \frac{A}{N}. \quad (3.30)$$

Pentru a se ține seama de timpul pierdut cu toate fazele neproductive, se iau în plus 1...2 filtre de rezervă.

Afânarea masei cationice se face cu intensitatea de $q_{\text{af}} = 3...6 \text{ l/s, m}^2$ și durează $t = 10...15$ minute; cu aceste date, se poate calcula capacitatea rezervorului de afânare și diametrul conductei de legătură pentru o viteză a apei de $v = 2...2,5 \text{ m/s}$. Rezervorul de afânare se așează cu $5...10 \text{ m}$ deasupra stratului filtrant.

Regenerarea masei cationice se face ținând seama de următoarele date practice:

- Viteza soluției de regenerare prin filtre se ia $v_r = 3...4 \text{ m/h}$;
- Durata regenerării se ia de $t_r = 12...15$ minute;
- Consumul de sare (NaCl) se ia de $70...80 \text{ g/tgrd}$.
- Soluția de sare trebuie să aibă concentrația de 10%;
- Doza practică de acid sulfuric pentru regenerarea masei cationice de hidrogen este de 60 g/tgrd .

Cantitatea de sare C , cu 5% impurități, necesară pentru regenerarea unui filtru, va fi:

$$C = \frac{0,080 \cdot e \cdot V_1}{0,95} [\text{daN}], \quad (3.31)$$

în care V_1 este volumul de cationit al unui filtru, iar e – capacitatea de schimb a cationitului.

Spălarea filtrului cu masă cationică se face cu viteze de $4...25 \text{ m/h}$, timp de $1,5...2 \text{ h}$.

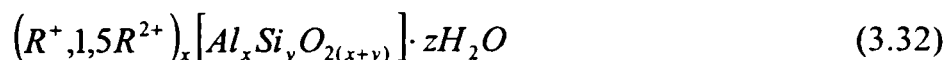
3.5.1.2.1. Tipuri de schimbători de ioni

Schimbătorii de ioni se pot clasifica după mai multe criterii, astfel:

- După originea lor: *naturali* (zeoliți) sau *de sinteză* (permutiți, rășini schimbătoare de ioni);
- După natura lor: *anorganici* (zeoliți, permutiți), *organici* (rășini schimbătoare de ioni);
- După structura reticulară a compușilor organici de sinteză: rășini *microporoase* și rășini *macroporoase*;
- După tipul ionului schimbat: *cationiți*, *anioniți*, *amfoteri* (pot schimba atât anioni cât și cationi).

În continuare se vor prezenta câteva dintre caracteristicile principalelor clase de schimbători de ioni utilizați în tratarea apei:

Zeoliții sunt schimbători de ioni naturali, din punct de vedere chimic făcând parte din categoria alumino-silicaților naturali ai metalelor alcaline și alcalino-pământoase. Structura cristalină a zeoliților este de tip rețea tridimensională, conținând atât cationi structurali, angajați în legăturile stabilite la nivelul rețelei, cât și cationi mobili, care pot fi angajați în procesul de schimb ionic. Formula generală a unui zeolit este:



cu notațiile: $x \leq y$, $R^+ = Na, K, Li$; $R^{2+} = Ca, Ba, Sr, Mg$.

Permutiții se obțin prin cristalizarea unui amestec apos de aluminosilicat (gel) la presiune normală și temperatură de 20-200°C. În timpul cristalizării în masa gelului format din soluția apoasă de aluminat de sodiu, hidroxid de sodiu sau potasiu se formează o rețea cristalină prin rearanjarea speciilor ionice, putându-se obține diferite structuri zeolitice în funcție de doze, temperatură și durata procesului.

Rășinile microporoase (sau de tip gel) sunt cele a căror porozitate naturală se formează în timpul polimerizării. Porii acestor rășini au dimensiunile de ordinul distanțelor intermoleculare.

Rășinile macroporoase au o porozitate artificială avansată, obținută prin adăugarea unei substanțe porogene, cu dimensiuni ale porilor de până la 0,15 μm . Datorită structurii spongioase, cu canale și goluri mari, rășinile macroporoase au o capacitate mare de adsorbție a substanțelor organice (care au molecule de dimensiuni mari), au rezistența mecanică superioară la acțiuni fizice (variații de presiune) și chimice (variația concentrației ionice) și se colmatează mai greu în prezența coloizilor din apă.

Cationiții (schimbătorii de cationi) sunt caracterizați de prezența în molecula lor a grupărilor acide de tipul $-COOH$ sau $-COONa$, $-SO_3H$ sau $-SO_3Na$, capabile să fixeze cationi minerali și organici și să-i schimbe cu ionul de H sau Na. Se notează R-H, R-Na, (Cat)-Na sau (Cat)-H.

După caracterul acid, cationiții pot fi:

- Cationiți slab acizi:
 - Rășini poliacrilice, în general, se notează cu ($R-COOH$);
 - Schimbă numai ioni de Ca, Mg, Na din bicarbonați;
 - Nu schimbă cationi în echilibru cu anioni ai acizilor tari (SO_4^{2-} , Cl^-);
 - Se regenerează ușor.
- Cationiți puternic acizi:
 - Conțin gruparea $-SO_3H$; polistireni sulfonați ($R-SO_3H$).

Rășinile schimbătoare de ioni pot exista și în formă de săruri de sodiu:

$R-SO_3Na$ sau $R-COONa$ (H^+ din cationit este înlocuit cu ion de sodiu).

Anioniții (schimbătorii de anioni) au în moleculă grupări funcționale bazice ($-NH_2$), capabile să fixeze anioni minerali sau organici și să-i schimbe cu ionul hidroxil (HO^-). Se notează R-OH sau (An)-OH.

După caracterul bazic, anioniții pot fi:

- Anioniți slab bazici:
 - Au în moleculă gruparea aminică $-NH_2$; se notează cu ($RNH_2^+HO^-$);
 - Sunt un amestec de amine, cu schelet molecular alifatic sau aromatic;
 - Nu schimbă ionii acizilor foarte slabi (ca acidul carbonic sau acidul salicilic);
 - Sunt regenerați mai ușor.
- Anioniți puternic bazici:
 - Conțin în structura moleculară gruparea amoniu; de exemplu hidroxid de tetrachil amoniu;
 - Se notează cu ($R-NR_3^+HO^-$), în care R = radical alchil;
 - Aceste rășini schimbă complet ionii acizilor foarte slabi.

3.5.1.2.2. Parametrii procesului de schimb ionic

În exploatarea stațiilor de tratare cu schimbători de ioni trebuie precizate următoarele aspecte: schema tehnologică, parametrii masei schimbătoare de ioni și parametrii de operare. Pentru fiecare tip de utilizare (dedurizare, deanionizare, demineralizare) se determină în laborator parametrii de operare, modalitatea de contactare a fazelor și de regenerare a schimbătorului. Specificațiile producătorului de schimbători de ioni privind caracteristicile

produselor, poluanții care se pot reține și agenții de regenerare uzuali sunt importante pentru stabilirea parametrilor de operare. În continuare se vor detalia principalii parametri ai procesului de schimb ionic.

Capacitatea de schimb ionic reprezintă masa ionilor din apa de tratat, care pot fi înlocuiți pe unitatea de volum a schimbătorului, exprimată în mval/ml sau g/ml.

Capacitatea totală de schimb ionic reprezintă masa maximă a ionilor permutați de un schimbător, determinată la 20°C, mărime care nu poate fi obținută în aplicații practice, datorită reversibilității procesului de schimb ionic. În tabelul 3.4 sunt prezentate câteva din caracteristicile uzuale ale schimbătorilor de ioni.[95]

Tabelul 3.4. Caracteristicile schimbătorilor de ioni

Natura schimbătorului	Capacitatea de schimb val/l (apă/rășină)		Regenerator	Nivel de regenerare Kg/m ³ (regen./rășină)
	Tip gel	Tip macroporos		
Cationit puternic acid	1,4-2,2	1,7-1,9	NaCl	80-300
			HCl	40-200
			H ₂ SO ₄	80-250
Cationit slab acid	3,5-4,2	2,7-4,8	110% din capacitatea utilizată	
Anionit puternic bazic	1,2-1,5	1,0-1,2	NaOH	40-200
Anionit slab bazic	1,4-2,0	1,2-1,5	NaOH	40-100
			NH ₃	30-60
			Na ₂ CO ₃	60-130

Capacitatea utilă reprezintă procentul din capacitatea totală de schimb ionic, care participă efectiv la tratare. Această mărime depinde de condițiile de operare specifice fiecărei scheme tehnologice de tratare.

Încărcarea volumică este raportul dintre debitul orar al apei tratate și volumul de rășină (m³apă/hm³rășină).

Nivelul de regenerare este raportul dintre cantitatea de reactiv utilizată și volumul schimbătorului de ioni.

Randamentul de regenerare este dat de raportul *r* între echivalenții gram ai ionilor extrași și cei ai reactivului de regenerare.

Gradul de expansiune este procentul de creștere a volumului rășinii în timpul procesului de regenerare. Acesta depinde de natura schimbătorului și condițiile de operare în timpul regenerării (contactarea fazelor, temperatură).

În cursul dedurizării prin schimbători de ioni, pot apărea o serie de probleme de operare, cum ar fi:

- ❖ *Eliminarea soluției de regenerare epuizate.* Volumul apelor uzate rezultate de la regenerare reprezintă, în mod obișnuit, 3-4% din capacitatea de producție. În plus, soluția

de regenerare uzată conține 35-100% solide dizolvate, astfel încât, eliminarea acestora în apele de suprafață poate crea probleme cu respectarea concentrațiilor prevăzute pentru săruri.

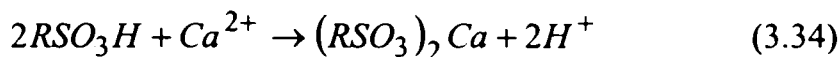
- ❖ *Dezvoltarea bacteriilor patogene în rășinile schimbătoare de ioni.* Pentru prevenirea infectării biologice a rășinilor, se recomandă dezinfectarea acestora cu formol, clorură de sodiu, sulfiți sau săruri cuaternare de amoniu.
- ❖ *Apariția fenomenelor de colmatare a rășinilor datorită prezenței substanțelor organice din apă (ex.: acizii humici).* Fenomenul este mai pronunțat în cazul anioniților puternic bazici.
- ❖ *Precipitarea unor ioni din apă în stratul de schimbător.* Prezența precipitatelor de fier, mangan și aluminiu în straturile rășinei afectează semnificativ capacitatea de schimb ionic. Procesul de regenerare al rășinii se bazează pe reducerea *in situ* a depozitelor ferice, prin utilizarea $NaHSO_3$ în soluțiile de regenerare. De aceea, tratarea ocazională a rășinilor puternic cationice cu HCl conduce la creșterea ciclului de viață al rășinei, în cazul în care aceasta este expusă colmatării cu precipitate ale manganului.
- ❖ *Agresivitatea apelor rezultate de la tratarea prin schimb ionic.* Deși calciul este eliminat din apă prin dedurizare, conținutul de bicarbonat rămâne nemodificat, acesta modificând agresivitatea apei tratate.
- ❖ *Conținutul de sodiu.* În cazul rășinilor cationice ce conțin ioni de sodiu, prin dedurizare, ionii de calciu sunt schimbați cu cei de sodiu. Cu toate că ionii de sodiu nu au caracter toxic, concentrația acestora în apa tratată trebuie controlată atent, pentru a nu se depăși limitele admisibile.

3.5.1.2.3. Variante tehnologice de realizare a procesului de schimb ionic

Funcționarea reactoarelor de schimb ionic are caracter ciclic, principalele operații care se succed într-un ciclu fiind: *schimbul ionic* (permutarea ionilor); *afânarea*; *regenerarea* și *spălarea*: [95]

- *Schimbul ionic* are loc prin trecerea apei brute prin stratul de schimbător. După ce majoritatea centrilor de schimb ionic sunt epuizați, concentrația în ioni impurificatori crește rapid în apa tratată, ceea ce atestă finalul acestei etape. Momentul creșterii bruște a concentrației ionilor în apa tratată se numește *străpungere* și dacă apa parcurge în continuare coloana de schimb ionic, se ajunge la o egalizare a concentrației ionilor impurificatori în influent și efluent.

După tipul schimbătorului, această etapă poate conduce la: reținerea cationilor (decationizare), reținerea anionilor (deanionizare) sau reținerea tuturor ionilor (demineralizare sau deionizare).

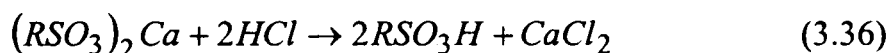


- *Afânarea* are rolul de a înfoia masa granulară de rășină, de a împiedica cimentarea sa, pentru a asigura contactul bun al schimbătorului cu soluția pentru regenerare. Prin afânare se mai urmărește îndepărtarea impurităților solide pătrunse odată cu apa de tratat sau cu soluția regeneratoare sau a bulelor de gaz. Afânarea se face cu apă, utilizând o intensitate de spălare de 3-6 l/sm² timp de 10-20 minute (până când apa evacuată devine limpede).
- *Regenerarea* este operația prin care masa schimbătoare de ioni își recapătă proprietatea de permutare a ionilor, astfel:

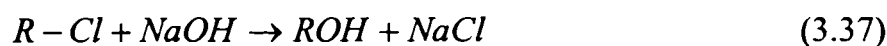
- Cu soluție de NaCl 5-10% pentru cationiți în ciclu de Na (RCOONa):



- Cu soluție de HCl sau H₂SO₄, de 1-2% pentru cationiți în ciclu de H(RSO₃H):



- Cu soluție de NaOH de 2-3% pentru anioniți (ROH):



Procesul de regenerare trebuie să se desfășoare cu exces de electrolit regenerator, pentru a se substitui complet ionii atașați de grupele funcționale din rășină. După modul de curgere, regenerarea se poate face în echicurent sau în contracurent, în reactorul în care s-a făcut schimbul ionic sau, separat, după transferul rășinii în alt reactor.

- *Spălarea* are ca scop îndepărtarea soluției de regenerator și a produșilor secundari eventual formați. Spălarea se realizează cu apă (dedurizată, demineralizată), în același sens utilizat la schimbul ionic sau la regenerare, prin procedee de spălare unică sau spălare dublă (spălare lentă și spălare rapidă).

Instalațiile de schimb ionic sunt, în general, reactoare cilindrice, dimensionate cu un spațiu liber deasupra schimbătorului de ioni, pentru a permite umflarea rășinii în timpul afânării și spălării în contracurent. Acest spațiu reprezintă 30-100% din volumul rășinii.

Reprezentarea schematică a unui astfel de reactor (coloană de schimb ionic continuu de tip Asahi) este redată în figura 3.27. Coloana este alimentată cu apă pe la partea inferioară (1), în

timp ce, schimbătorul de ioni (5) este introdus pe la partea superioară (4). Apa circulă cu viteză ridicată în coloana de schimb ionic și după tratare este eliminată pe la partea superioară (3) a reactorului.

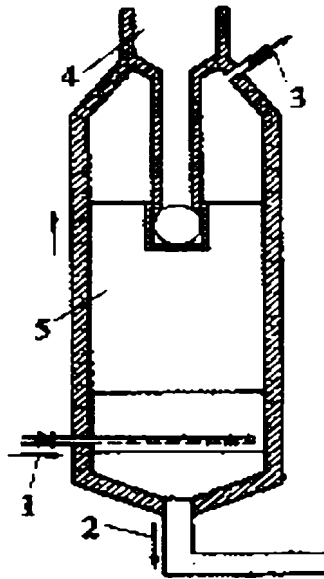


Figura 3.27. Coloană de schimb ionic continuă Asahi [95]

*1-alimentare apă brută; 2-eliminare rășină epuizată; 3-eliminare apă tratată;
4-alimentare rășină proaspătă; 5-rășină schimbătoare de ioni.*

În figura 3.28 este reprezentată o coloană de schimb ionic Porter. Aceasta este prevăzută la bază cu o placă perforată (5), cu dimensiuni ale ochiurilor suficient de mari pentru a permite trecerea rășinii și a apei de alimentare (1) sau a celei tratate (2).

Suprafața deschisă este mică, astfel încât se împiedică circulația descendentă a rășinii, atunci când circulația apei este ascendentă. În acest mod este posibilă eliminarea rășinii epuizate (4), aflată dedesubtul plăcii, în timp ce secțiunea superioară rămâne în funcțiune. Rășina regenerată (3) se introduce pe la partea superioară a coloanei, pentru un nou ciclu de schimb ionic.

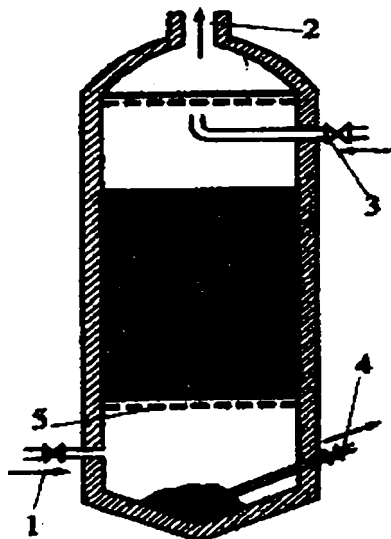


Figura 3.28. Coloană de schimb ionic Porter[95]

*1-alimentare apă brută; 2-eliminare apă tratată; 3-coloană regenerată;
4- rășină epuizată; 5-placă perforată.*

Schemele tehnologice de tratare prin schimb ionic presupun utilizarea unor schimbători de ioni de tip cationit sau/și anionit pentru a obține apa necesară diferitelor utilizări industriale: apă de cazan, apă ultrapură, apă utilizată la prepararea băuturilor răcoritoare, apă pentru circuitele primare ale reactoarelor nucleare, apă tehnologică pentru diferite industrii: chimică, textilă, a celulozei și hârtiei, farmaceutică.

Obținerea apei dedurizate sau demineralizate se poate realiza prin aplicarea *schimbului ionic în una sau mai multe trepte*, stabilirea schemei tehnologice fiind dependentă de condițiile de calitate impuse apei tratate, compoziția apei brute, consumul de reactivi de regenerare, aspectele economice ale procesului.

Tratarea simplă (cu o singură treaptă de schimb ionic) se realizează într-un filtru monostrat (constituit dintr-o rășină de o singură specie). Procedul se folosește la dedurizare parțială a apelor brute.

Tratarea în două trepte de schimb ionic realizează în prima treaptă o demineralizare parțială, iar în treapta a-2-a are loc demineralizarea finală, utilizând filtre cationice și filtre anionice.

Tratarea în trepte multiple de schimb ionic se realizează în filtre cationice și anionice legate în serie. Combinația tipurilor de schimbători de ioni este funcție de calitatea apei tratate, astfel:

- ✓ *Cationit puternic acid - Anionit slab bazic - Anionit puternic bazic*; se recomandă această schemă pentru obținerea apei deionizate din ape brute cu conținut mare de cloruri și sulfati;
- ✓ *Cationit slab acid - Cationit puternic acid - Anionit slab bazic - Anionit puternic bazic*; această schemă se folosește la demineralizarea apei cu conținut ridicat de bicarbonați, sulfati sau cloruri.

Tratarea apei cu schimbători de ioni este un procedeu eficient, care necesită însă monitorizare continuă a compoziției apei de tratat, a apei de spălare și a regeneratului pe tot fluxul tehnologic. Parametrii monitorizați de obicei sunt: conductivitatea, conținutul de silice, conținutul de Na^+ , pH-ul și duritatea.

3.5.1.2.4. Instalații automate pentru dedurizarea apei DUPLEX

Instalațiile compacte de dedurizare, care se pot folosi atât la industrie, cât și în locuințe particulare, sunt răspunsul la problemele pe care le ridică tratarea chimică a apei, prin procesul de dedurizare.[116]

Aceste instalații beneficiază de optimizarea procesului, în ceea ce privește: spațiul necesar pentru amplasare, energie necesară, apa pentru servicii și consum de sare pentru regenerare.

Precipitarea calciului costă bani. Fenomenul depunerilor de săruri de calciu distruge instalațiile atât în industrie, cât și pe cele de uz casnic și reduce durata de viață și eficiența țevilor racordate la rețeaua de apă. Înlocuirea, după o scurtă perioadă de timp de funcționare, a acestor aparate și dispozitive costă bani, care pot fi salvați doar prin utilizarea unei instalații de tratare chimică a apei, prin dedurizare. Un strat foarte fin de depuneri de calciu, crește consumul de energie electrică.[116]

Creșterea stratului de depuneri de săruri de calciu, cauzează aparaturii electrocasnice supraîncălzirea și chiar distrugerea. De asemenea, prezența acestor săruri în apă, duce la un consum suplimentar de săpun și detergenți.

Prin montarea unei instalații de dedurizare a apei, toate aceste probleme dispar.

Instalațiile sunt oferite ca module, cu posibilitate de operare manuală sau complet automatizată. O instalație de dedurizare tip DUPLEX este prezentată în figura 3.29.

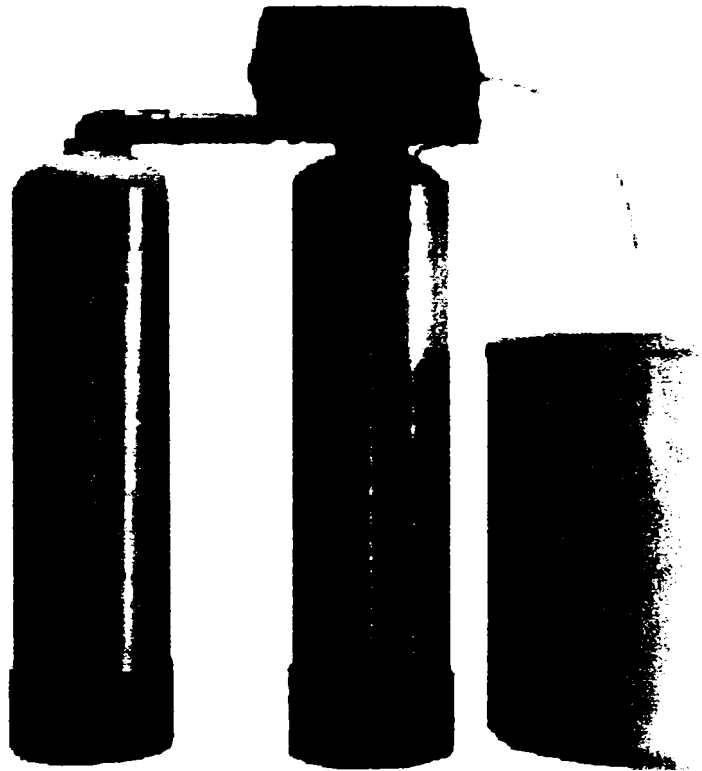


Figura 3.29. Instalație de dedurizare tip DUPLEX DSP [116]

Fiecare instalație conține: vase de filtrare tip PARK INTERNATIONAL, vana centrală pentru controlul regenerării, rășina schimbătoare de ioni puternic acidă tip DOWEX și vas de consum pentru regenerare cu soluție de sare.

Partea principală constă dintr-un vas din polistif tip PARK INTERNATIONAL, echipat cu rășina schimbătoare de ioni tip DOWEX. Pe acest vas este montată vana centrală de control automat al procesului de dedurizare chimică a apei. Pentru etapa de regenerare, este necesar un stoc de clorură de sodiu, de o anumită calitate (sare pură rafinată, sub formă de tablete sau sare granulată, cu un diametru al granulelor de 8-12 mm).

Vana de control asigură automat desfășurarea etapelor de producere a apei dedurizate, afânare, regenerare, spălare lentă și rapidă a rășinii schimbătoare de ioni.

Presiunea apei de alimentare trebuie să fie de minim 3,5 bar, condiție care va fi respectată și în timpul regenerării. Presiunea maximă nu trebuie să depășească 8 bar.

Temperatura maximă de operare nu trebuie să depășească 45°C.

În apa de alimentare nu trebuie să existe fier sau mangan (cantități mici vor putea fi preluate de procesul de dedurizare, max. 0,5 mg/l Mn și max. 1,5 mg/l Fe) și trebuie să fie filtrată mecanic, în prealabil (se recomandă utilizarea unui filtru de 50μm, în cazul lipsei pretratării).[116]

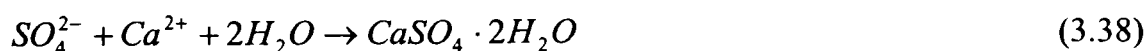
3.5.1.3. Procedee combinate de dedurizare

Procedeele combinate de dedurizare constau în aplicarea succesivă a procedeelelor descrise mai înainte, de exemplu procedeul chimic cu reactivi care reduce duritatea până la 4...5 grade și apoi procedeul chimic cu schimbători de ioni care reduce duritatea până la fracțiuni de grade, rezultând astfel soluția cea mai economică de dedurizare.[97]

3.5.1.4. Precipitarea sulfaților

Precipitarea sulfaților din apă este necesară datorită acțiunii lor agresive asupra betoanelor și datorită tartrului pe care îl formează în conducte și instalații. Sulfații trebuie eliminați din apa puternic mineralizată sau care urmează a fi distilată.[95]

Precipitarea sulfaților sub formă de $[CaSO_4 \cdot 2H_2O]$, la rece, prin adaos de *hidroxid de calciu*, este cel mai folosit procedeu de tratare a apei cu un conținut mare de sulfați (SO_4^{2-}). Acest procedeu se utilizează în cazul apelor acide și are loc după reacția:



Conținutul rezidual în sulfați, la neutralizarea apelor acide, este de 1,5-2 g/l.

Pentru ape puternic mineralizate, se recomandă folosirea *clorurii de calciu*.

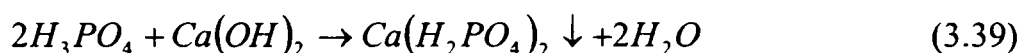
În ambele cazuri, precipitarea sub formă de cristale este foarte lentă. Pentru a accelera cristalizarea și a evita suprasaturația, care va conduce la precipitarea ulterioară, nedorită în rețeaua de distribuție, reacția trebuie efectuată în prezența unei cantități mari de germeni de cristalizare.

Un alt procedeu de eliminare a sulfatilor este precipitarea sub formă de sulfat de bariu, prin adăugarea de *clorură de bariu*, $BaCl_2$. Solubilitățile reziduale obținute sunt mai mici de 20 g/m^3 .

3.5.1.5. Precipitarea fosfaților

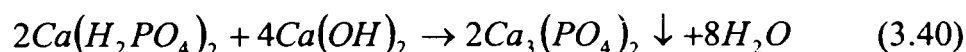
Eliminarea fosfaților prin precipitare se realizează prin două procedee, în funcție de pH:

- În cazul apelor acide, se folosește metoda tratării cu hidroxid de calciu, metodă în care au loc două tipuri de reacții, în funcție de aciditatea inițială:
 - ✓ Formarea și precipitarea fosfatului monoacid de calciu, la un pH = 6-7, conform reacției:



Deși compusul decantează foarte repede, prezintă dezavantajul unei solubilități reziduale mari.

- ✓ Formarea și precipitarea fosfatului tricalcic, la un pH = 9-12:



Fosfatul tricalcic are avantajul unei solubilități reziduale mici și fiind sub formă coloidală, se depune lent, fără adaos de coagulant.

- În cazul apelor neutre sau alcaline, are loc precipitarea cu săruri de aluminiu sau de fier, sub forma $AlPO_4$ și $FePO_4$, cu formare de fosfați metalici. Precipitatul format este eliminat prin adsorbție pe un hidroxid metalic în exces.[95]

3.5.1.6. Precipitarea metalelor

Eliminarea sau micșorarea concentrației ionilor metalelor grele din apele brute se poate realiza prin mai multe variante, cum ar fi:[95]

- *Precipitarea metalelor sub formă de hidroxizi* prin neutralizarea apelor acide care conțin metale. Deoarece pH-ul la care precipitarea este maximă

(precipitatul înglobează toți ionii metalici și nu are tendința să se resuspende) este specific fiecărui metal, zona de pH optim se determină prin studii experimentale de laborator (studii asemănătoare cu cele descrise în cadrul capitolului de coagulare-floculare). pH-ul optim este situat între 7 și 10,5 pentru a elimina metale dintre cele mai toxice (metale grele).

- *Coprecipitarea carbonaților*, sub formă de hidroxicarbonați mai puțin solubili, procedeu care se aplică în cazul plumbului, cadmiului, cromului, argintului, magneziului, zincului și nichelului. Acest procedeu are dezavantajul că apa cu o valoare mare a pH-ului este necorespunzătoare pentru scopuri potabile. Conținutul rezidual de metale ionizate variază între 0,1-2 g/m³, în funcție de metal. Acești ioni pot rămâne în apă, sub formă de dispersie coloidală, independent de hidroxizii lor, în funcție de eficiența procesului de floculare/decantare.
- *Precipitarea metalelor sub formă de sulfuri complexate ușor* care sunt practic insolubile. Astfel, este posibilă precipitarea unor cationi care complexează ușor chiar în zone restrânse de pH (de exemplu, ionul amoniu sau anumiți chelați organici). Această precipitare se obține prin două procedee:
 - Plecând de la sulfura de sodiu (Na_2S) și sub formă de sulfuri coloidale, care necesită prezența hidroxidului de fier pentru coagulare;
 - Plecând de la mercaptani, care permit o coagulare mai rapidă.

În situații intermediare se poate beneficia, de asemenea, de excesul unui singur cation metalic (Fe^{3+} sau Al^{3+}), care permite adsorbția de *Cd*, *Se*, *B*, *As*. Se poate recurge, în prealabil, la un oxidant foarte puternic, pentru a distruge combinațiile complexe, cum sunt cele ale acidului etilen-diamino-tetraacetic (EDTA).

3.5.1.7. Eliminarea siliciului

Eliminarea siliciului din apă se realizează prin adsorbția acestuia pe flocoanele de hidroxid de aluminiu, magneziu sau fier, obținute prin coagulare. Coprecipitarea se face la rece sau la cald și are loc simultan cu precipitarea carbonatului de calciu, în procesul de dedurizare. Există mai multe metode de eliminare a siliciului din apă și anume:[95]

- Eliminarea siliciului cu *oxid de magneziu* este o metodă folosită numai în cazul apelor de suprafață. Apele subterane care conțin magneziu, sunt supuse

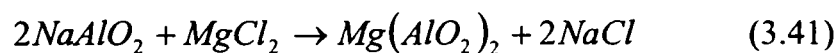
dedurizării, proces în care acesta coprecipită cu o parte din siliciu, nemaifiind necesară o tratare specială.

- Eliminarea siliciului cu *aluminat de sodiu*, care are un efect de desiliciere pronunțat, gelul de aluminat fiind intens hidratat și având o suprafață activă mai mare. Efectul aluminatului de sodiu este optim atunci când din soluție lipsesc ionii *OH* liberi. Tratarea se face la rece, dar reținerea siliciului este mai scăzută comparativ cu procedeul cu oxid de magneziu, *MgO*. Doza de aluminiu exprimată în *Al₂O₃* este de 2-2,6 mg/l pentru 1 mg/l silice precipitată. Valorile pentru cantitatea de *SiO₂* rezidual după tratarea cu oxid de magneziu sau aluminat de sodiu, sunt prezentate în tabelul 3.5.

Tabelul 3.5. Cantitatea de *SiO₂* rezidual

Reactiv	Temperatură (°C)	pH	SiO ₂ (g/m ³)
MgO	50-55	9,6-10	4-6
NaAlO ₂	30-35	8,6-9,5	5-10

Reducerea conținutului de silice se poate realiza și prin tratarea combinată cu aluminat de sodiu și clorură de magneziu. Reacția acestora duce la formarea aluminatului de magneziu:



Aluminatul de magneziu se prezintă sub formă de flocoane mari, abundente, care au capacitate mare de a reține silicea. În urma acestui tratament, conținutul în silice al apei scade sub 1 mg/l.

- Eliminarea siliciului prin utilizarea de *clorură ferică în combinație cu aluminat de sodiu* este o metodă utilizată pentru obținerea apei ultrapure, când se impune reducerea severă a conținutului de siliciu în apă.

3.5.2. Deferizarea și demanganizarea apelor geotermale prin metode clasice

3.5.2.1. Aspecte de ordin general

Oxidarea completă a fierului și manganului în apă, înainte de filtrare și îndepărtarea, prin filtrare, a suspensiilor formate se poate realiza prin mai multe metode:[95]

- Oxidarea cu ajutorul oxigenului dizolvat în apă - se utilizează în cazurile în care ionul feros este legat sub formă de bicarbonați ușor oxidabili. Din cauza vitezei lente acest procedeu nu este suficient și pentru oxidarea manganului;
- Oxidarea în mediu alcalin – necesită ridicarea pH-ului la 8,0 pentru oxidarea fierului și între 8,6-10,0 pentru oxidarea manganului;
- Oxidarea fierului și manganului prin aerare – este procedeul cel mai răspândit și se realizează printr-un contact cât mai intim între apa de tratat și aerul atmosferic. Amestecul aer-apă se poate realiza fie prin dispersia apei în aer, fie prin difuzia aerului în apă;
- Oxidarea cu clor gazos și bioxid de clor – prezintă dezavantaje din cauza volumului apreciabil de nămol și a suspensiilor coloidale formate, care pot traversa masa filtrului de nisip și pot duce la înrăutățirea efluentului;
- Oxidarea cu permanganat de potasiu – este un procedeu eficient, dar neeconomic de aplicat, datorită costului ridicat al permanganatului și cantității mari de nămol care se formează;
- Oxidarea cu ozon - este un procedeu eficient, dar nu prezintă avantaje economice, datorită consumului mare de energie.

Oxidarea fierului și manganului direct în filtru se realizează în:

- Filtrele de dolomită, care prezintă avantajul că reduc conținutul în CO₂ liber și măresc posibilitatea de oxidare a fierului și manganului, dar prezintă dezavantajul scăderii capacității de funcționare;
- Filtrele de dolomită semiarsă, care prezintă dezavantajul micșorării în timp a constantei de activitate;
- Filtrele de contact (zeolit natural), care prezintă dezavantajul unui preț ridicat.

Din practica îndelungată a stațiilor de deferizare și demanganizare a apei au rezultat următoarele procese tehnologice ce pot fi utilizate:

- *aerarea apei*, în scopul introducerii în apă a oxigenului ca agent oxidant și al eliminării bioxidului de carbon și a hidrogenului sulfurat;
- *tratarea cu reactivi*, în scopul corectării unor proprietăți fizico-chimice determinate pentru eliminarea compușilor de Fe și Mn;
- *decantarea și filtrarea apei*, în scopul reținerii compușilor de Fe și Mn;
- *dezinfecțarea cu clor*, în cazul apei potabile.

Procedeele de deferizare și demanganizare combină diferitele procese tehnologice menționate mai înainte, în funcție de caracteristicile calitative ale apei, rezultând următoarele soluții:

- oxidarea prin aerul atmosferic, urmată de limpezirea apei;

- filtrarea în două trepte;
- aerarea apei, urmată de filtrarea catalitică;
- tratarea cu reactivi chimici, urmată de limpezirea apei;
- filtrarea prin masă de schimbători de ioni.

3.5.2.2. Procedeu de oxidare prin aerul atmosferic

Oxidarea sărurilor solubile prin aerul atmosferic se poate face prin: pulverizarea apei, picurarea apei sau suflarea de aer în apă. Aerarea elimină atât H_2S , cât și CO_2 , prezenți eventual în apă. După oxidare, urmează o instalație de limpezire, care să rețină flocoanele de hidroxid feric produse prin oxidarea sărurilor solubile de fier aflate în apă. În cazul când fierul precipită ușor, schema stației de deferizare se alcătuește ca în figura 3.30.

Printr-o rețea de conducte (1), apa este distribuită la stropitoarele fixate la aproximativ 2,0 m deasupra nivelului apei din bazin, care constituie chiar filtrul de nisip necesar pentru limpezirea apei. Grosimea stratului de nisip filtrant trebuie să fie de 1,00...1,30 m, iar grosimea stratului de apă de deasupra nisipului, de aproximativ 0,60...1,00 m. Apa deferizată iese prin conducta (2). Instalația hidraulică a filtrului este completată cu o conductă de apă pentru spălare (3), cu jgheaburi de colectare a apei murdare (8) și cu conducta de evacuare a apei de spălare (4), precum și cu o conductă de golire (5) și un preaplin (6). Evacuarea apei de spălare, golire și preaplin se descarcă într-un canal colector de evacuare (7). Întreaga instalație este adăpostită într-o construcție foarte bine ventilată.

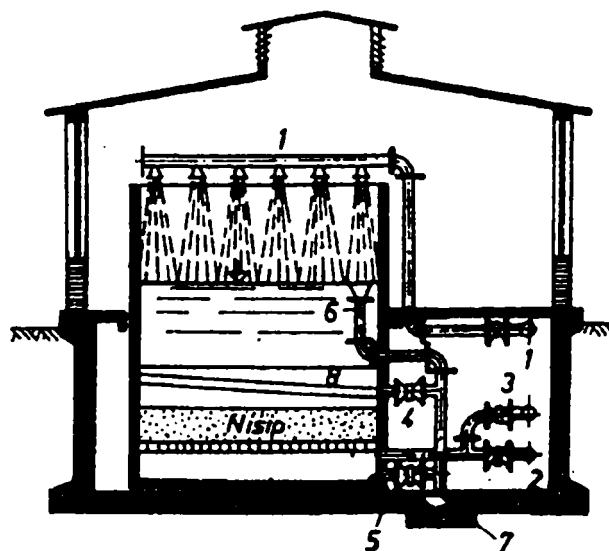


Figura 3.30. Stație de deferizare a apei prin aerare și filtrare

În anumite cazuri, această metodă este insuficient de eficace și de aceea se folosește procedeul de oxidare prin pulverizare deasupra unei mase de contact alcătuite din cocs, zgură sau spărturi de cărămidă, ori deasupra unui stelaj de grătare de lemn. Masa de contact din granule

este alcătuită dintr-un singur strat de 2...3 m grosime, sau din 3...4 straturi de câte 0,30...0,50 m grosime, separate prin straturi de aer de 0,20...0,30 m.

Limpezirea apei de flocoanele de hidroxid feric se face prin decantare și filtrare rapidă. O stație de deferizare după acest procedeu este reprezentată în figura 3.31. Apa brută intră în conducta (1) și este distribuită la pulverizatoarele (2), care aruncă apa până la 2...3 m înălțime. Picăturile de apă cad pe masa de contact (C), după care apa ajunge în decantorul (D), unde se depun o parte din flocoanele de hidroxid feric. Prin conducta (3), apa este trecută din decantor în filtrul de nisip (F). Apa deferizată iese prin conducta (4). Instalația hidraulică este completată cu o conductă de apă de spălare (5) pentru filtru, cu o conductă de evacuare a apei de spălare (6), cu o conductă de golire (7) a decantorului și (8) a filtrului, precum și cu preaplinul (9). Toate golirile, evacuările și preaplinul deșeuzează într-un canal colector de evacuare (10).

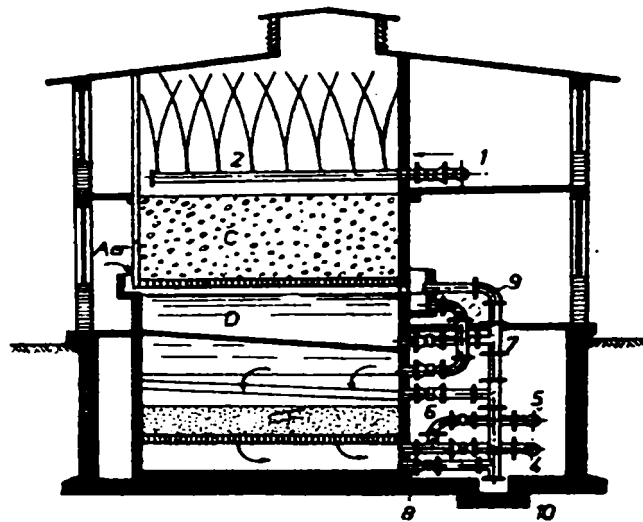


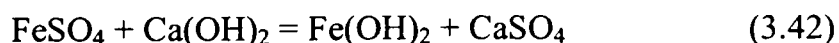
Figura 3.31. Stație de deferizare a apei prin aerare, masă de contact, decantare și filtrare

3.5.2.3. Procedeu de oxidare cu reactivi chimici

În cazul când apa conține compuși organici de fier și mangan sau sulfat feros, procedeele arătate mai înainte nu sunt suficiente și trebuie să se folosească reactivi chimici care să coaguleze acești compuși, după care să urmeze o filtrare pentru limpezirea apei.

Ca reactivi, se folosesc: hidroxidul de calciu, sulfatul de aluminiu și clorul.

Din reacția sulfatului feros cu varul, rezultă hidroxid feros și sulfat de calciu:



Oxidarea mai departe a hidroxidului feros se face după relația:



Hidroxidul feric Fe(OH)_3 precipită sub formă de flocoane, așa încât poate fi eliminat din apă prin decantare și filtrare, sau chiar numai prin filtrare.

Așadar, schema stației de deferizare prin oxidare cu reactivi chimici va cuprinde: o stație de preparare și dozare a reactivilor, bazin de reacție, decantoare și filtre, adică va avea dispoziția generală a unei stații de limpezire cu coagulant.

3.5.2.4. *Procedeul cu mase cationice*

Acest procedeu constă în trecerea apei care conține fier printr-o masă granulară, care are proprietatea de a ceda cationul Na, respectiv H, reținând în locul lor cationul Fe; de aceea, aceste substanțe se numesc și mase cationice sau schimbătoare de ioni. După câteva ore de funcționare, masa cationică își pierde capacitatea de schimb, deoarece a pierdut toți ionii de Na sau H; în acest moment, ea trebuie regenerată cu o soluție de NaCl, pentru masa cationică de sodiu și cu H₂SO₄, pentru masa cationică de hidrogen. Prin acest procedeu se pot deferiza apele cu un conținut de cel mult 2...3 mg/dm³ fier și 1 mg/dm³ mangan și cu o duritate temporară suficientă pentru a obține întâi cationitul de calciu, la care se înlocuiește în procesul de filtrare cationul Ca cu cationul Fe.

3.5.2.5. *Stabilizarea fierului și a manganului în apă prin preclorare și tratare cu silicat de sodiu*

Există posibilitatea ca la concentrații reduse (sub 1-1,5 g/m³) de Fe și Mn în apă, compușii bivalenți în stare de dispersie moleculară, să fie stabiliți ca atare în apă, prin preclorare și tratare cu silicat de sodiu în doze de 4-6 g/m³.

Procedeul a fost aplicat la o serie de alimentări cu apă din S.U.A., Canada și Franța și a fost experimentat cu bune rezultate la noi în țară. Stabilizarea este temporară și ea trebuie asigurată prin doze corespunzătoare de reactivi, pentru o perioadă mai mare decât cea în care apa sursei ajunge să fie consumată. Aceste doze se pot stabili pentru fiecare sursă, pe cale experimentală. Procedeul se aplică în special la alimentările cu apă în mediul rural și la unitățile mici, unde exploatarea unei stații de deferizare și demanganizare ridică probleme speciale.

3.6. *Tratarea apelor geotermale după utilizare, înainte de evacuarea în emisarii naturali*

Pentru apele geotermale evacuate în emisarii naturali, se recomandă, după caz, următoarele procedee de tratare: *defenolizarea* (în cazul în care concentrația de fenoli depășește 0,3 mg/l) și *răcirea* (dacă temperatura de evacuare este mai mare de 35°C).[17][22][61][74][100][110][114]

Conductele de evacuare a apei geotermale uzată termic la un emisar, se realizează, de regulă, în soluție îngropată, din materiale corespunzătoare (mase plastice, poliesteri armați cu fibre de sticlă, fontă), care să asigure etanșeitarea rețelei. [106]

3.6.1. Defenolizarea apelor geotermale

Principala substanță poluantă din apele geotermale o constituie fenolii.

Concentrația de fenoli maxim admisă într-o apă, care se deversează în emisari naturali, este de 0,3 mg/l, conform NTPA 001/2002. Majoritatea apelor geotermale din România se încadrează sub această limită, dar există cazuri în care concentrația de fenoli este mult mai mare. De exemplu, s-au constatat următoarele valori maxime ale concentrației de fenoli în apa geotermală: 7,5 mg/l la Săcuieni, 17 mg/l la Salonta, 15,9 mg/l la Ciumeghiu, 0,75 mg/l la Marghita etc.

Tratarea (chimică sau biologică) a apelor geotermale, în vederea reducerii concentrației de fenoli, este o treaptă care se prevede (dacă apa geotermală este utilizată ca agent secundar de încălzire), doar în cazul apelor poluante, care nu se reinjectează în zăcământ.

Eliminarea fenolilor din apa geotermală se poate realiza prin următoarele metode:

- Filtrare prin cărbune activ granular;
- Introducere în bazine cu culturi de macrofite;
- Utilizarea ozonului (metoda este foarte scumpă).

Tratarea apei geotermale prin adsorbție pe cărbune activat granular, se face prin trecerea apei, în flux continuu, descendent, prin rezervoare închise, având stratul de cărbune cu înălțimea de 1...3 m. Viteza de trecere a apei prin filtru este de 0,003...0,01 m/s; granulația necesară a cărbunelui este de 0,5...2,5 m.

Eliminarea totală a fenolilor se realizează cu succes prin utilizarea ozonului.

Ozonul poate fi produs fie utilizând oxigenul pur (la instalațiile mici), fie aerul.

Obținerea ozonului se realizează în practică prin trecerea unui curent de aer între electrozi, lucrând sub tensiuni de 10000-20000 V. De obicei se utilizează curent alternativ de 50 Hz, obținându-se concentrații de ozon de 15-30 g/m³ aer.

Consumul de energie este cuprins între 200 și 500 W/g O₃, în funcție de tipul de construcție al aparatului și în special în funcție de sistemul de uscare a aerului.

În practică se utilizează două tipuri de ozonizare:

- ❑ Ozonizare cu plăci;
- ❑ Ozonizare tubulare

În orice instalație de tratare cu ozon există trei trepte distincte:

- ❖ Condiționarea aerului, în vederea trecerii lui prin efluviaile electrice create de ozonizor;
- ❖ Producerea propriuzisă a ozonului în generator;
- ❖ Amestecul aerului ozonizat cu apa de tratat.

Treapta întâia. Funcționarea generatoarelor de ozon este influențată de starea higrometrică a aerului, de puritatea lui și de temperatură; de aceea, înainte ca aerul să fie introdus în ozonizoare trebuie trecut prin filtre de reținere a prafului și în continuare, uscat și răcit.

Uscarea aerului se realizează prin răcire și adsorbție pe alumină activată (Al_2O_3) sau silicagel, astfel ca punctul de rouă al aerului să fie în jur de $-50^{\circ}C$. Dacă se alimentează generatorul de ozon cu aer insuficient uscat, producția de ozon scade considerabil și apar, ca produse secundare, oxizi de azot, deosebit de periculoși.

În procesul de uscare a aerului, când materialul adsorbant a fost traversat într-un anumit timp de aerul cu umiditatea rămasă după răcire, porii acestui material se îmbibă cu apă și fenomenul de adsorbție încetează.

În vederea regenerării adsorbantului, este suficientă o încălzire pentru eliminarea apei adsorbite, iar după răcire este utilizat din nou.

Intervalul de timp dintre două regenerări succesive ale adsorbantului constituie un ciclu de uscare a aerului.

Curentul de aer, uscat și răcit, este trimis apoi spre ozonizor, sub o presiune, de obicei mai mare de 0,5-1,0 atm.

În *treapta a doua*, tensiunea efluviilor este limitată și nu poate depăși 20 kV, întrucât apar scânteii electrice în loc de efluvii, luând naștere în acest fel oxizi de azot. Randamentele bune se obțin prin creșterea frecvenței, care de asemenea este limitată, datorită încălzirii tuburilor generatorului; de aceea se cere o răcire atentă a generatorului printr-un curent de apă de răcire.

În *treapta a treia*, tratarea apei prin ozonizare constă de fapt în a introduce aerul ozonizat în apă și a asigura transferul ozonului din faza gazoasă în faza lichidă.

Este practic imposibil de a elimina tot ozonul dintr-o bulă de aer ozonizat, chiar dacă apa cu care vine în contact nu conține ozon rezidual și o parte din ozon se pierde în mod inevitabil.

Aerul ozonizat, ieșind din cuvele de ozonizare mai conține deci ozon. Acest ozon rezidual în aerul epuizat nu depinde de debitul de aer, în schimb depinde de caracteristicile apei și timpul de contact bulă-apă.

Această pierdere este cu atât mai mică, cu cât concentrația inițială de ozon în aerul ozonizat este mai mare.

Din practică rezultă că este mai avantajos să se disperseze aerul ozonizat în apă, decât să se pulverizeze masa de lichid într-o încăpere care să conțină aer ozonizat în mișcare.

Procedeul difuzării aerului prin pereții poroși prezintă avantaje energetice față de alte metode de emulsie sau de dispersie și favorizează mărirea concentrației ozonului în aerul ozonizat, datorită faptului că se comprimă în momentul în care acest aer ozonizat este forțat să traverseze porii difuzoarelor.

În ultimii ani s-a utilizat și tehnica introducerii ozonului sub presiune în apă, prin realizarea unui circuit secundar prevăzut cu tub Venturi. La presiuni ridicate, ozonul este cu mult mai solubil, ceea ce facilitează amestecul cu apa și permite obținerea unor randamente de dizolvare de 90-97%.

Rezultatele utilizării ozonului, pe lângă eliminarea totală a fenolilor, sunt legate de următoarele efecte: eliminarea gustului și mirosului; descompunerea combinațiilor complexe ale fierului și manganului; decolorarea apei; diminuarea sensibilă a substanțelor cu cloroform și a detergenților; sterilizarea completă a apei; inactivarea virușilor.

Ozonul este un oxidant ideal „curat”, neintroducând în apă sau aer substanțe nedorite, cu efecte nefavorabile.

Dozele uzuale variază între 0,5 și 4 g/m³, și trebuie stabilite, de regulă, pentru fiecare caz în parte, prin studii speciale pe stații pilot.

O deosebită atenție trebuie acordată aspectelor legate de protecția muncii în instalațiile de ozonizare, întrucât ozonul este puternic toxic, putând produce grave perturbări prin inhalare. Limitele admisibile pentru prezența în aer variază între 0,1 și 0,2 mg/m³.

3.6.2. Răcirea apelor geotermale

Evacuarea apelor geotermale răcite, care nu se mai utilizează în alte scopuri (apă caldă menajeră, ștranduri etc.), prezintă unele dificultăți, întrucât nu întotdeauna dispunem de un emisar, corespunzător pentru preluarea acestor ape. Pentru a evita poluarea termică a apelor de suprafață, apele geotermale evacuate trebuie răcite sub 35°C. Acest lucru înseamnă un ecart de temperatură ridicat (în jur de 50°C) din instalațiile de încălzire, ceea ce se poate realiza numai prin mai multe trepte de utilizare, ridicând prin aceasta și eficiența economică a instalațiilor.[65]

3.6.2.1. Răcirea apei geotermale, utilizând pompe de căldură

În cazul când temperatura apei geotermale după utilizare, la ieșirea din punctul termic geotermal, este de peste 35°C, existând astfel resurse termice nevalorificate, se poate utiliza răcirea cu pompă de căldură (figura 3.32). Apa geotermală rezultată din schimbătorul de căldură, având temperatura de 35°C, este trecută prin vaporizatorul pompei de căldură, se răcește (până la 20°C), iar căldura rezultată este cedată condensatorului pentru o altă utilizare.[106]

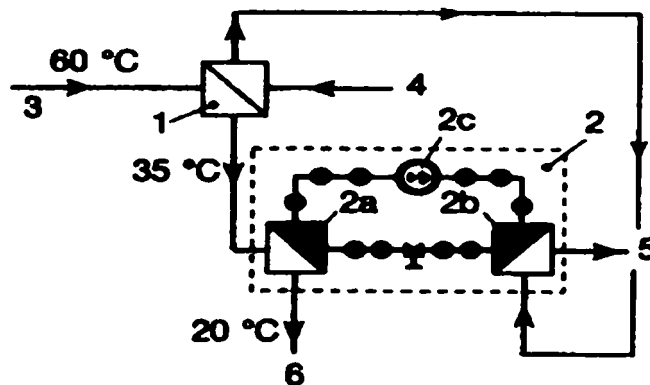


Figura 3.32. Schema instalației de răcire a apei geotermale cu pompă de căldură:[106]

1 – schimbător de căldură; 2 – pompă de căldură; 2a – vaporizator; 2b – condensator; 2c – compresor; 3 – apă geotermală; 4 – de la consumatorul de încălzire; 5 – spre consumatorul de încălzire; 6 – în exterior.

3.6.2.2. Răcirea apei geotermale, pe baza schimbului de căldură în atmosferă

Răcirea apei geotermale, se mai poate face și pe baza schimbului de căldură în atmosferă.

Ecuția acestui schimb de căldură este:

$$K_C + K_E = Q\Delta T + K_R \quad (3.44)$$

în care: K_C este căldura pierdută prin contact, în mii kcal/h; K_E – căldura pierdută prin evaporare, în mii kcal/h; Q – debitul de apă al instalației de răcire, în m^3/h ; ΔT - scăderea de temperatură a apei răcite, în $^{\circ}C$; K_R – căldura câștigată de apă prin radiație solară, în Kcal/h (se ia în considerare la suprafețe mari de apă).

Pentru răcirea apei geotermale se pot utiliza iazurile (lacurile) de răcire, bazinele de răcire prin stropire și turnurile de răcire.

Efectul de răcire a apei, la oricare din metodele indicate, este legat de temperatura apei geotermale calde (care trebuie răcită) și de condițiile meteorologice: temperatura și gradul de umiditate relativă (față de saturație) a aerului, vânt și presiune atmosferică.

Alegerea tipului de instalație de răcire se face pe baza considerațiilor tehnico-economice, a condițiilor de amplasare și exploatare a acestor instalații de răcire, precum și în funcție de condițiile climatice și hidrogeologice.

3.6.2.2.1. Iazuri de răcire

Iazurile (lacurile) de răcire sunt amenajări hidrotehnice cu suprafață mare a luciului de apă și adâncime mică, utilizate atât ca emisar al apelor geotermale calde, cât și ca sursă de

alimentare cu apă industrială. Răcirea apei geotermale reziduale calde se produce prin amestecul cu apa mai rece din lac și prin procesul de evaporare de la suprafața apei.

Iazurile se utilizează foarte rar pentru răcirea apei geotermale, deoarece amenajarea lor numai în acest scop reprezintă o soluție neeconomică.[97]

3.6.2.2.2. Bazine de răcire prin stropire

Bazinul de răcire cu stropire este un rezervor descoperit, de formă dreptunghiulară în plan, având radierul și pereții impermeabili și fiind prevăzut la o înălțime de 1,20...1,50 m deasupra oglinzii apei, cu o rețea de conducte din tuburi de fontă, oțel sau azbociment; pe conducte, la distanțe egale, sunt fixate pulverizatoare, care au rolul de a transforma apa caldă în picături mici. Efectul de răcire este datorat schimbului de căldură dintre apă și aer, la suprafața fiecărei picături, ca urmare a procesului de evaporare care are loc.

Efectul de răcire este influențat de factorii climatici (temperatură, grad de umiditate a aerului, curenți de aer etc.), precum și de caracteristicile constructive ale pulverizatoarelor.

La fel ca iazurile, bazinele de răcire se utilizează foarte rar, deoarece ocupă o suprafață mare, în comparație cu turnurile de răcire, iar eficiența lor este mai scăzută decât a turnurilor de răcire, fiind influențată mult de factorii climaterici.[97]

3.6.2.2.3. Turnuri de răcire

Turnurile de răcire sunt construcții alcătuite dintr-un eșafodaj, care susține la partea superioară o rețea de conducte, prevăzute cu dispozitive de stropire. Apa cade sub formă de picături, sau se prelinge sub formă de peliculă, pe un grătar de lemn sau din plăci de azbociment. Apa, în căderea ei, pierde o parte din căldură, prin procesul de evaporare, suprafața de contact cu aerul fiind mare. Turnul are rolul de a asigura tirajul, schimbând masele de aer saturate cu apă din interior. Apa răcită cade într-un bazin, construit la baza turnului.[97]

Construcția turnurilor de răcire diferă după modul cum se realizează turnul de tiraj propriu-zis (turn deschis și turn închis) după modul în care se efectuează mărirea suprafeței de contact dintre apă și aer (cu picurare sau cu peliculă), precum și după modul în care se realizează circulația aerului în turn (prin tiraj natural sau artificial).

În figura 3.33, este reprezentată schema constructivă a unui turn de răcire deschis, cu picurarea apei.

Turnurile de răcire deschise sunt construcții la care peretele lateral al eșafodajului nu este plin, ci alcătuit din jaluzele, care permit circulația orizontală a aerului, sub influența vântului.

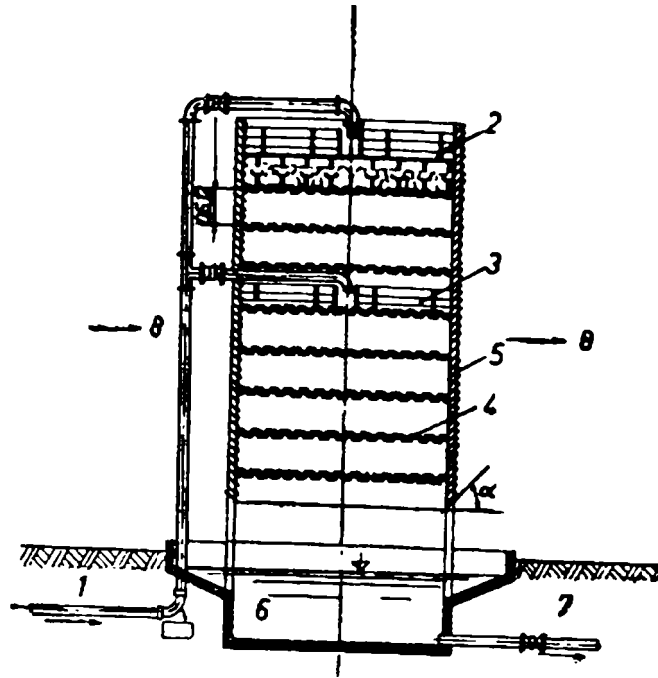


Figura 3.33. Turn de răcire deschis, cu picurarea apei [97]

1 – apă încălzită; 2 – jgheaburi superioare de distribuție (vara); 3 – jgheaburi inferioare de distribuție (iarna); 4 – grătare din lemn; 5 – turn pentru tiraj; 6 – bazin colector; 7 – apă răcită; 8 – direcția vântului dominant.

Turnurile de răcire deschise sunt economice pentru debite mici de apă, însă au un efect de răcire influențat atât de intensitatea vântului, cât și de intensitatea de stropire sau picurare. Turnurile închise sunt construite, în general, dintr-o căptușeală din beton armat (figura 3.34).

La sistemul de răcire a apei prin picurare, apa este distribuită deasupra unor grătare, alcătuite din șipci de lemn, așezate în mai multe etaje în turnul de răcire. Aerul circulă de jos în sus, iar apa picură de sus în jos.

Turnul de răcire a apei cu peliculă este alcătuit dintr-un eșafodaj, în interiorul căruia sunt fixate o serie de panouri verticale din lemn. Apa caldă este distribuită printr-o serie de jgheaburi, situate deasupra acestor panouri.

Tirajul artificial la unele turnuri de răcire, se obține cu ajutorul unui ventilator axial, care consumă circa 6...10 kWh pentru 100 m³ apă. Deoarece fenomenele în procesele de răcire a apei sunt complexe și n-au fost încă studiate complet, dimensionarea instalațiilor de răcire se poate face prin asemănarea cu alte construcții deja executate, cu ajutorul unor diagrame.

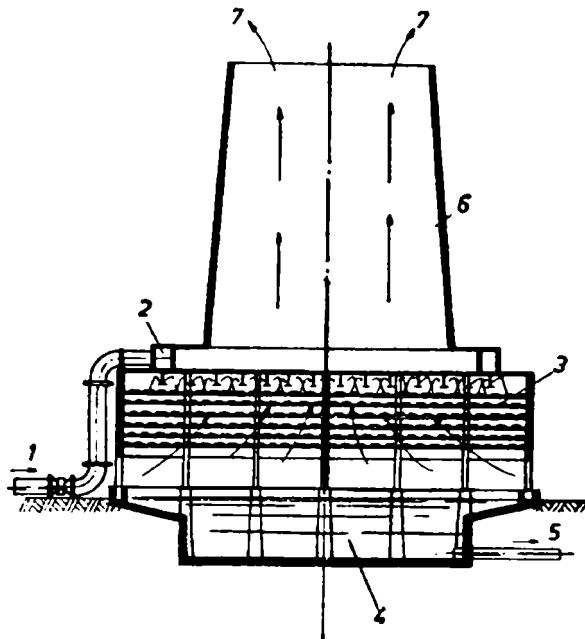


Figura 3.34. Turn de răcire închis, cu picurarea apei [97]

1 – apă încălzită; 2 – jgheab de distribuție; 3 – grătare; 4 – bazin colector; 5 – apă răcită;
6 – turn de tiraj; 7 – curent de aer cald.

În figura 3.35 sunt reprezentate diagramele de calcul elaborate de Vodocanalproiect [97] pentru dimensionarea termică a turnurilor de răcire închise, cu picurarea apei. Se cunosc: intensitatea de stropire, în m^3/hm^2 , temperatura apei calde t_1 , temperatura aerului T și umiditatea relativă φ . Cu ajutorul diagramei A din figura 3.35, care a fost construită pentru $T = 25^\circ\text{C}$ și $\varphi = 54\%$, se calculează temperatura apei răcite t'_2 , în aceste condiții, iar cu diagrama B din aceeași figură, se calculează corecția de temperatură δ_t , pentru t și φ date. Temperatura apei răcite se calculează cu relația:

$$t_2 = t'_2 + \delta_t \quad (3.45)$$

Alegerea tipului de turn de răcire se face după următoarele considerente:

- Turnurile de răcire deschise se aplică unor debite mici de apă de răcit (până la $1000 \text{ m}^3/\text{h}$);
- Turnurile de răcire închise, cu tiraj natural, sunt indicate pentru debite mai mari;
- Turnurile de răcire cu tiraj artificial pot fi avantajoase numai pentru debite mari de apă, dacă zgomotul produs de ventilatoare nu deranjează, în cazul în care treapta de răcire cerută este mai mare de $8 \dots 10^\circ\text{C}$.

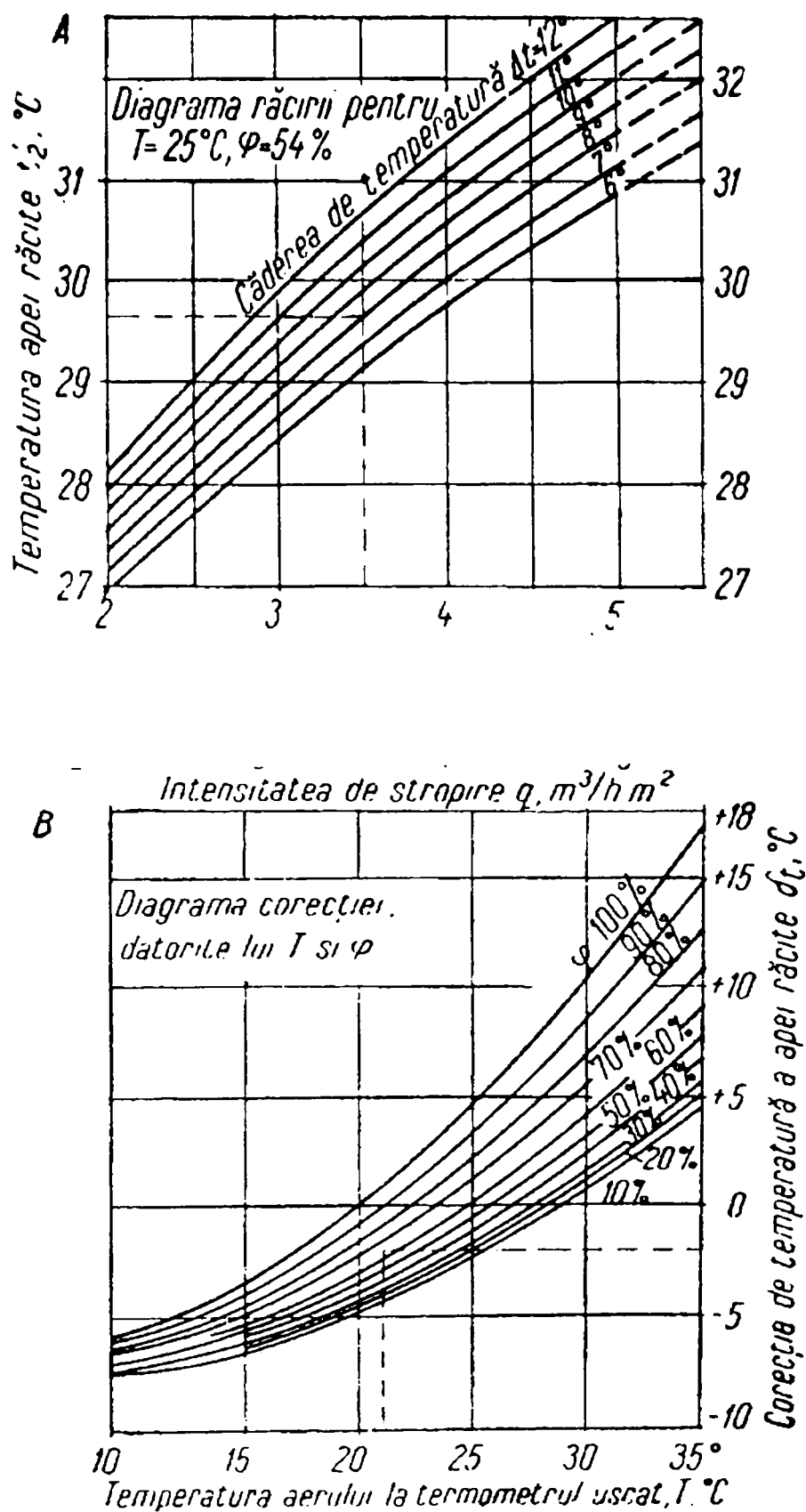


Figura 3.35. Diagrame pentru calculul turnurilor de răcire închise, cu picurare [97]

4. CERCETĂRI ȘI REZULTATE EXPERIMENTALE

4.1. Considerații de ordin general

Făcând un studiu asupra multitudinii de date existente, privind caracteristicile fizico-chimice și hidrogeologice ale apelor geotermale din județul Bihor, vom ajunge la concluzia că acestea se pot încadra în trei categorii:

- Ape cantonate în colectorul Mezozoic (Triasic);
- Ape cantonate în colectorul Mezozoic (Cretacic);
- Ape cantonate în colectorul Pannonian.

Apele geotermale din același colector, au caracteristici chimice comune, parametrii care diferențiază apa geotermală a celor trei colectoare din punct de vedere chimic, fiind mineralizația și ionii dominanți.[28]

Analizele chimice au fost efectuate de către colectivul de cercetare „Ape geotermale” din cadrul Universității din Oradea.

Colectorul Mezozoic (Triasic) găzduiește două tipuri de ape, cu caracteristici foarte deosebite, situate în perimetrele Oradea și Borș. Caracterul net diferențiat se datorează separării lor, printr-un compartiment ridicat, care le împiedică comunicarea.[81]

Analizând datele avute la dispoziție privind compoziția apelor din zona municipiului Oradea, observăm că acestea au o mineralizație medie, în jur de 1 g/l și sunt de tip *sulfato-bicarbonato-calco-magnezian*.

Studiind comparativ compoziția apei geotermale din perimetru, se constată că există anumite diferențieri în ceea ce privește chimismul lor, fapt explicabil prin tectonizarea avansată a regiunii, ce a determinat fragmentarea perimetrului în trei zone: compartiment central, ridicat în medie cu 300 m față de cel de nord și de sud, fără a determina ruperea colectorului.

Deși au duritatea mare, apele din municipiul Oradea depun cantități mici de cruste.[82]

Un caracter complet diferit îl au apele din zona Borș, cantonate în același colector. Mineralizația acestora depășește, fără excepție, 10 g/l, comparativ cu 1 g/l pentru perimetrul Oradea. Din punct de vedere chimic, apele geotermale din zona Borș sunt *puternic clorurice și slab bicarbonatice*. [82]

Apele geotermale cantonate în colectorul Mezozoic (Cretacic), zonele Băile-Felix, Băile 1 mai, aflate la adâncimi de 50 ÷ 650 m, au o mineralizație destul de scăzută, cuprinsă între 0,5 ÷ 9 g/l și un caracter general *bicarbonato-sulfato-calco-magnezian*, apropiat de caracterul apei din perimetrele Oradea și Borș.

Apele geotermale din bazinul Panonian se caracterizează prin mineralizația lor ridicată, cuprinsă între $3 \div 10$ g/l. Studiind analizele efectuate de-a lungul anilor, s-a constatat o remarcabilă constanță a apelor din punct de vedere a compoziției cationice: toate apele au drept cation major Na. Diferențe apreciable apar în compoziția anionică, apele pendulând între foarte puternic carbonatice și foarte puternic clorurate. La toate sondele, ionul SO_4^{2-} apare în cantități foarte mici. În toată zona, apare sistematic acidul metaboric. În plus, apele sunt însoțite de cantități mari de gaze: CH_4 , CO_2 , uneori și gaze rare: Ar, Kr și He. Prezența substanțelor organice în cantități apreciable dovedește contactul apelor cu straturi petrolifere. Apele geotermale din acest bazin conțin, în general, cantități apreciable de fenoli, ceea ce creează probleme la deversare.

Proprietățile fizico-chimice și termodinamice ale apelor geotermale creează, în exploatare, o serie de probleme. Apa geotermală este, de fapt, un fluid bifazat, compus dintr-o fază ciclică și o fază gazoasă. Datorită acestei compoziții bifazate, orice încercare de exploatare a apelor geotermale va avea de rezolvat, în mod aproape obligatoriu, una dintre următoarele probleme, posibil chiar amândouă: *depunerea de cruste și/sau acțiunea corosivă*. [81]

Apele geotermale din județul Bihor conțin, în faza lichidă, elemente ca: bicarbonați, sulfăți, cloruri, ioni de calciu, magneziu, sodiu, potasiu, uneori amoniu, fier, dioxid de siliciu, fenoli.

Gazele dizolvate sunt, de obicei: dioxidul de carbon, metanul și hidrogenul sulfurat.

Conform calculelor, susținute de rezultate experimentale, pH-ul până la care se poate coroda fierul în apele reci are valoarea 7,5, iar în apele calde 8,3; prin urmare, diferența între pH-ul maxim (8,3), limita superioară a agresivității față de fier, și pH-ul efectiv, ne dă informații despre acțiunea apei asupra fierului. Cu cât diferența va fi mai mare, cu atât caracterul corosiv al apei va fi mai pronunțat.

Clorurile și sulfății conținuți în apele geotermale influențează acțiunea corozivă: clorurile au un efect distructiv al eventualelor pelicule protectoare, iar sulfății pot fi reduși de anumite bacterii, active la $\text{pH} = 5 \div 8$ și temperaturi cuprinse în intervalul $60 \div 80^\circ\text{C}$, ambele favorizând o coroziune în formă de pitting. [82]

Proprietățile chimice ale apelor geotermale influențează utilizarea acestora. Compușii dizolvați provin din istoria geologică și se datorează proceselor complexe de schimb, ce au loc în urma contactului apei cu solul și depozitele minerale subterane.

Din analiza proprietăților fizico-chimice ale apelor geotermale din zona de vest a țării, s-au dispus următoarele procedee de tratare a apelor geotermale: dedurizarea, deferizarea, defenolizarea, degazarea, desulfurizarea și răcirea apei geotermale. [65]

Problema tratării apelor geotermale nu este în prezent rezolvată. După cum s-a mai amintit, calitatea apelor geotermale prezintă o importanță deosebită, întrucât impune în ultimă instanță soluția și implicit schema de valorificare a acestora.

Este cunoscut faptul că majoritatea apelor provenite din Câmpia de Vest produc fenomene de coroziune și depunere la utilizarea în instalații; de asemenea, s-a constatat în unele cazuri și poluarea mediului datorită deversării la emisari a apelor geotermale conținând substanțe nocive (fenoli, hidrocarburi).

O serie de cercetări elaborate, precum și unele încercări pe foraje în funcțiune, au condus la rezultate promițătoare, prin utilizarea unor metode adecvate de tratare (inhibitori de coroziune, corecție de pH, tratare magnetică, degazare, tratare cu cărbune activat). Se impune continuarea și finalizarea acestor cercetări, astfel încât să se ajungă la o utilizare normală a apelor geotermale în instalații.

Este greșită și dăunătoare o atitudine de felul: „apele geotermale cauzează coroziuni și depuneri, utilizarea lor în instalații produce mari neajunsuri, să nu fie deci utilizate decât după ce se va rezolva problema tratării acestor ape”, poziție des întâlnită la unii proiectanți și beneficiari; după cum tot greșită este și o poziție opusă, de felul: „din pământ iese apă caldă, să o introducem în instalații și va da căldură”, opinie proprie perioadei de pionierat și îmbrățișată de unele foruri diriguitoare.

Este clar că în conjunctura energetică actuală, trebuie extinsă utilizarea surselor neconvenționale și implicit a apei geotermale. Aceasta trebuie să fie făcută cu discernământ, evitând căderea în cele două poziții extreme arătate mai sus.

Se impune în prezent folosirea în măsură maximă a surselor a căror ape au calități fizico-chimice compatibile cu utilizarea lor în instalații. De asemenea, *nu trebuie îngrădită folosirea apelor geotermale având calități necorespunzătoare* (caracter incrustant etc.), *ci aplicate o serie de metode de tratare*, care, în condițiile unor sporuri de investiție nesubstanțiale (care se recuperează într-o perioadă redusă, în orice caz, sub 8 ani), conferă instalațiilor utilizatoare un grad de siguranță mărit.

4.2. Caracteristicile cantitative și calitative ale surselor geotermale între cursurile de apă

Crișul Negru și Someș

Caracteristicile fizico-chimice ale apelor geotermale cuprinse între râul Crișul Negru și Someș sunt prezentate în tabelele 4.1...4.12; acestea au rezultat în urma consultării buletinelor de analiză, elaborate în anul 1980, ale acestor ape.

4.2.1. Sonde care produc din Pannonianul Superior

Tabelul nr. 4.1.

SONDA	INTERVAL (m)	pH	DURITATE TOTALĂ grade germane	MINERALIZAȚIE TOTALĂ mg/l	SiO ₂ mg/l	FENOL mg/l	ACID METABORIC mg/l	SUBST. ORGANICE KMnO ₄ mg/l
1	2	3	4	5	6	7	8	9
300 ADONI	1008-1547	7,0	2,4	3049,9	38,8	-	39,8	-
4022 BIHARIA	946-1008	7,0	1,4	1342,3	31,1	-	-	-
4181 CAREI	698-748	8,1	3,3	1665,4	18,0	0,21	23,9	33,0
4045 CIOCAIA	1241-1360	7,3	1,7	12106,0	45,0	4,30	59,4	59,1
4044 CADEA	930-1399	7,0	5,0	266,0	33,6	-	-	-
4032 CHERECHIU	175-1806	7,0	4,7	5747,0	72,4	-	162,0	-
4094 CHIRALEU	903-1134	7,5	2,3	2513,0	84,0	0,4	81,0	20,0
4014 CHIȘLAZ	952-1000	7,5	1,2	2869,0	41,0	0,31	21,0	16,4
4772 CEFA	634-846	7,85	2,57	1200,0	23,9	0,6	-	44,3
4776 CEFA	621-742	6,8	9,0	1138,0	51,7	-	-	-
4713 DINDEȘTI	928-1346,5	7,3	3,7	3685,5	71,3	-	18,2	-
4019 GIRIȘU DE CRIȘ	520-620	8,0	1,0	787,0	26,9	-	-	-
4740 MOFTINU MIC	803-999	7,1	4,6	4050,2	20,7	-	-	-
1705 MARGHITA	1280-1450	7,7	1,7	3291,0	39,0	0,54	21,90	24,5
1714-II-	1180-1322	7,4	2,58	3339,0	33,0	0,75	21,05	23,3
4089-II-	985-1376	7,4	1,68	3143,9	42,5	0,41	28,8	18,36
4738 MECENTIU	1217-2009	8,5	1,6	3345,6	51,7	-	-	-
603 MIHAI BRAVU	803-924	7,9	1,54	5200,0	28,5	0,60	-	28,4
605 -II-	1130-1260	7,15	0,97	2771,6	37,0	1,14	11,9	38,0
4717 OTOMANI	1161,5-1653	7,2	4,7	5397,0	-	-	-	-
4058 SĂCUIENI	1225-1446	7,4	1,69	5321,5	53,0	7,5	58,4	56,2
752 -II-	1226-1456	7,3	2,18	5301,2	47,5	6,02	44,8	54,5
4076-II-	1514-1691	8,0	1,29	4500,0	45,0	4,53	38,2	48,7
4691-II-	1290-1447	7,95	1,60	4413,0	44,0	5,2	45,2	53,7
4696-II-	1276-1560	7,9	2,04	5527,5	44,0	4,6	52,9	53,9
4697-II-	1340-1596	7,7	1,82	5178,2	52,0	4,9	51,6	50,1
4694-II-	1226-1436	8,3	0,3	4809,0	44,5	2,8	49,6	50,5
4692-II-	1166-1364	7,0	17,9	11625,9	62,5	4,5	40,2	52,7
4704-II-	1340-1680	8,0	2,01	4129,0	57,0	-	-	-
4028 SÎNICOLAU DE MUNTE	958-1152	7,4	1,76	4738,1	38,0	0,3	57,6	25,1
4021 TAMAȘEU	1043-1168	7,0	1,34	4281,2	33,0	0,9	20,0	30,97
4075 CIUHOI	688-750	7,75	2,19	4000,0	20,9	0,43	-	20,86

Tabelul nr. 4.2.

SONDA	ANIONI (mg/l)			CATIONI (mg/l)					
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
300 ADONI	17,4	2110,9	11,5	11,0	744,4	7,8	17,2	urme	0,1
4022 BIHARIA	24,8	916,1	13,8	20,0	334,7	4,6	4,6	3,3	1,6
4181 CAREI	124,1	1021,5	a	1,9	400,0	7,3	17,8	3,64	7,0
4045 CIOCAIA	812,0	7283,9	27,9	7,9	3625,0	30,0	7,9	2,6	0,2
4044 CADEA	28,0	1830,0	9,6	8,0	659,0	5,8	36,0	a	a
4032 CHERECHIU	1035,0	2687,2	80,6	18,0	1626,0	31,5	17,6	9,7	2,2
4094 CHIRALEU	254,0	1342,0	23,0	11,0	709,0	8,5	9,6	3,9	-
4014 CHIȘLAZ	352,8	1622,9	a	5,5	800,0	18,0	5,2	2,0	0,2
4772 CEFA	51,5	786,6	10,7	7,13	302,0	4,0	12,0	3,9	0,6
4776 CEFA	49,6	720,0	7,7	5,0	225,0	3,2	26,1	23,3	0,5
4713 DINDEȘTI	212,7	2342,7	17,3	20,9	969,0	26,4	26,4	urme	0,15
4019 GIRIȘU DE CRIȘ	14,2	536,6	-	-	201,5	-	7,4	0,4	1,0
4740 MOFTINU MIC	1099,2	1464,2	15,3	11,0	1208,2	18,5	25,6	4,8	1,3
1705 MARGHITA	744,0	1450,0	-	6,5	1010,0	8,6	3,8	4,9	0,6
1714-II-	815,0	1411,0	-	9,5	1030,0	11,0	4,7	8,3	4,7
4089-II-	716,0	1416,2	-	6,0	900,0	23,5	6,3	3,46	0,5
4738 MECENTIU	411,3	1866,6	-	8,0	938,2	12,9	8,5	2,0	1,3
603 MIHAI BRAVU	521,3	3347,2	6,07	10,0	1570,0	12,0	5,7	3,3	0,06
605 -II-	281,9	1616,2	-	5,1	800,0	13,5	3,9	1,8	0,02
4717 OTOMANI	843,9	2721,0	a	12,0	1539,3	29,5	14,0	4,4	-
4058 SĂCUIENI	851,0	2782,8	12,6	5,4	1500,0	45,0	5,7	3,9	0,21
752 -II-	744,6	2951,9	13,2	7,5	1550,0	21,0	7,7	4,8	1,4
4076-II-	514,2	2516,8	13,2	5,0	1325,0	19,3	6,3	1,8	0,4
4691-II-	647,1	2339,1	16,8	5,05	1300,0	20,6	8,4	1,9	0,33
4696-II-	709,2	3080,3	a	5,9	1600,0	22,0	7,5	4,3	1,3
4697-II-	702,2	2823,6	a	6,3	1500,0	31,0	6,3	4,1	1,0
4694-II-	709,2	2566,9	9,5	9,0	1400,0	18,0	1,3	0,4	0,4
4692-II-	673,7	7508,0	39,9	12,0	3150,0	30,0	74,9	32,3	2,16
4704-II-	496,0	2440,0	22,2	10,1	1144,0	-	9,8	4,6	2,1
4028 SÎNICOLAU DE MUNTE	489,3	2803,0	a	5,9	1300,0	30,0	5,8	4,1	4,0
4021 TAMĂȘEU	425,5	2556,9	a	7,0	1200,0	15,0	8,0	0,97	0,04
4075 CIUHOI	402,3	2363,9	3,17	10,3	1117,0	9,5	7,65	4,89	0,08

4.2.2. Sonde care produc din Pannonianul Superior și Inferior

Tabelul nr. 4.3.

SONDA	INTERVAL (m)	pH	DURITATE TOTALĂ grade germane	MINERALIZAȚIE TOTALĂ mg/l	SiO ₂ mg/l	FENOL mg/l	ACID METABORIC mg/l	SUBST. ORGANICE KMnO ₄ mg/l
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4060 ACIS	531-1255	6,6	6,0	5494,1	27,0	-	42,5	-
4062 CAREI	611-923	7,0	6,0	4669,7	31,1	-	81,0	-
4182 -II-	631-969	6,5	14,4	5866,0	23,3	0,2	978,2	-
4737 GHIRISA	1147-1603	7,2	15,6	6103,0	31,0	-	145,8	-
4710 LIVADA	520-788	6,5	13,4	6157,6	12,9	-	60,7	-
4177 MADARAS	579-1452	7,0	14,0	3368,0	-	-	-	-
4719 NOROIENI	834-1381	7,2	20,4	8584,5	43,9	-	60,7	-
4741 SATU MARE	1009-1568	7,3	1,9	4001,5	31,0	-	97,0	-
4743 -II-	985,5-1401	8,2	3,5	3508,5	46,4	-	105,0	-
4747 -II-	914,5-1450,5	7,8	1,8	4436,0	28,5	-	70,9	-
4748 -II-	871-1448	7,9	1,2	4009,8	31,3	-	60,7	-
4716 SATMAREL	973,5-1262	8,0	2,7	3331,5	38,8	-	81,0	-
4715 TASNAD	939-1354	7,3	14,5	10976,9	37,0	0,71	83,0	24,3
4711 VALEA LUI MIHAI	815-1593	7,9	2,95	3637,4	36,0	2,21	18,1	51,7

Tabelul nr. 4.4.

SONDA	ANIONI (mg/l)			CATIONI (mg/l)					
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4060 ACIS	2304,9	1159,1	23,0	23,0	1854,6	17,1	32,0	6,8	0,3
4062 CAREI	1819,1	1012,8	115,0	35,0	1312,8	4,0	18,6	15,5	0,5
4182 -II-	2447,0	1159,0	42,2	15,0	1898,5	16,0	46,9	34,3	0,1
4737 GHIRISA	2836,8	829,7	67,2	15,0	2010,0	35,0	64,1	29,1	1,1
4710 LIVADA	2624,4	1073,7	19,2	a	2052,7	62,0	44,1	31,6	0,2
4177 MADARAS	1170,0	964,0	15,4	7,0	989,0	25,9	40,1	36,5	1,8
4719 NOROIENI	3652,4	1757,0	23,0	20,0	2839,1	19,9	661,0	486,0	0,8
4741 SATU MARE	354,6	2208,5	98,4	10,0	1074,5	10,8	9,7	2,5	0,3
4743 -II-	212,7	2110,9	62,8	6,0	921,6	9,3	20,8	2,4	0,7
4747 -II-	496,4	2452,6	96,0	7,0	1260,6	13,5	5,1	4,8	0,1
4748 -II-	375,8	2342,7	48,0	7,5	1123,1	10,6	6,4	1,7	0,9
4716 SATMAREL	170,0	2123,1	7,7	8,0	2123,1	9,7	11,2	4,8	0,3
4715 TASNAD	5496,3	1228,8	a	10,5	4000,0	36,0	55,5	29,2	0,22
4711 VALEA LUI MIHAI	780,1	1666,6	a	6,0	1100,0	12,0	9,1	7,2	0,48

4.2.3. Sonde care produc din Pannonianul Inferior

Tabel nr. 4.5.

SONDA	INTERVAL (m)	pH	DURITATE TOTALĂ grade germane	MINERALIZAȚIE TOTALĂ mg/l	SiO ₂ mg/l	FENOL mg/l	ACID METABORIC mg/l	SUBST. ORGANICE KMnO ₄ mg/l
1	2	3	4	5	6	7	8	9
BIHARIA	1520-1525	8,0	7,0	6780,0	38,8	-	202,5	-
CIUMEGHIU F 1	2290-2527	8,0	2,2	5744,0	77,6	-	40,5	-
-II- F 2	2185-2603	7,0	1,2	-	113,1	-	-	-
-II- F 3	2265-2385	7,6	15,6	5636,0	168,0	15,9	121,6	128,0
CAREI F 1	786-936	7,5	14,6	7416,9	30,5	0,3	145,3	43,8
SALONTA F 1	1520-1662	7,2	2,18	5657,0	70,7	17,0	-	134,0
-II- F 2	2005-2077	7,0	18,76	10367	33,0	4,10	89,4	85,4
-II- F 3	2100-2248	7,0	11,5	11205	134,7	2,94	-	78,4

Tabel nr. 4.6.

SONDA	ANIONI (mg/l)			CATIONI (mg/l)					
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BIHARIA	1631,0	2793,0	a	15,0	2014,0	35,5	32,1	11,2	0,5
CIUMEGHIU F 1	567,0	3343,0	55,6	16,0	1609,0	13,5	16,4	-	0,1
-II- F 2	390,0	3684,0	46,9	-	1632,0	28,0	6,8	1,1	-
-II- F 3	333,0	3423,0	62,3	12,5	1500,0	-	13,6	2,2	1,05
CAREI F 1	3546,0	710,6	13,6	8,8	2575,0	26,0	42,2	33,7	10,5
SALONTA F 1	606,0	3278,8	48,5	19,2	1602,0	17,6	6,01	5,84	-
-II- F 2	4471,0	1967,3	78,6	9,7	3500,0	125,0	55,08	37,6	0,2
-II- F 3	5389,0	1509,0	63,4	29,0	3202,0	95,0	59	19,0	0,4

4.2.4. Sonde care produc din Miocen

Tabel nr. 4.7.

SONDA	INTERVAL (m)	pH	DURITATE TOTALĂ grade germane	MINERALIZAȚIE TOTALĂ mg/l	SiO ₂ mg/l	FENOL mg/l	ACID METABORIC mg/l	SUBST. ORGANICE KMnO ₄ mg/l
1	2	3	4	5	6	7	8	9
CAREI F 2	1134,5-1577	6,5	51,5	15041,6	36,2	-	194,4	-
CAZLENI	1164-1387	5,5	195,0	12873,0	38,9	-	145,8	-
CAREI F 3	1501-1647	6,5	25,0	10001,0	41,4	-	97,0	-
CENALOS	1002-1164	7,2	47,3	20853,8	70,7	17,0	-	34,0
SARCAU	978-1015	7,0	165,0	31391,0	40,0	0,28	142,0	19,5

Tabel nr. 4.8.

SONDA	ANIONI (mg/l)			CATIONI (mg/l)					
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAREI F 2	8510,0	524,7	49,9	30,0	5269,0	76,5	196,4	104,6	3,6
CAZLENI	7340,0	122,2	417,6	5,0	3390,7	17,2	1360,7	22,0	0,1
CAREI F 3	5407,7	311,1	545,6	a	3557,5	46,0	138,7	24,3	3,0
CENALOS	10194,8	2783,0	41,4	15,4	7360,0	41,0	283,3	60,9	-
SARCĂU	16488,9	2872,1	a	30,8	10750,0	340,0	583,3	144,0	-

4.2.5. Sonde care produc din Mezozoic (alimentat)

Tabel nr. 4.9.

SONDA	INTERVAL	pH	DURITATE TOTALĂ grade germane	MINERALIZAȚIE TOTALĂ mg/l	SiO ₂ mg/l	FENOL mg/l	ACID METABORIC mg/l	SUBST. ORGANICE KMnO ₄ mg/l
1	2 (m)	3	4	5	6	7	8	9
ALEȘD	1061,5 – 1574	8,21	21,8	416,3	32	a	a	85,4
ORADEA F 1	2176 - 2477	7,2	37,6	1124,2	54	a	a	0,96
ORADEA F 2	2052 - 2530	6,5	48,6	1318,3	55,5	a	a	0,64
ORADEA F 3	2132 - 2458	6,7	46,7	1264,0	53,0	a	a	0,55
ORADEA F 4	2285 - 2711	6,9	54,8	1367,8	40,0	a	a	0,32
ORADEA F 5	2272 - 2716	6,8	33,1	1032,7	65,0	a	a	0,51
ORADEA F 6	2000 - 2976	6,5	44,1	1257,7	54,0	a	a	11,3
TILEAGD	2300 - 2890	5,8	15,6	558,7	33,3	-	-	-
IZBUC 1 MAI	11,09 – 75,92	6,94	23,4	710,6	20,3	a	a	0,48
FELIX F 1	56,0 – 69,0	6,80	29,8	839,8	22,0	a	a	0,32
FELIX F 2	147,5 – 151,8	6,80	32,4	881,9	28,5	a	a	0,42
FELIX F 3	399 – 1577,9	7,3	18,4	570,9	16,5	a	a	0,32
BALINT FELIX	42,79 – 47,17	6,8	33,1	924,8	31,0	a	a	0,32
FELIX F 4	125,0 – 190,0	7,0	23,3	702,5	21,10	a	a	0,48
VILA 4 FELIX		6,8	33,0	937,7	33,3	a	a	0,64
CORDĂU	98,4 – 176,0	6,8	27,3	817,0	23,5	a	a	0,32
F – 2 RONTĂU	145,0 – 170,0	6,85	25,3	769,4	25,0	a	a	0,35

Tabel nr. 4.10.

SONDA	ANIONI (mg/l)			CATIONI (mg/l)					
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALEȘD	4,9	252,8	86,4	1,74	63,0	9,5	36,8	12,4	2,9
ORADEA F 1	21,3	222,1	533,3	1,60	40,0	7,2	204,0	39,5	1,3
ORADEA F 2	17,4	173,2	713,1	1,59	28,5	12,5	265,0	50,2	1,1
ORADEA F 3	19,5	162,9	674,0	1,52	35,2	11,0	262,0	43,7	1,8
ORADEA F 4	9,9	133,2	812,0	1,52	18,0	10,0	264,0	77,4	0,9
ORADEA F 5	24,8	207,3	453,5	1,27	41,7	14,0	201,8	21,2	2,2
ORADEA F 6	24,8	207,3	628,8	1,61	30,0	14,0	243,0	42,2	10,0
TILEAGD	28,4	244,0	129,0	-	32,0	9,2	60,9	30,6	2,0
IZBUC 1 MAI	12,41	346,4	148,6	1,39	19,0	6,0	139,2	16,9	0,55
FELIX F 1	15,95	384,9	198,0	1,37	16,0	5,0	169,3	26,9	0,31
FELIX F 2	14,2	355,3	243,2	1,51	19,5	6,0	185,6	28,1	0,05
FELIX F 3	9,4	373,8	48,6	1,36	9,0	2,0	85,6	24,8	0,07
BALINT FELIX	17,37	384,9	245,3	1,27	22,0	8,2	180,9	33,8	0,12
FELIX F 4	14,18	379,0	112,7	1,28	14,0	4,0	139,2	16,8	0,17
VILA 4 FELIX	17,73	384,9	259,7	1,39	20,0	7,0	185,6	31,0	0,05
CORDĂU	17,37	444,2	120,2	1,44	18,0	6,0	171,6	14,0	0,75
F - 2 RONTĂU	14,2	340,5	190,5	1,74	19,0	8,0	153,1	16,8	0,55

4.2.6. Sonde care produc din Mezozoic (etans)

Tabel nr. 4.11.

SONDA	INTERVAL (m)	pH	DURITATE TOTALĂ grade germane	MINERALIZAȚIE TOTALĂ mg/l	SiO ₂ mg/l	FENOL mg/l	ACID METABORIC mg/l	SUBST. ORGANICE KMnO ₄ mg/l
1	2	3	4	5	6	7	8	9
BORȘ F 1	2400 - 2572	-	-	13477	-	-	-	-
BORȘ F 2	2497 - 2710	6,5	27,5	11281	28,3	0,4	243	-
BORȘ F 3	2250 - 2814	6,65	22,5	13929	117,6	2,12	285	56,2
BORȘ F 4	2960 - 3007	7,15	15,6	12794	106,0	a	249,5	128,2
BORȘ F 5	2422 - 2588	7,5	11,9	14814	135,0	-	-	-

Tabel nr. 4.12.

SONDA	ANIONI (mg/l)			CATIONI (mg/l)					
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BORȘ F 1	6030	2324	116	-	4605,54	-	26,4	3,4	-
BORȘ F 2	4948	1525	441,6	8,0	3702	114	139,5	35,0	4,0
BORȘ F 3	6282,2	1978,2	179,0	10,7	4671	134	94,5	40,4	28,4
BORȘ F 4	6075,6	1627,8	139	8,3	4484,4	-	75,2	22,2	0,6
BORȘ F 5	7623	1525,0	130,8	12,3	5463	-	20,0	38,9	0,75

4.3. Perimetrul de exploatare geotermală

Săcuieni – jud. Bihor

4.3.1. Caracteristicile apelor geotermale din perimetrul

Săcuieni – jud. Bihor

Caracteristicile fizico-chimice ale apelor geotermale exploatare din acviferele descoperite în perimetrul Săcuieni, au fost stabilite prin analize de laborator, efectuate în perioada 1976 – 1988, repetate pentru unele sonde și în următorii ani.

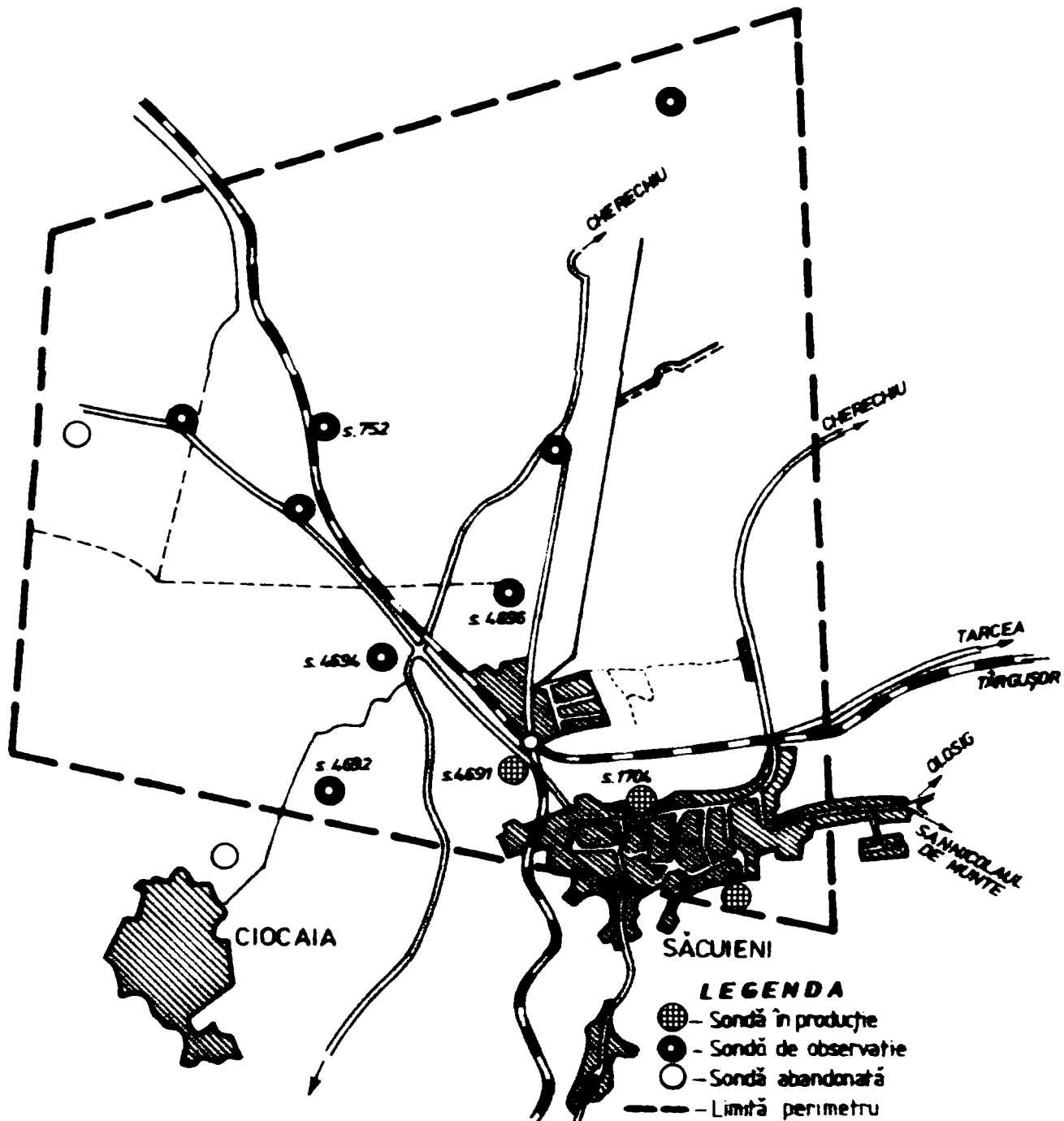
În localitatea Săcuieni, situată la o distanță de circa 50 km spre nord de Oradea, a fost identificat în perioada 1970 – 1972 acviferul geotermal. În general, zăcământul geotermal Săcuieni, este situat la adâncimea medie de 1400 m sub nivelul solului, temperatura apei la această adâncime fiind de 90 - 95°C. Acest perimetru exploatează apele cantonate în rocile complexului Pannonian. Exploatarea experimentală în zonă continuă și astăzi. În perimetrul geotermal Săcuieni au fost forate 13 sonde, însă din lipsă de utilizatori, singurele sonde care mai produc în prezent sunt 4691 și 1704.

Apa geotermală produsă din acviferul Săcuieni este de tip bicarbonat – sodic – iodurat cu concentrație mică, având o mineralizație totală de 4,5 – 5,3 g/l.

În general, apele subterane conțin aer, gaze și diferite săruri dizolvate. În cazul apelor geotermale de mare adâncime, cele mai frecvente gaze sunt CO₂ și azotul, fără a se constata prezența oxigenului, în general, dată fiind originea preponderent fosilă a apelor geotermale. În cazul unei cantități mari de gaze sub presiune, mișcarea apei se face odată cu mișcarea gazelor, fiind stimulată de aceasta. Prezența gazelor în apa geotermală îi conferă acesteia un caracter pronunțat ascensional; majoritatea sondelor, la care prin analize, s-au constatat rații importante de gaze asociate cu apa produsă, sunt arteziene. [54]

În cazul acviferului Săcuieni, din apa geotermală exploatată, la degazoarele atmosferice amplasate la capul sondelor de producție, se separă gaze care conțin între 67 – 90% metan (hidrocarburi), restul fiind bioxid de carbon, azot etc.[64]

În figura 4.1. este reprezentat planul de situație cu perimetrul de exploatare a apei geotermale Săcuieni – jud. Bihor.



**Figura 4.1. Perimetrul de exploatare a apei geotermale
Săcuieni, jud. Bihor – Plan de situație[82]**

Caracteristicile fizico-chimice ale apelor geotermale din perimetrul Săcuieni sunt redată în tabelele 4.13 și 4.14.

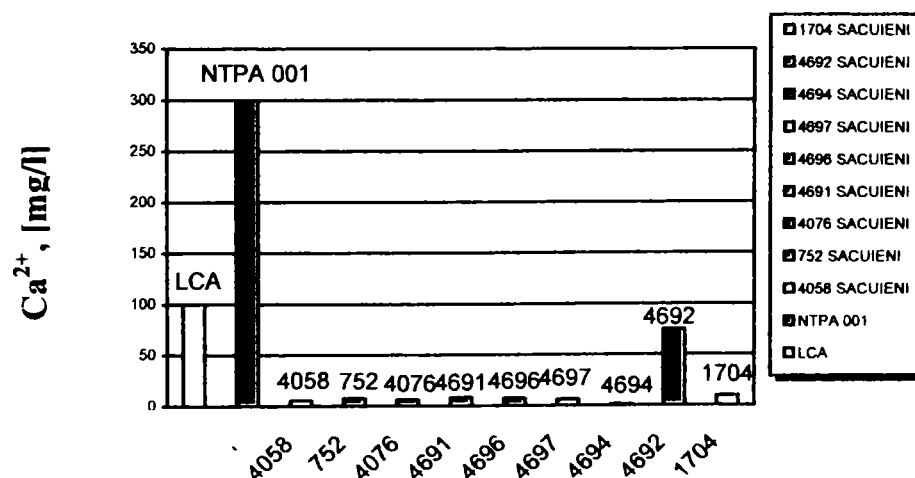
Pentru a evidenția acei componenți care depășesc valorile admise de standardele în vigoare, în ideea că apa geotermală va fi folosită ca: apă menajeră, agent termic pentru încălzirea unor cartiere, locuințe individuale, apă pentru balneologie, apă industrială etc., redați în tabelele 4.13, 4.14 și în figurile 4.2 ÷ 4.9, au fost comparate valorile din buletinele de analiză cu reglementările și normativele în vigoare: Legea nr.458/2002 completată cu Legea nr.311/2004 NTPA 001/2002 și NTPA 002/2002.

Tabelul nr.4.13

SONDA	INTERVAL (m)	pH	DURITATE TOTALĂ grade germane	MINERALIZAȚIE TOTALĂ mg/l	SiO ₂ mg/l	FENOL mg/l	ACID METABORIC mg/l	SUBST. ORGANICE KMnO ₄ mg/l
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4058 SĂCUIENI	1225-1446	7.4	1.69	5321.5	53.0	7.5	58.4	56.2
752 -II-	1226-1456	7.3	2.18	5301.2	47.5	6.02	44.8	54.5
4076-II-	1514-1691	8.0	1.29	4500.0	45.0	4.53	38.2	48.7
4691-II-	1290-1447	7.95	1.60	4413.0	44.0	5.2	45.2	53.7
4696-II-	1276-1560	7.9	2.04	5527.5	44.0	4.6	52.9	53.9
4697-II-	1340-1596	7.7	1.82	5178.2	52.0	4.9	51.6	50.1
4694-II-	1226-1436	8.3	0.3	4809.0	44.5	2.8	49.6	50.5
4692-II-	1166-1364	7.0	17.9	11625.9	62.5	4.5	40.2	52.7
1704-II-	1340-1680	8.0	2.01	4129.0	57.0	-	-	-

Tabelul nr.4.14

SONDA	ANIONI (mg/l)			CATIONI (mg/l)					
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4058 SĂCUIENI	851.0	2782.8	12.6	5.4	1500.0	45.0	5.7	3.9	0.21
752 -II-	744,6	2951,9	13,2	7,5	1550,0	21,0	7,7	4,8	1,4
4076-II-	514,2	2516,8	13,2	5,0	1325,0	19,3	6,3	1,8	0,4
4691-II-	647,1	2339,1	16,8	5,05	1300,0	20,6	8,4	1,9	0,33
4696-II-	709,2	3080,3	a	5,9	1600,0	22,0	7,5	4,3	1,3
4697-II-	702,2	2823,6	a	6,3	1500,0	31,0	6,3	4,1	1,0
4694-II-	709,2	2566,9	9,5	9,0	1400,0	18,0	1,3	0,4	0,4
4692-II-	673,7	7508,0	39,9	12,0	3150,0	30,0	74,9	32,3	2,16
1704-II-	496,0	2440,0	22,2	10,1	1144,0	-	9,8	4,6	2,1



Sonda geotermală

Figura 4.2. Cationii de Ca²⁺ la sondele geotermale din perimetrul Săcuieni

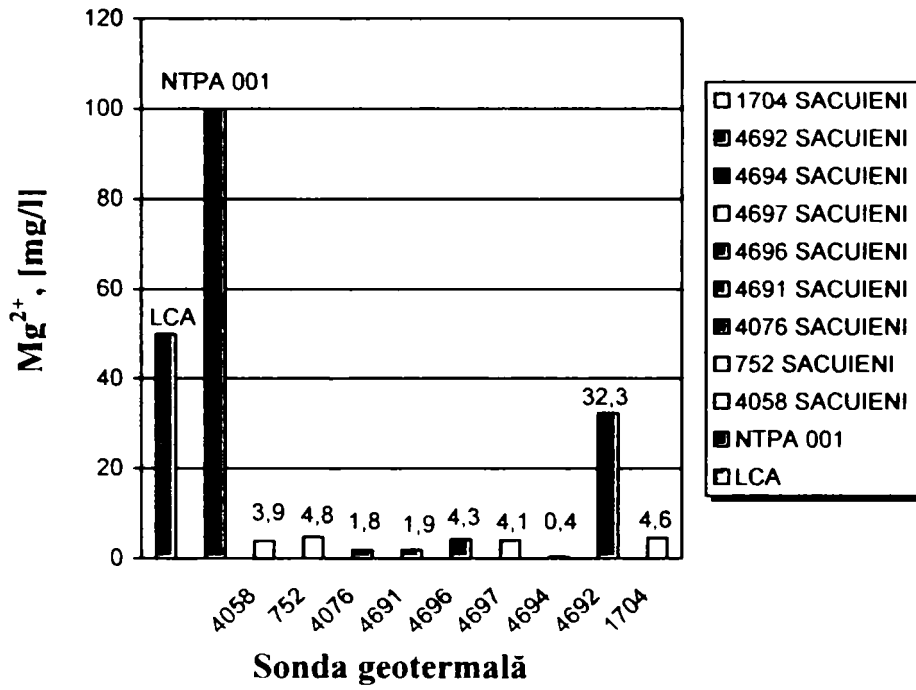


Figura 4.3. Cationii de Mg²⁺ la sondele geotermale din perimetrul Săcuieni

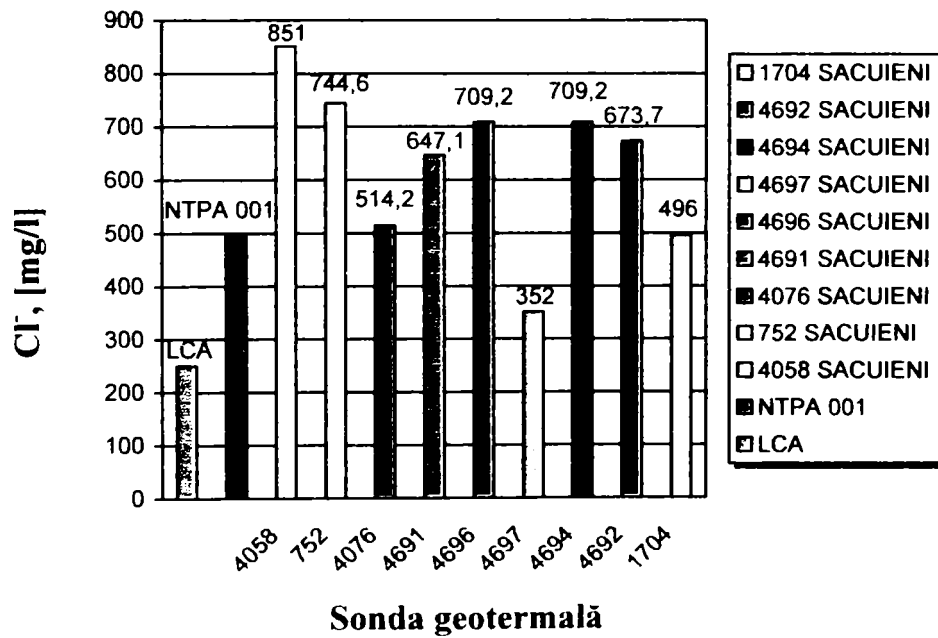


Figura 4.4. Anionii de Cl⁻ la sondele geotermale din perimetrul Săcuieni

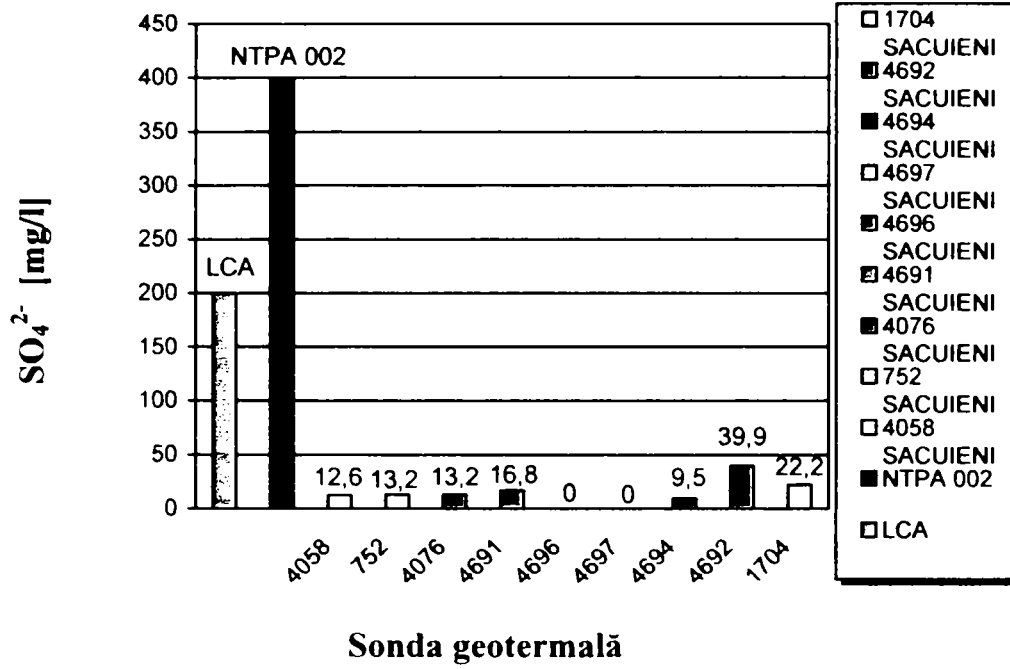


Figura 4.5. Anionii de SO₄²⁻ la sondele geotermale din perimetrul Săcuieni

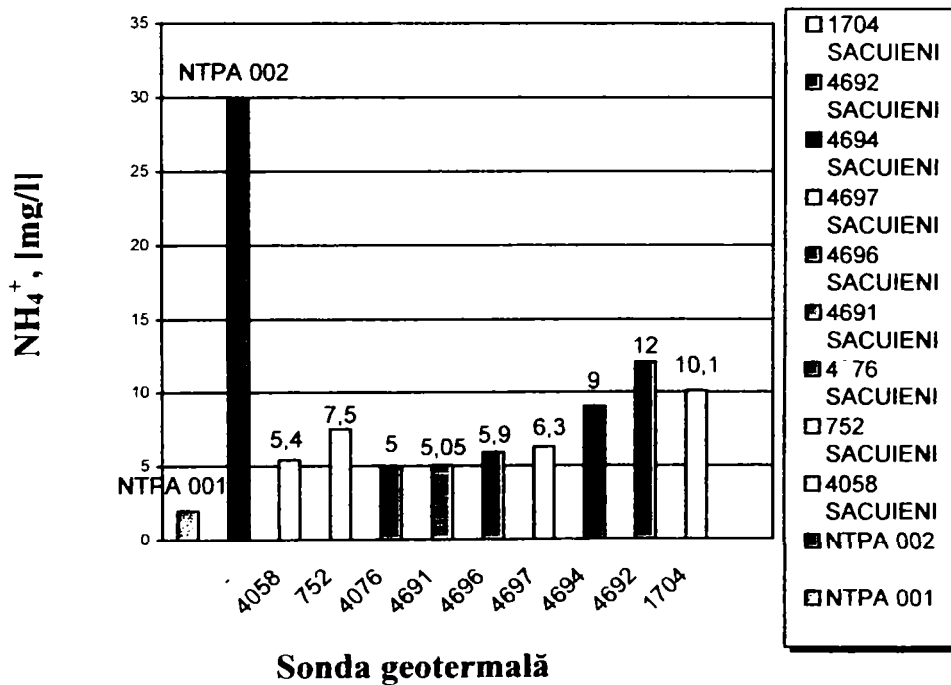


Figura 4.6. Cationii de NH₄⁺ la sondele geotermale din perimetrul Săcuieni

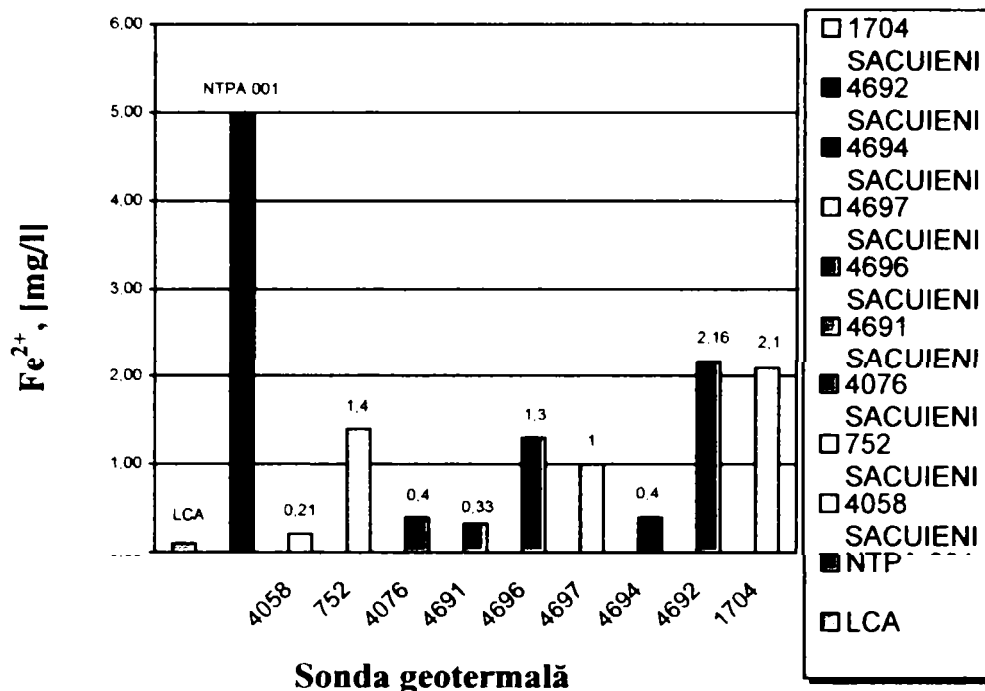


Figura 4.7. Cationii de Fe²⁺ la sondele geotermale din perimetrul Săcuieni

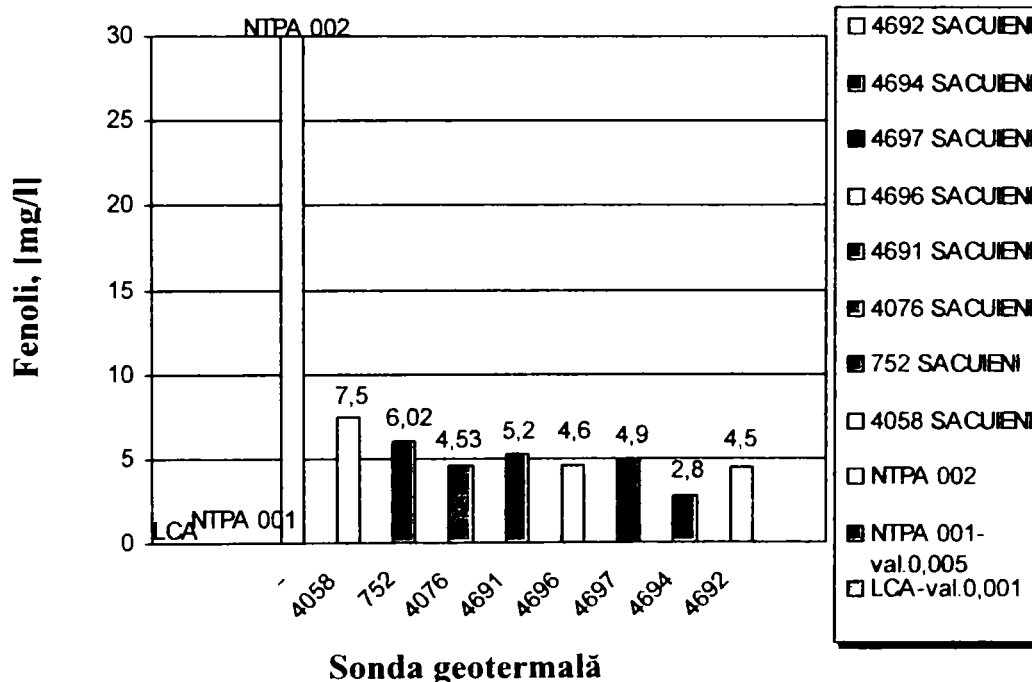


Figura 4.8. Concentrațiile fenolilor la sondele geotermale din perimetrul Săcuieni

Debitele și temperaturile apei la capul sondei pentru 6 sonde din perimetrul Săcuieni, sunt prezentate în tabelul nr.4.15 și figura 4.9.

Tabelul nr.4.15.

SONDA	SITUAȚIA ACTUALĂ	DEBIT (l/s)	TEMPERATURA APEI LA CAPUL SONDEI (°C)
1	2	3	4
4058 SACUIENI	În rezervă	11,5	82
752 -II-	În rezervă	3,0	76
4076-II-	În rezervă	11,5	85
4691-II-	În producție	7,5	81
4692-II-	Conservare	10,0	60
1704-II-	În producție	13,0	83

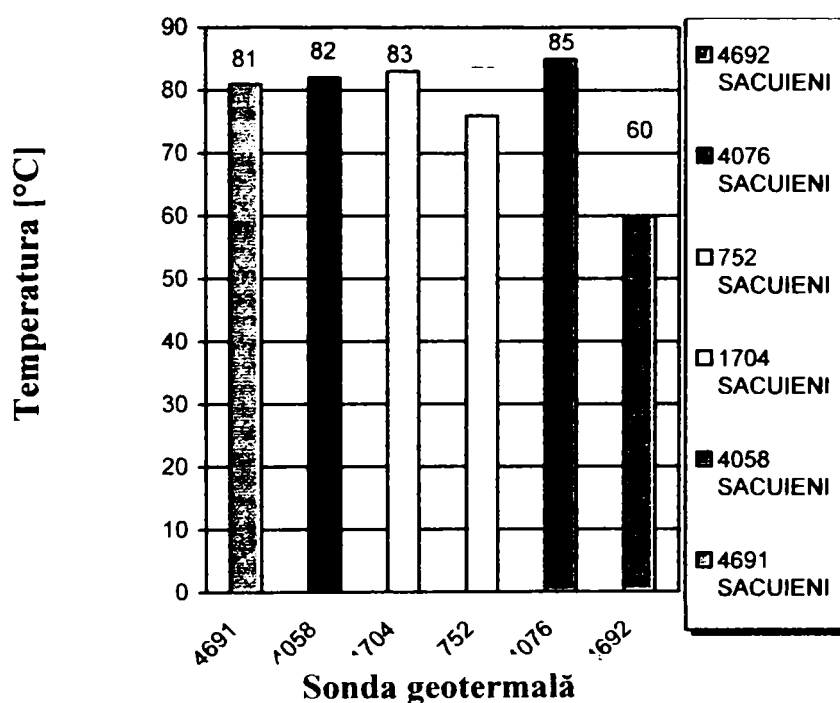


Figura 4.9. Temperaturile apei la sondele geotermale din perimetrul Săcuieni

Analizând datele prezentate tabelar și grafic, se constată următoarele:

- Apele geotermale din acest perimetru sunt de tip bicarbonatat-sodic-iodurat;
- Mineralizația depășește 11 g/l;
- Duritatea depășește 17 grade germane;

- Apele conțin substanțe poluante, cum ar fi: ioni de amoniu, fenoli, acid metaboric și substanțe organice, între limitele:
 - ✓ NH_4^+ : 5,0 ÷ 12 mg/l;
 - ✓ fenoli: 2,8 ÷ 7,5 mg/l;
 - ✓ HBO_2 : 38,2 ÷ 58,4 mg/l;
 - ✓ Substanțe organice: 48,7 ÷ 56,2 mg/l.

Gazele care însoțesc apele geotermale din acest perimetru sunt alcătuite, în principal, din CH_4 , dar s-au semnalat prezențe de O_2 , N_2 și gaze rare. Odată cu creșterea pH-ului, se observă dispariția CO_2 , la sonda 4691. Apele geotermale din perimetrul Săcuieni conțin, de asemenea, cantități considerabile de H_2S , între 5 ÷ 28 mg/l.

Testele de laborator și experiența de șantier, confirmă faptul că aceste ape au tendința de a depune CaCO_3 , în cantități de 14 ÷ 50 mg/l.

Analiza crustelor depuse indică următoarea compoziție:

- ❖ CaCO_3 , în concentrație de 94,5%;
- ❖ MgCO_3 , în concentrație de 1%;
- ❖ CaSO_4 , în concentrație de 0,92%;
- ❖ SiO_2 , în concentrație de 1%;
- ❖ $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, în concentrație de 2,5%.

Coroziunea, datorată (probabil), în principal, prezenței H_2S , este caracterizată de următoarele valori:

- Sonda 752:
 - Viteza de coroziune: 16,64 g/m²/zi;
 - Indicele de penetrație: 0,77 mm/an.
- Sonda 4058:
 - Viteza de coroziune: 21,525 g/m²/zi;
 - Indicele de penetrație: 0,99 mm/an.
- Sonda 4691:
 - Viteza de coroziune: 15,47 g/m²/zi;
 - Indicele de penetrație: 0,72 mm/an.

Nu se constată o bună corelare a indicilor de coroziune cu conținutul în H_2S al apelor. De exemplu, cel mai mare conținut de H_2S se constată în cazul sondei 4691 (27,70 mg/l), iar viteza cea mai mare de coroziune, în cazul sondei 4058, cu un conținut de H_2S de 6,63 mg/l.

La sonda 4691 s-a observat, de-a lungul timpului, o creștere a conținutului de H₂S și sulfuri (produse de coroziune). De altfel, experiența de șantier indică o creștere a corozivității apelor geotermale din perimetrul Săcuieni, odată cu trecerea anilor.

4.3.2. Tehnologii de tratare a apelor geotermale din perimetrul Săcuieni

4.3.2.1. Dedurizare - decarbonatare

Pentru prevenirea formării crustelor de carbonați în instalații, apa produsă din sondele forate în perimetrul Săcuieni, trebuie să fie tratată chimic în regim continuu. Tratarea apei se face folosind o soluție de tripolifosfat de sodiu, dozată direct în gaura sondei. Concentrația soluției folosite este de 1÷4%, la un debit specific de 5÷7 mg /l·s⁻¹, în funcție de mărimea debitului de apă produs de sondă.

Complexul acvifer geotermal de la Săcuieni este generat în baza ponțianului reprezentat prin nisipuri neconsolidate sau slab consolidate, cu granulație predominant fină, cu intercalații de marne și argile, însumând o grosime cuprinsă între 200-300 m și cu o porozitate de 25%.

Limita Pannonian Superior – Pannonian Inferior este cuprinsă între adâncimile de 440 – 1700 m.

Temperatura medie a colectorului la adâncimea de 1700 m, este de 98°C, gradientul geotermic mediu fiind în această zonă de circa 5,4°C/100m.

Debitele potențiale inițiale ale sondelor în regim eruptiv, sunt cuprinse între 7 l/s și 35 l/s, temperatura apei la gura sondei având valori cuprinse între 60°C și 92°C.

4.3.2.2. Degazarea

Gazele asociate cu apa geotermală produsă de la sondele exploatare au o compoziție în care predomină metanul (CH₄). Spre exemplu, la sonda 4691, rația de gaze este de circa 2,0 Nm³/m³ apă produsă, iar la sonda 4076, rația de gaze este de circa 2,18 Nm³/m³ apă produsă; compoziția gazelor analizate este următoarea: metan (CH₄): 67%, bioxid de carbon (CO₂): 24% și azot: 8%.

Toate sondele din perimetrul Săcuieni produc în regim eruptiv, apa geotermală fiind transportată prin conducte de 150 mm, pe distanțe de 5-10 m, până la intrarea în degazoarele tip cisternă, unde gazele se separă și se evacuează în atmosferă. Apa este apoi pompată și transportată prin conducte de 50 – 200 mm, către instalațiile utilizatoare.

Pierderile de căldură la transportul apei prin conducte sunt în general foarte mari, putând determina căderi de temperatură de ordinul a 4°C-10°C între capul sondei și intrarea în instalațiile utilizatoare, datorită faptului că rețelele de apă geotermală sunt prost întreținute, neetanșe și adesea complet neizolate termic.

Apa de la sondele exploatate în perimetrul Săcuieni, deși temperatura este mai mare de 35°C, admisă prin NTPA 001-2002, este evacuată în canalul Ier. Utilizatorii de apă geotermală au sarcina de a asigura condițiile de evacuare, conform legislației în vigoare.

4.3.3. Valorificarea apelor geotermale din perimetrul Săcuieni

Volumul de apă geotermală extras prin sondele active, în perioada 1970-1995, a fost estimat la 11,327 mil. m³. În anul 2001, s-au extras din zăcământ 37.324 m³ apă geotermală, adică un echivalent energetic de 928 Gcal, din care 697 Gcal de la sonda 4691 și 231 Gcal de la sonda 1704.

Sonda 4058 a fost prima sondă dată în exploatare în perimetru, la nivelul anului 1971; la testele inițiale, sonda producea apă geotermală în regim eruptiv, la un debit maxim de 35 l/s și temperatura apei la capul de exploatare de 81°C; ulterior, debitul nominal al sondei a fost stabilizat la 11,5 l/s și temperatura la 82°C, aceștia fiind parametrii nominali pe care s-a bazat proiectarea primelor instalații termice de suprafață, cuplate la sondă.[12][64][81]

Schema primei instalații de utilizare a apei geotermale, realizată în perimetrul de exploatare Săcuieni, cuplată la sonda 4058, este prezentată în figura 4.10.

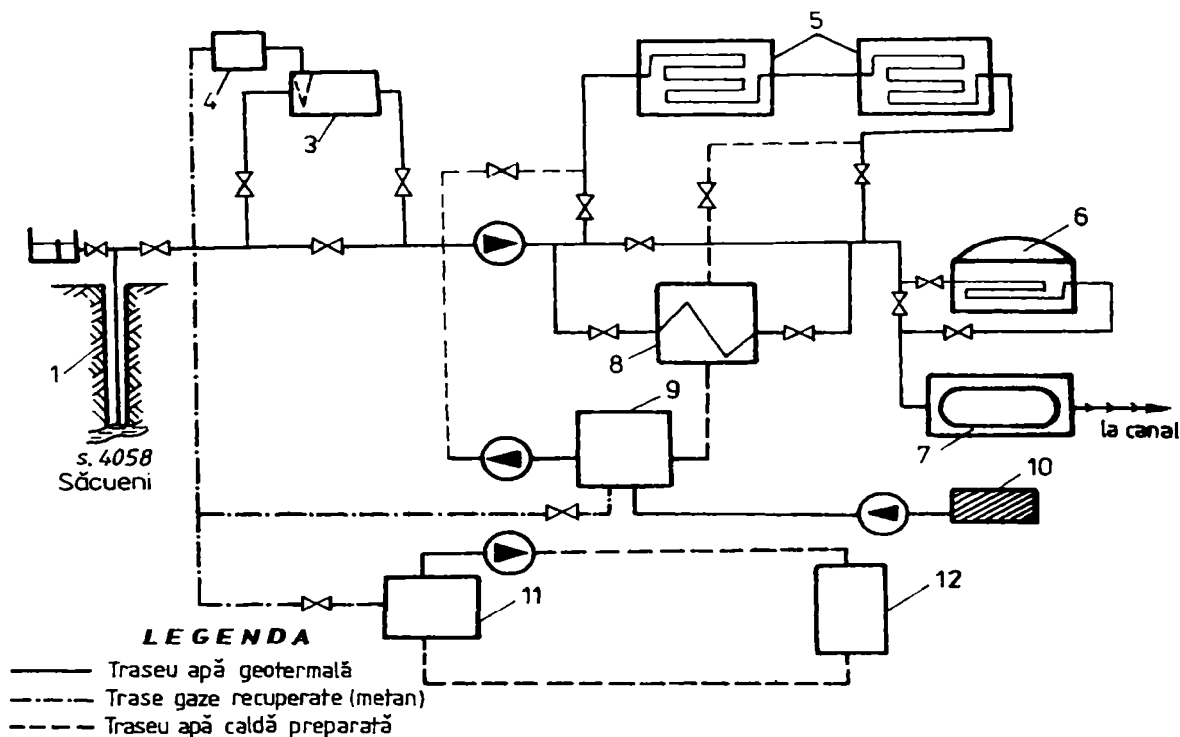


Figura 4.10. Schema instalațiilor de utilizare a apei geotermale, cuplate la sonda 4058 din comuna Săcuieni, jud. Bihor[12]

1 – sonda de producție 4058; 2 – deversor triunghiular pentru măsurarea debitului; 3,4 – degazor cu instalație de captare a gazelor combustibile (metan); 5 – sere încălzite indirect cu apă geotermală (2 ha); 6 – solarii încălzite direct cu apă geotermală; 7 – bazin de agrement cu apă geotermală; 8 – schimbător de căldură geotermal; 9,10 – cazan de vârf și gospodărie de combustibil lichid (CLU); 11 – cazan de vârf pe gaz metan recuperat din apa geotermală; 12 – crescătorie de porci.

Modul de utilizare a apei produse de cele trei sonde – două active și una trecută în rezervă, din perimetrul Săcuieni, în ultima perioadă, este după cum urmează:

- Sonda 1704 – este utilizată pentru încălzirea spațiului aferent Băncii Agricole, în sezonul rece, și pentru agrement – la ștrandul comunal – pe timp de vară.
- Sonda 4058 – a fost utilizată numai în sezonul rece, pentru: încălzirea serelor, a solarilor, a unor anexe gospodărești, hale industriale și a clădirilor administrative (cu birouri); a fost oprită din producție și trecută în rezervă în anul 1996; ea poate fi redeschisă la solicitarea unor beneficiari, însă va trebui să se prevadă fonduri pentru reabilitarea și modernizarea instalațiilor.
- Sonda 4691 – este utilizată numai în sezonul rece, pentru încălzirea unor hale de producție la fabrica de mobilă, încălzirea clădirilor administrative (birouri), încălzirea unei sere, încălzirea unui grup social.

4.4. Perimetrele de exploatare geotermală

Salonta și Ciumeghiu – jud. Bihor

Câmpia de Vest a României include în subsolul său zonele geotermale cele mai „fierbinți”, precum și cele mai importante perimetre de exploatare a apei geotermale, printre care și perimetrele Salonta și Ciumeghiu.[67][12][81]

Pe raza localităților Salonta și Ciumeghiu a fost evidențiat, prin lucrări de foraj executate în perioada 1977-1980, un zăcământ de apă geotermală, cantonat la adâncimi de 2000-2600 m, în gresii și microconglomerate de vârsta Pannonianului Inferior.[67][82]

În figura 4.11. este reprezentat planul de situație cu perimetrul de exploatare a apei geotermale Ciumeghiu – jud. Bihor.

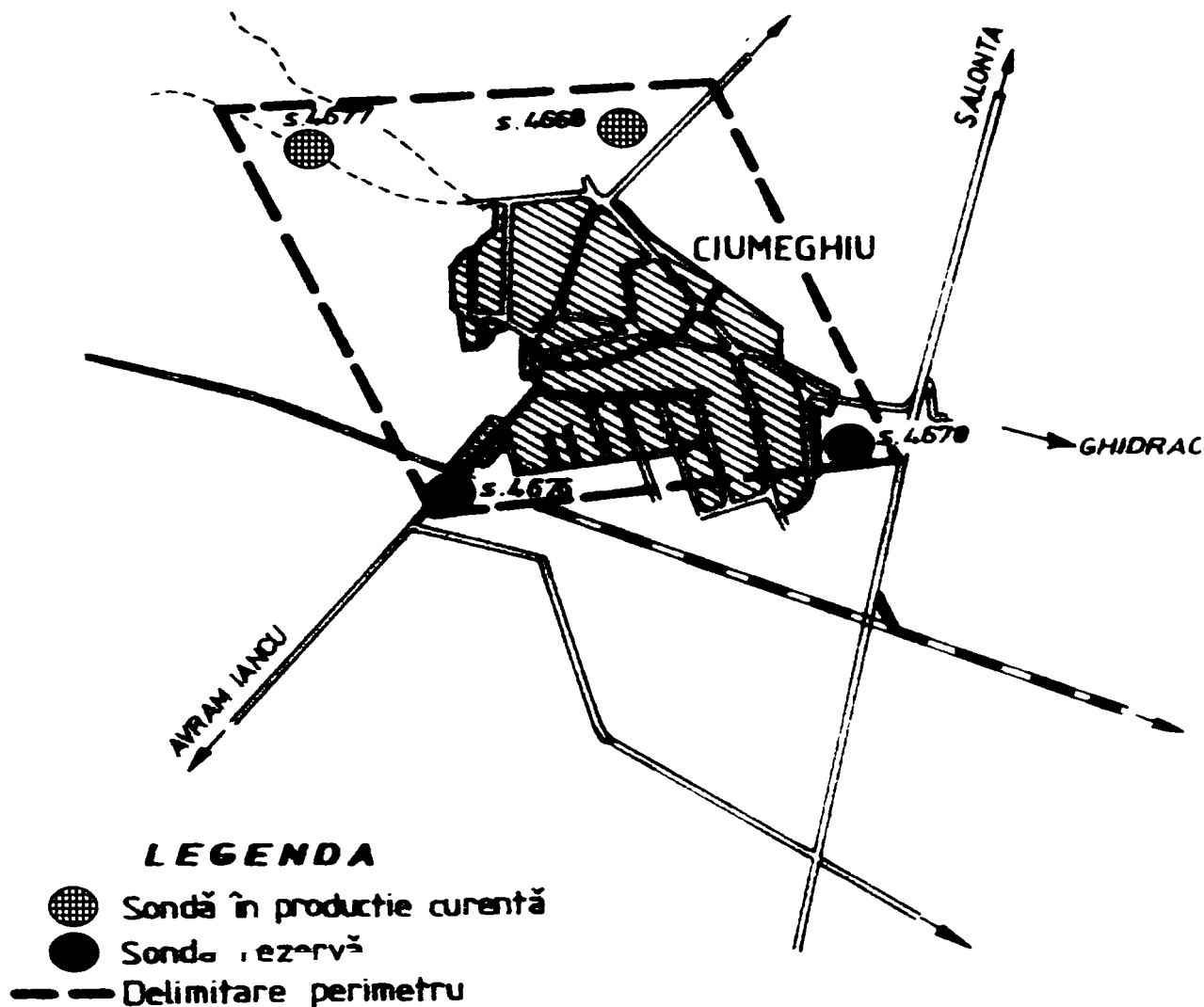
4.4.1. Caracteristicile apelor geotermale din perimetrele

Salonta și Ciumeghiu – jud. Bihor

Prima sondă de apă geotermală (sonda 4667) în perimetrul orașului Salonta din jud. Bihor, a fost forată și echipată în anul 1979; rezervorul interceptat este cuprins în intervalul 1520-1662 m.[12][81]

Localitatea Salonta are aproximativ 17500 locuitori și este situată la cca. 38 km spre sud-vest de Oradea.

Debitul eruptiv a fost apreciat la 27 l/s, iar temperatura apei la capul de exploatare a fost de 85°C.



**Figura 4.11. Perimetrul de exploatare a apei geotermale
Ciumeghiu, jud. Bihor - Plan de situație[12][81]**

Apa geotermală din acviferul Salonta este de tip clorosodic bicarbonatic, cu mineralizația totală de cca. 5g/l. Rația de gaze în apă, în care predomină metanul (86,6%), este cuprinsă între 1,5-2,7 Nm³/m³. [81][82]

Caracteristicile fizico-chimice ale apelor geotermale din perimetrul Salonta sunt redată în tabelele 4.16 și 4.17.

Tabelul nr.4.16.

SONDA	INTERVAL (m)	pH	DURITATE TOTALĂ grade germane	MINERALIZAȚIE TOTALĂ mg/l	SiO ₂ mg/l	FENOL mg/l	ACID METABORIC mg/l	SUBST. ORGANICE KmnO ₄ mg/l
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1706 Salonta	2005-2077	7,0	18,76	10367	33,0	4,10	89,4	85,4
4667 Salonta	1520-1662	7,2	2,18	5657	70,7	17,0	-	134,0

Tabelul nr.4.17.

SONDA	ANIONI (mg/l)			CATIONI (mg/l)					
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1706 Salonta	4471,0	1967,3	78,6	9,7	3500,0	55,8	125,0	37,6	0,2
4667 Salonta	606,0	3278,8	48,5	19,2	1602,0	17,6	6,01	5,84	-

Debitele, temperatura și situația actuală a sondelor din perimetrul de exploatare Salonta sunt prezentate în tabelul 4.18.

Tabelul nr.4.18.

SONDA	SITUAȚIA ACTUALĂ	DÉBIT (l/s)	TEMPERATURA APEI LA CAPUL SONDEI (°C)
1	2	3	4
1706 Salonta	Conservare	4,0	84,0
4667 Salonta	În rezervă	8,0	72,0

Primele trei sonde, 4676, 4677 și 4678 din perimetrul Ciumeghiu, au fost realizate în perioada 1977-1980.

Localitatea Ciumeghiu are aproximativ 4500-5000 locuitori și este situată la cca. 45 km spre sud-vest de Oradea.

Zăcămintul de apă geotermală interceptat în zona Ciumeghiu este cantonat într-un rezervor format din gresii și microconglomerate, aparținând Panonianului inferior, la adâncimi între 2000-2603 m. Sondele forate în acest perimetru, au dat rezultate excelente: debitele arteziene fiind de 9-14 l/s, apă cu temperaturi de 95-105°C – măsurate la nivelul rezervorului.[12][81][82]

Sonda 4668, a fost realizată și testată în anul 1986, ea producând apă în perioada 1986-1993. În perioada de testare experimentală, la această sondă, s-a constatat una din cele mai

importante rații de gaze combustibile în apă. Determinările au scos în evidență următoarele valori: [81][82]

- debit de apă produsă: 8 l/s;
- temperatura apei: 105°C;
- rația de gaze: 7,06 Nm³/m³ apă, din care 81,8% CH₄ și 16,1% CO₂.

Sonda 4668 a produs timp de 8 ani (1986-1993) în regim cvasicontinuu, iar în anul 1993 a fost oprită pentru o intervenție tehnică, vizând refacerea etanșeității între coloane. După încheierea reparațiilor, sonda 4668 a fost folosită ca sondă de observație.[12][81][82]

Caracteristicile fizico-chimice, debitele și temperaturile apelor geotermale din perimetrul Ciumeghiu sunt prezentate în tabelele 4.19, 4.20 și 4.21.[67]

Tabelul nr. 4.19.

SONDA	INTERVAL	pH	DURITATE TOTALĂ grade germane	MINERALIZAȚIE TOTALĂ grade germane	SiO ₂ mg/l	FENOL mg/l	ACID METABORIC mg/l	SUBST. ORGANICE KmmO ₄ mg/l
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4668 Ciumeghiu	2290-2527	8,0	2,2	5744,0	77,6	-	40,5	-
4676 - II -	2185-2603	7,0	1,2	-	113,1	-	-	-
4678 - II -	2265-2385	7,6	15,6	5636,0	168,0	15,9	121,6	128,0

Tabelul nr.4.20.

SONDA	ANIONI (mg/l)			CATIONI (mg/l)					
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4668 Ciumeghiu	567,0	3343,0	55,6	16,0	1609,0	13,5	16,4	-	0,1
4676 Ciumeghiu	390,0	3684,0	46,9	-	1632,0	28,0	6,8	1,1	-
4678 Ciumeghiu	333,0	3423,0	62,3	12,5	1500,0	-	13,6	2,2	1,05

Tabelul nr. 4.21.

SONDA	SITUAȚIA ACTUALĂ	DEBIT (l/s)	TEMPERATURA APEI LA CAPUL SONDEI (°C)
1	2	3	4
4668 Ciumeghiu	În rezervă	7,0	94,4
4676 Ciumeghiu	Conservare	10,0	85,0
4678 Ciumeghiu	Conservare	10,0	85,0

Reprezentarea grafică a valorilor din buletinele de analiză ale apelor geotermale din perimetrele studiate, comparate cu reglementările și normativele în vigoare, sunt redată în figurile 4.12÷4.19.[67]

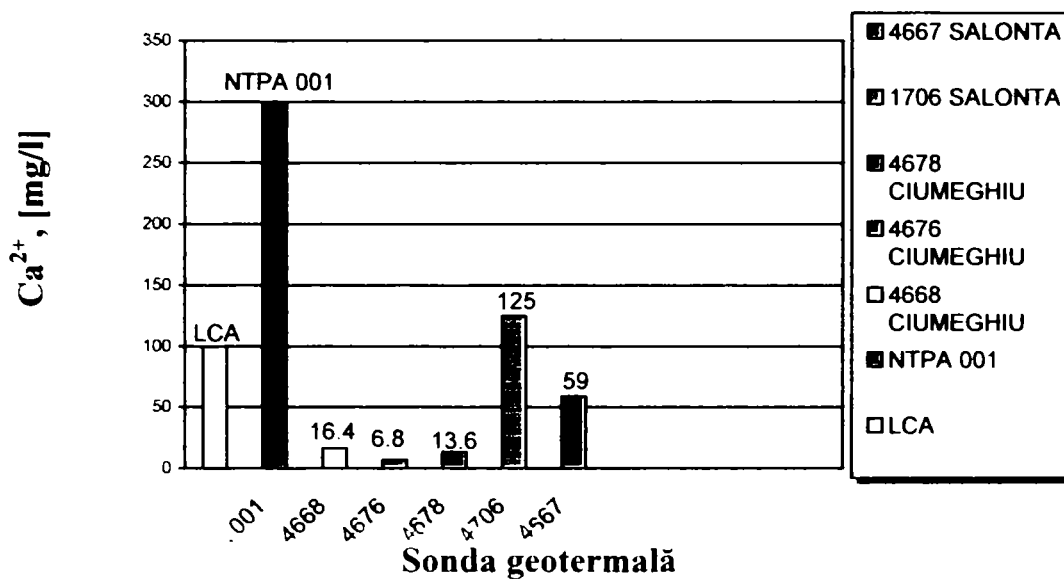


Figura 4.12. Cationii de Ca²⁺ la sondele geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu

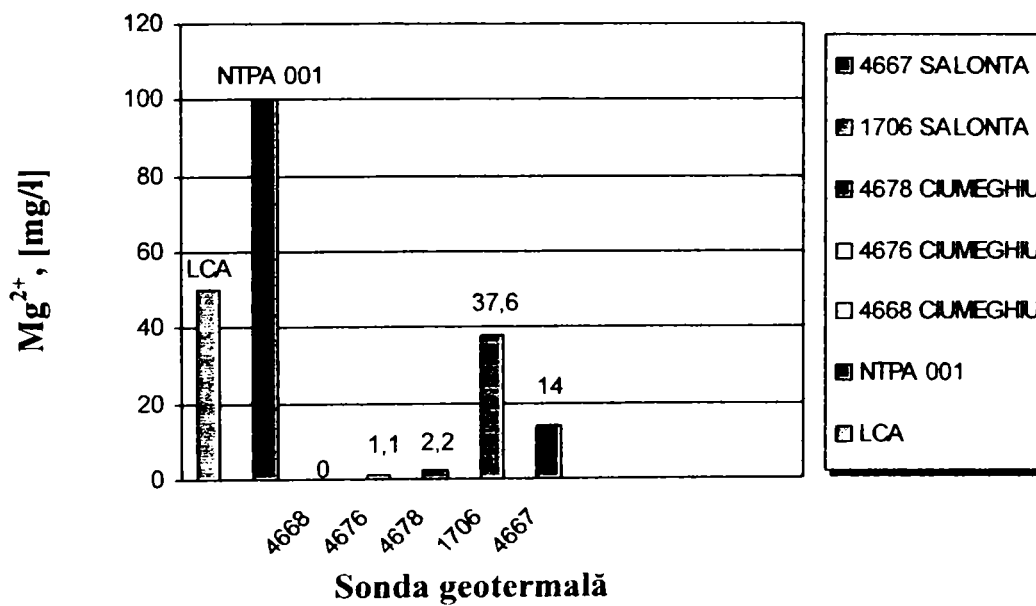


Figura 4.13. Cationii de Mg²⁺ la sondele geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu

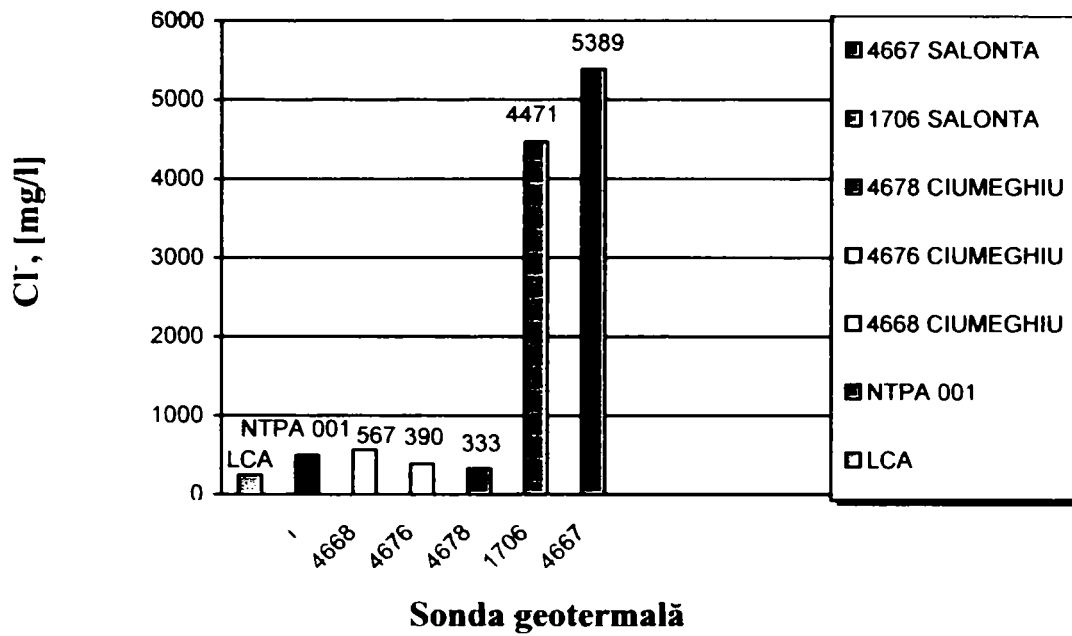


Figura 4.14. Anionii de Cl⁻ la sondele geotermale din perimetrele Salonta și Ciameghiu

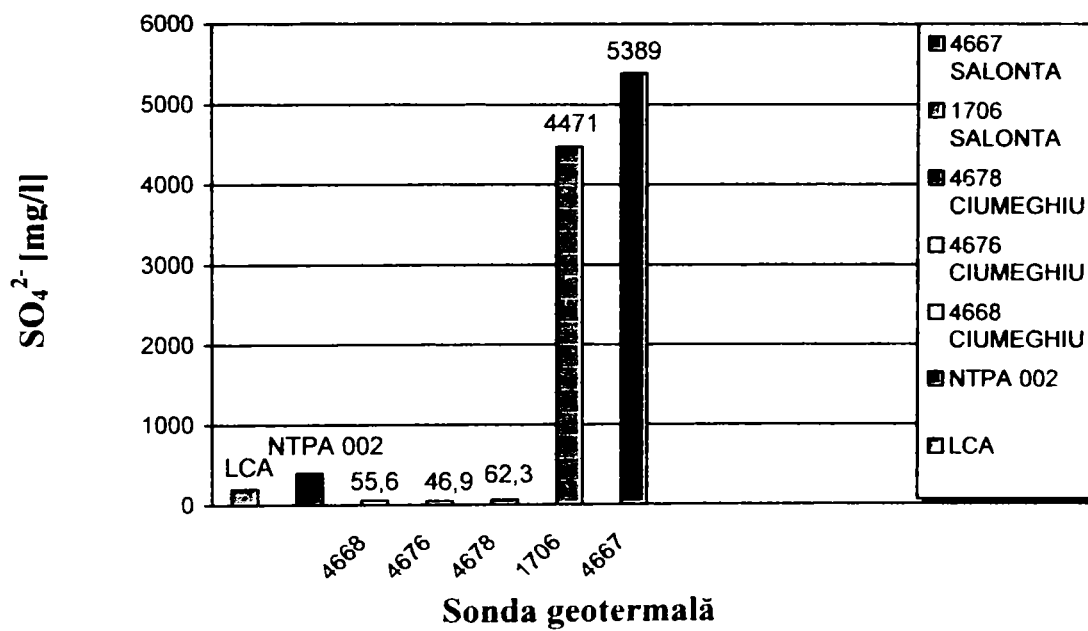


Figura 4.15. Anionii SO₄²⁻ la sondele geotermale din perimetrele Salonta și Ciameghiu

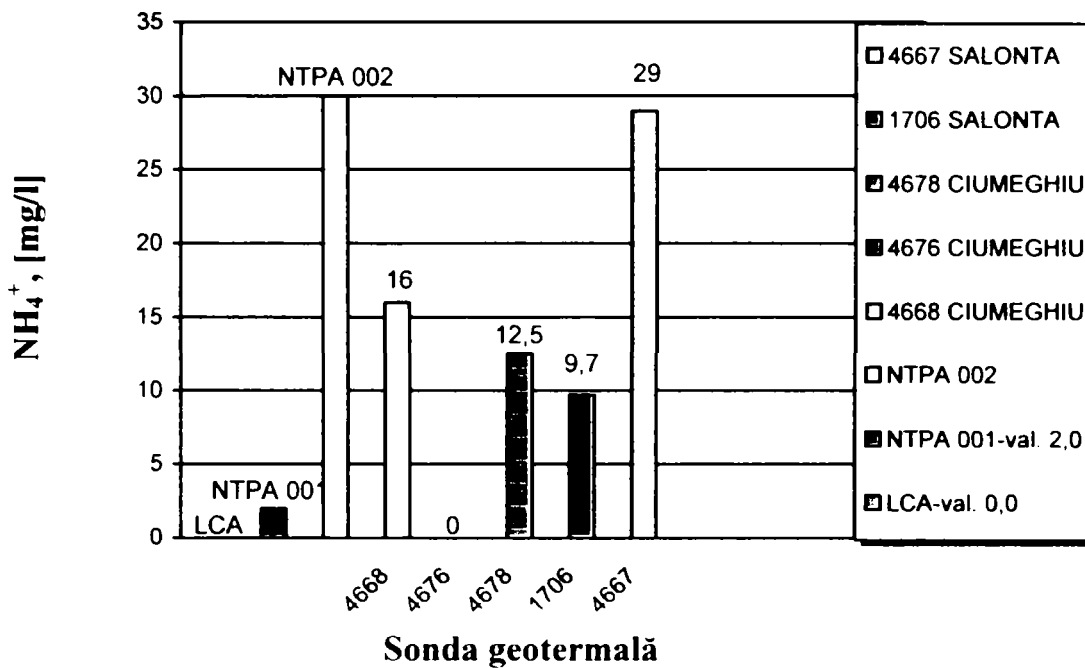


Figura 4.16. Cationii NH₄⁺ la sondele geotermale din perimetrele Salonta și Ciameghiu

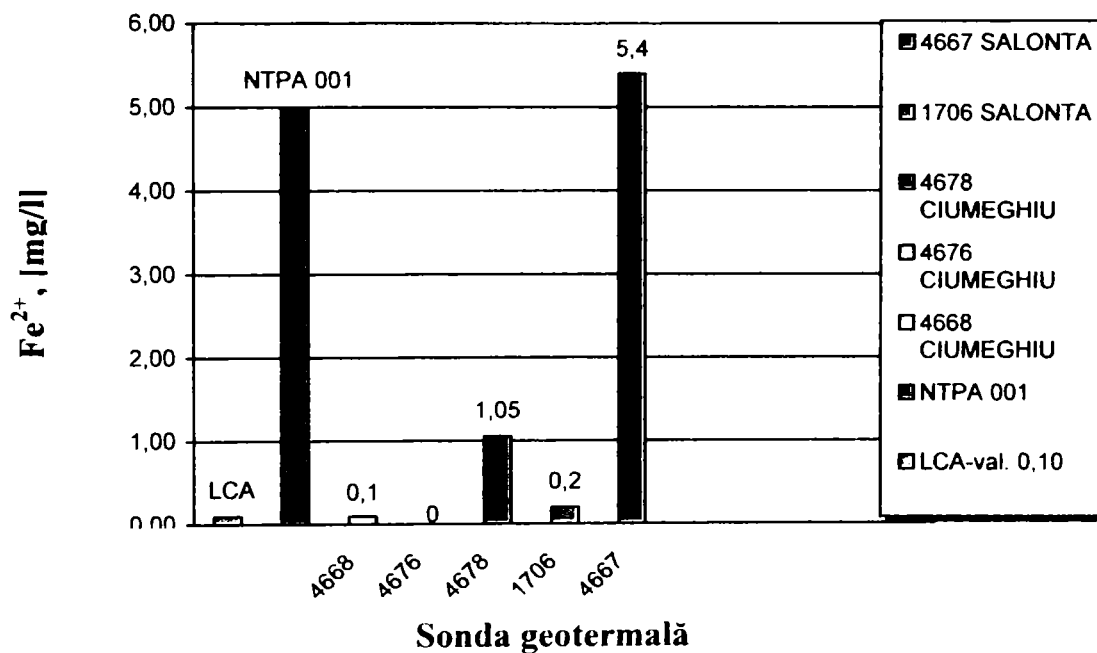


Figura 4.17. Cationii Fe²⁺ la sondele geotermale din perimetrele Salonta și Ciameghiu

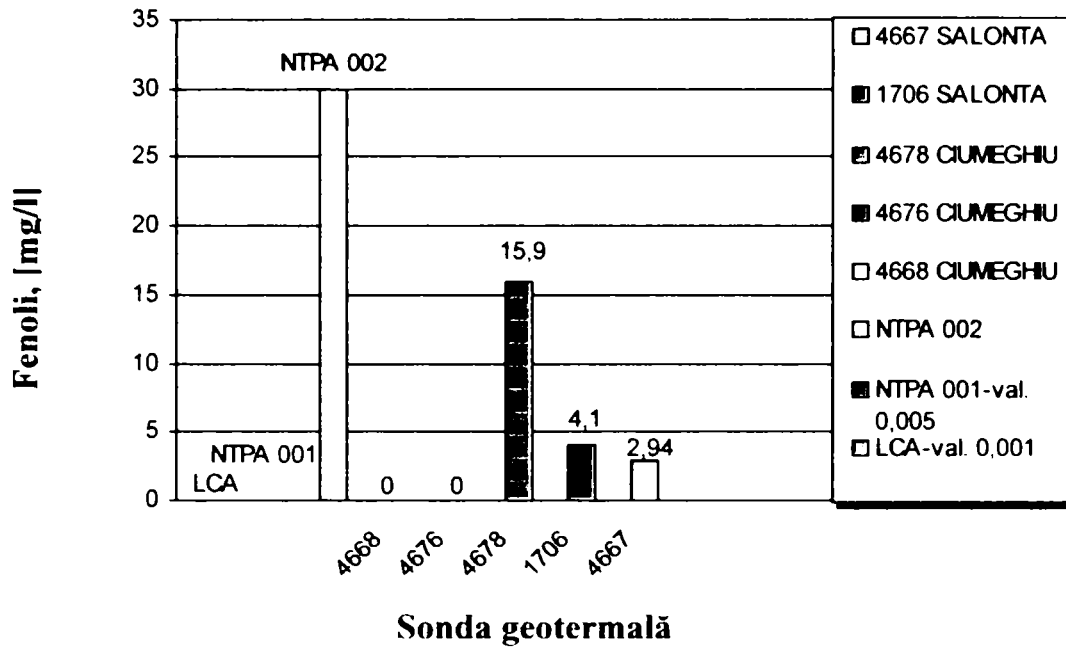


Figura 4.18. Concentrațiile fenolilor la sondele geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu

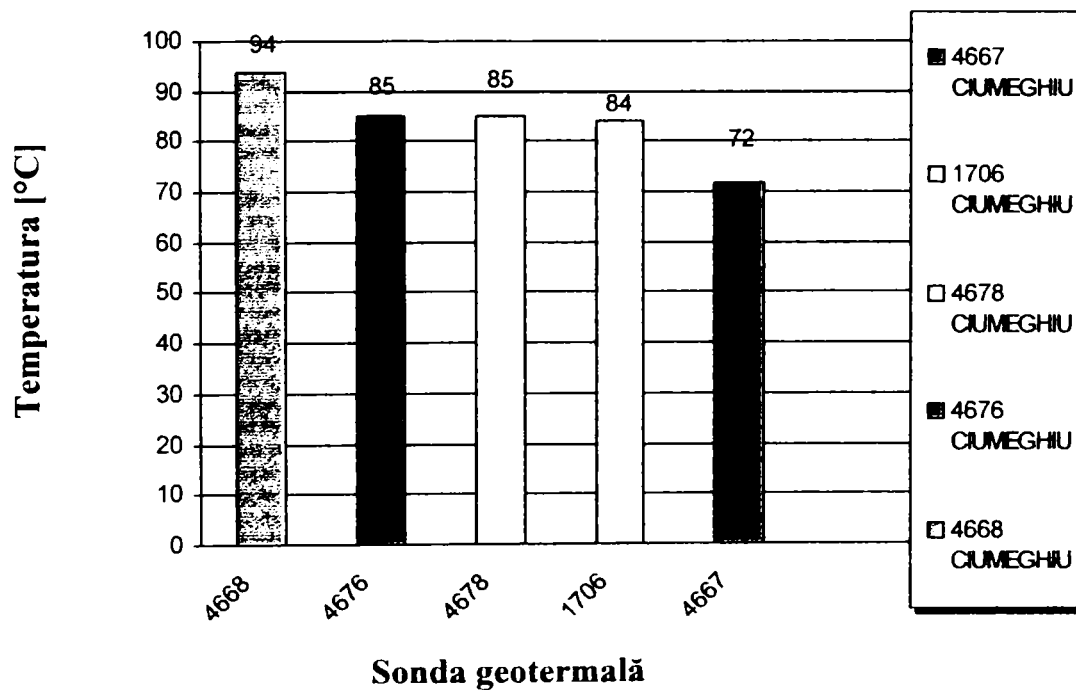


Figura 4.19. Temperaturile apei la sondele geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu

După cum rezultă din tabele, apa geotermală din perimetrul *Salonta* seamănă din punct de vedere al compoziției chimice, cu cea din perimetrele Săcuieni și Ciumeghiu. Se observă același caracter clorosodic-bicarbonatic și prezența aceluiași poluanți:

- ✓ fenoli: 4,10 ÷ 17,0 mg/l;
- ✓ NH_4^+ : 9,7 ÷ 29,0 mg/l;
- ✓ H_2S : 12,92 mg/l.

Se observă lipsa CO_2 , existând însă oxigen dizolvat, în concentrație de 6,14 mg/l.

În urma măsurătorilor efectuate în laborator, s-a constatat că viteza de coroziune este de 16,99 g/m²/zi, iar indicele de penetrație 0,79 mm/an.

Apa geotermală din acest perimetru (Salonta) depune carbonat, în cantitate de 25,5 mg/l.

Analize asupra apei geotermale produse de sonda 4668, din perimetrul *Ciumeghiu*, indică o creștere a ionilor de Ca^{2+} și SO_4^{2-} , pe direcția N-V spre S-E.[82]

Din grupa compușilor poluanți, apa geotermală din perimetrul Ciumeghiu conține:

- ✓ fenoli: 15,9 mg/l;
- ✓ NH_4^+ : 12,5 ÷ 16,0 mg/l;
- ✓ H_2S : 14,0 ÷ 16,0 mg/l.

Sunt prezente, alături de H_2S și alte gaze, cum ar fi: CO_2 , O_2 și CH_4 . [12][81][82]

Dacă în cazul O_2 , analizele au evidențiat cantități constante, cuprinse între 3,2 ÷ 4,0 mg/l, în cazul CO_2 , cantitatea a scăzut, odată cu trecerea timpului, de la 61,18 mg/l la 0,4 mg/l; odată cu acestea, pH-ul crește.

În urma analizelor de laborator, s-a constatat că apa geotermală produsă de sonda 4668 din perimetrul Ciumeghiu, depune între 33 ÷ 90 mg CaCO_3 /l apă geotermală.

Viteza de coroziune aferentă sondei 4668 Ciumeghiu este de aproximativ 8,26 g/m²/zi.

4.4.2. Tehnologiile de tratare a apei geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu

Compoziția chimică a apei geotermale din perimetrul Salonta, fiind de tip clorosodic – bicarbonatic, pentru a se preveni depunerea de cruste în instalații, apa produsă din sondele forate trebuie să fie supusă unui proces de *dedurizare* – folosind metoda chimică cu reactivi. Tratarea se va realiza prin dozarea soluției de reactivi direct în sonda de foraj. După utilizare, apa uzată geotermală din acest perimetru, trebuie să fie *deferizată*, *defenolizată* și *răcită*, pentru a se respecta normele impuse la descărcarea în emisari sau în rețelele de canalizare.[67]

Din analiza compoziției chimice a apelor geotermale din cele două perimetre, a rezultat că apa extrasă din perimetrul de exploatare Ciumeghiu, este de o calitate mai bună; aceasta nu

necesită tratare la gura sondei, însă, înainte de evacuare, va trebui să fie supusă proceselor de *defenolizare* și *răcire*. Apele geotermale exploatare din perimetrele Salonta și Ciumeghiu având un conținut ridicat de gaze, trebuie să fie supuse și proceselor de *degazare*. În cazul apei geotermale extrase din perimetrul Salonta, rația de gaze în apă este de 1,3-2,7 Nm³/m³, iar ponderea metanului este de cca. 86,6%; în perimetrul Ciumeghiu, rația totală de gaze atinge valori semnificative, de ordinul a 7,06 Nm³/m³ apă (din care 81,8% metan).

4.4.3. Valorificarea apelor geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu

În perimetrul Salonta (perioada 1981-1995), apa geotermală și gazele recuperate din apă la gura sondei 4667, au fost valorificate de fostul CAP Salonta (înainte de 1990), societatea AGRINSAL Salonta (după 1990) și regia locală de producere și distribuție a căldurii la consumatorii urbani (fost IJGCL Salonta). Din anul 1996, sonda a fost închisă și trecută în rezervă.[12][81][82]

Nivelul hidrostatic măsurat în sondă la data închiderii acesteia, a fost de cca. – 32,00 m. Acest fapt înseamnă că sonda nu va putea fi repornită prin simpla deschidere a ventilului „pe liber”, ci printr-o operațiune de liftare cu aer comprimat, sau cu o pompă submersibilă.

În anul 1995, prin înlocuirea parțială a conductelor de transport al apei și a instalațiilor din serele încălzite direct cu apa geotermală – la care s-au constatat depuneri de cruste foarte pronunțate – debitul sondei a crescut la 8 l/s, cu temperatura la capul de exploatare de 72°C ; sonda a fost capabilă să furnizeze apă geotermală, timp de cca. 100 zile, în ultimul sezon în care a funcționat (1995-1996), înainte de trecerea ei în rezervă.

Schema de distribuție și utilizare a resurselor (apă geotermală și gaze) furnizate de sonda 4667, timp de aproape 15 ani, beneficiarilor din orașelul Salonta, este prezentată în figura 4.20.

Cea de-a doua sondă geotermală forată în perimetrul Salonta – sonda 1706 – nu a avut niciodată consumatori cuplați, sonda având de la început un potențial de debitare arteziană redus, 4 l/s și temperatura la capul de exploatare de 84°C. Din lipsă de utilizatori, după finalizarea testării și încheierea perioadei de producere experimentală de apă, sonda a fost trecută în conservare, situație în care se află și în prezent.[12]

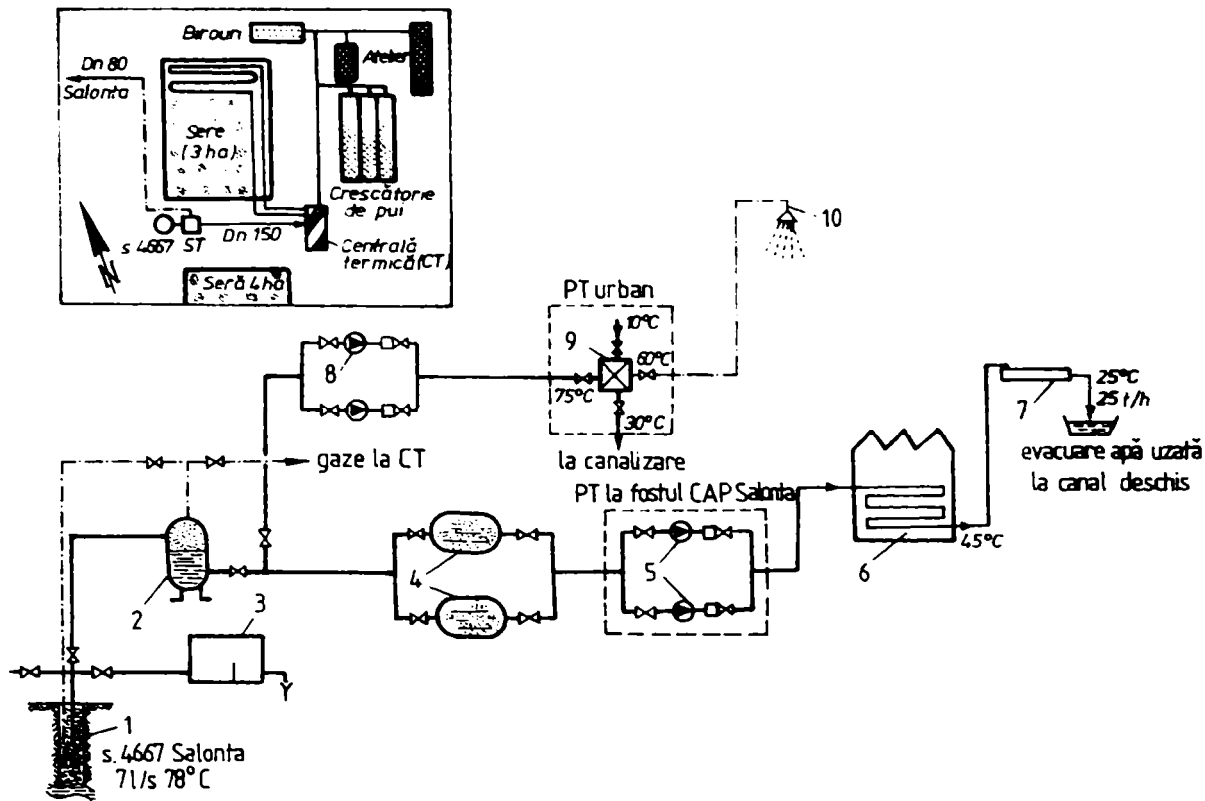


Figura 4.20. Schema de utilizare a apei geotermale pentru alimentarea cu căldură a unor consumatori agroindustriali și urbani, din orașul Salonta, jud. Bihor[12]

1 – sonda de producție 4667; 2 – degazor captare gaze; 3 – deversor triunghiular, măsurare debit; 4 – rezervoare orizontale, stocare apă geotermală; 5 – stație de pompare (AGRINSAL); 6 – sere încălzite direct cu apă geotermală; 7 – consumatori de încălzire; 8 – stație de pompare (IJGCL Salonta); 9 – schimbător de căldură geotermal pentru preparare apă caldă de consum distribuită la consumatorii urbani; 10 – consumatori de apă caldă menajeră.

În perimetrul geotermal Ciumeghiu, captarea și valorificarea gazelor de sondă este condiționată de crearea condițiilor de producere curentă și valorificare eficientă prealabilă a resurselor sub formă de apă, deci de identificarea unor consumuri termice de nivel moderat (încălzirea locuințelor și apă caldă menajeră, încălziri și apă caldă tehnologică la unități agro-industriale locale etc.), care să solicite cantitățile de căldură, pe care sondele existente în perimetru le pot asigura atât sub formă de apă caldă, cât și sub formă de gaze combustibile (CH_4).[12][67][81]

În cazul acviferelor Salonta și Ciumeghiu, rațiile de gaze ating valori semnificative, de la minimum $1,3 \text{ Nm}^3/\text{m}^3$ apă (90% metan) în cazul sondei 4667 Salonta, până la $7,06 \text{ Nm}^3/\text{m}^3$ apă (81,8% metan) în cazul sondei 4668 Ciumeghiu.[12][67][81][82]

Valorificarea acestor gaze este condiționată de găsirea unor utilizatori de ape geotermale.

Din analiza compoziției fizico-chimice a apelor geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu, a rezultat ca necesară tratarea acestor ape pentru a evita depunerile de cruste pe instalații, poluarea termică a emisarilor etc.[67]

4.5. Perimetrul de exploatare geotermală Marghita, jud. Bihor

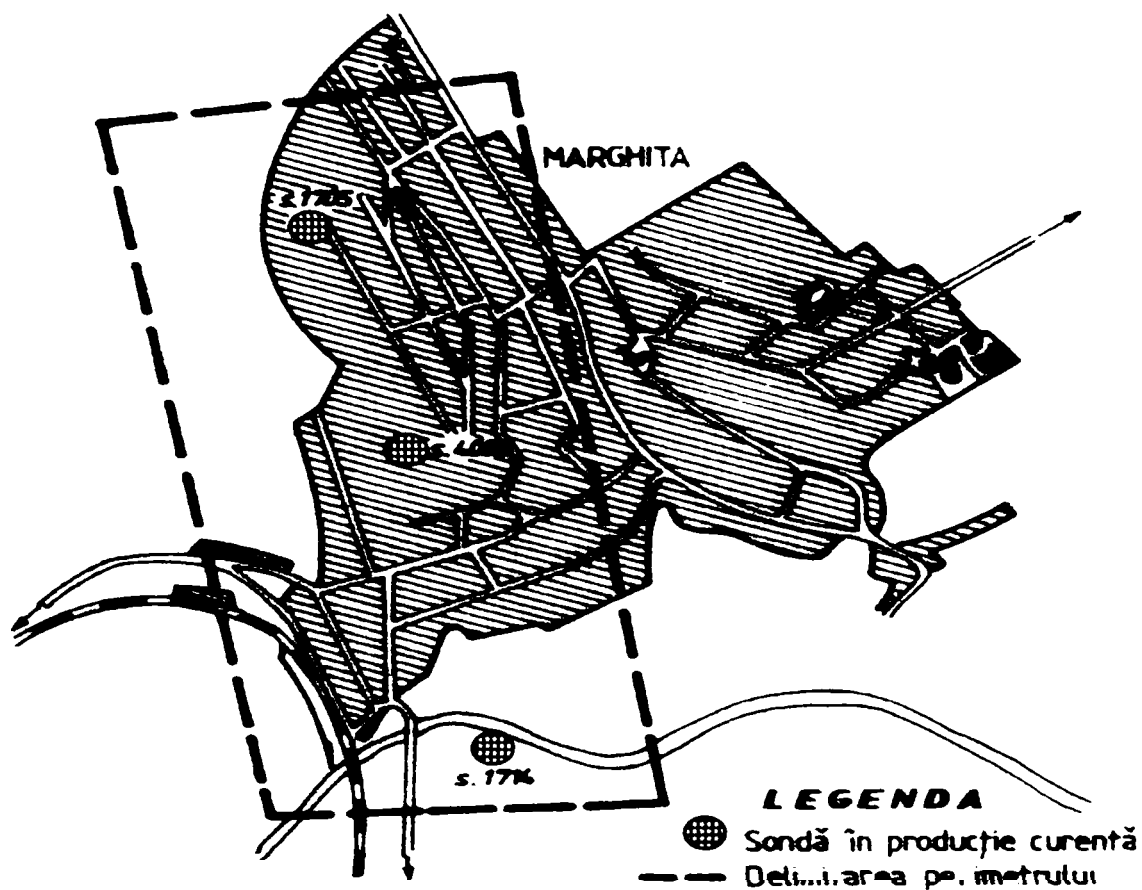


Figura 4.21. Perimetrul de exploatare geotermală Marghita, jud. Bihor – plan de situație[12][82]

În figura 4.21 este reprezentat planul de situație cu perimetrul de exploatare a apei geotermale Marghita – jud. Bihor.

Localizat în Câmpia de Vest, la cca. 50 km NE de Oradea, în sistemul Crișul Negru-Someș, acviferul interceptat în perimetrul de exploatare a apei geotermale Marghita a fost cercetat începând din anul 1972, prin primul foraj (sonda 4089), executat de IFLGS București. În același an, sonda 4089 a fost dată în exploatare experimentală, cu un debit inițial de 6 l/s și 64°C – temperatura apei produse la capul sondei.[12][81][82]

Apa a fost oferită spre utilizare regiei locale de distribuție a energiei termice (RAGCL Marghita), la punctele termice urbane, precum și spitalului din Marghita. Primele folosințe energetice au fost cele pentru prepararea de apă caldă de consum, pentru încălzirea serelor, inclusiv pentru tratamente de fizioterapie și agrement la ștrandul termal comunal, în treptele finale de utilizare.

În anul 1981 au fost săpate și sondele 1705 și 1714 Marghita tot de către IFLGS – București.

La ora actuală, sondele în producție existente în perimetrul Marghita sunt: sonda 4089, sonda 1705 și sonda 1714. Utilizarea apei geotermale produse de aceste sonde are următoarele caracteristici:[12][82]

- ✓ Sonda 4089 (0,879 MWt – putere nominală la 6,0 l/s, 65°C)

În perioada 1972 – 1985 sonda a produs artezian un debit cuprins între 6-10 l/s și 65°C. utilizată pentru: încălzirea serei de flori, preparare de apă caldă la baia publică, pentru fizioterapie la spitalul din Marghita și pentru agrement la ștrand. Din anul 1985, prin darea în exploatare a celorlalte două sonde, sonda 1705 și sonda 1714, debitul sondei 4089 a scăzut la 2 l/s și temperatura la 57°C, iar în perioada septembrie 1989 – august 1996, sonda 4089 s-a oprit din debitare eruptivă. Influența cea mai pronunțată în acest sens a fost cea a sondei 1705, care a început să fie exploatată prin pompare, la un debit de peste 10 l/s.

În prezent, sonda 4089 este exploatată la parametrii reduși: debit de 1 l/s și 47°C temperatură, apa produsă fiind utilizată direct la spitalul de fizioterapie, în diferite proceduri balneare și la o unitate militară din localitate – pentru încălzire spațială și apă caldă de consum. Ambii beneficiari utilizează apa, timp de trei ore pe zi, 300 de zile pe an (circa 900 de ore pe an).

Volumul cumulativ de apă extrasă prin această sondă până la finele anului 1996 era de 341712,6 m³ – echivalent energetic brut produs: 415980 GJ sau 9464,2 tep.

Potențialul energetic brut de producere (prin pompare) al sondei 4089 este de 27719 GJ, iar cel de producție arteziană, la parametrii limitați – maximum 2174 GJ (sub 8%).

Energia utilă, ținând cont de tipologia utilizărilor actuale ale apei este de maximum 1301 GJ pe an (randament mediu al utilizării de 59,8%).

Rezerva de energie disponibilă, în ipoteza producerii sondei, prin pompare submersibilă la parametrii potențiali este de 25545 GJ – echivalentul încălzirii și apei calde de consum pentru un număr de 426 de locuințe convenționale sau alte consumuri termice echivalente.

- ✓ Sonda 1705 (2,637 MWt – putere nominală la 15,0 l/s, 72°C)

Sonda a fost realizată în anul 1981, deschisă prin perforaturi în intervalul 1280 – 1450 m, pentru a intercepta acviferul din baza Ponțianului. După probele de producție, sonda a dat debitul artezian de 10 l/s și 69°C temperatură la capul de exploatare. Nivelul dinamic maxim obținut a fost de +1,50 m de la sol, iar presiunea statică de 0,80 bari.

În perioada 1981-1982, de exploatare de probă a sondei 1705, din cauza interferenței cu sonda 4089, debitul eruptiv a scăzut la 5,0 l/s, cu temperaturi de 69-71°C ale apei, la capul de exploatare. Începând din februarie 1985, sonda nu a mai produs

eruptiv, iar din iunie 1985 a fost trecută pe exploatare cu pompa Mamuth (ulterior cu pompă HEBE). Până în octombrie 1992, debitul pompat a fost de 5 l/s și 72°C, nivelul dinamic coborând la - 11,00 m de la sol.

Între noiembrie 1992 și mai 1993, sonda a fost oprită, pentru că beneficiarul principal – IJGCL Marghita – nu a mai solicitat preluarea apei ca resursă energetică. În mai 1993, sonda a fost repusă în exploatare cu pompă Mamuth, fiind produsă o perioadă cu debitul de 3,2 l/s și temperatura 68°C (nivel dinamic: -5,5 m).

Prin înlocuirea pompei Mamuth cu o pompă submersibilă tip HEBE (fixată la 30,00 m), sonda a asigurat un debit de 7 l/s și 73°C (nivel dinamic: - 11,00 m de la sol). În perioada mai – septembrie 1996, cât sonda a fost exploatată prin pompă submersibilă, parametrii stabiliți obținuți au fost de: 5 l/s și 72°C temperatură, plaja de variație a nivelului dinamic al apei în sondă fiind de -7,0 m...+7,5 m, de la sol.

În exploatarea curentă în sistem *aer-lift*, parametrii obținuți au fost de 3,5 l/s, 64°C temperatura apei și -7,0...+7,5 m nivel dinamic.

Utilizările termice ale apei produse în toată această perioadă de încercări de stabilizare a parametrilor sondei au avut durată de maxim 3 ore pe zi, apa fiind folosită de către beneficiarii: S.C. HOTEL-ȘTRAND, pentru agrement și respectiv la Spitalul de Fizioterapie, în diverse proceduri fizio-terapeutice.

Între 1981 și 1996, volumul cumulativ de apă geotermală extrasă din sonda 1705, a fost de 1,734 mil. m³ – echivalent energetic: 291,261 TJ sau 6626,7 tep.

Potențialul energetic brut – în ipoteza exploatării sondei prin pompare, la parametrii nominali (maximi potențiali) de 15 l/s și 72°C – este estimat la circa 83166 GJ pe an.

La parametrii medii actuali de exploatare prin pompare, cu durate de producție-utilizare limitate în funcție de cererea beneficiarilor actuali, energia produsă de sondă ajunge până la maximum 10226,4 GJ (12,3%), din care energia utilă reprezintă numai 27,8% (2839 GJ/an).

Rezerva anuală brută de energie disponibilă pentru noi utilizatori cuplați la această sondă, în ipoteza producerii ei prin pompare submersibilă la parametrii maximi potențiali, este de 72939 GJ – echivalentul încălzirii și apei calde de consum pentru circa 1215 locuințe convenționale sau alte consumuri termice echivalente.

✓ Sonda 1714 (0,484 MWt – putere nominală, la 3,5 l/s și 63°C)

Sonda a fost săpată tot în anul 1981, în același acvifer cu celelalte două, deschisă prin perforare, la intervalul 1160-1322 m. La probele de producție, sonda a dat un debit artezian de 10 l/s și 64°C, cu o presiune dinamică de 0,1 bari și presiune statică de 1,5 bari.

Din 1983 și până la data de 31.10.1992 sonda a furnizat apă geotermală ca agent primar, la un punct termic urban al RAGCL, în care se prepară apă caldă menajeră distribuită la blocurile cu apartamente. O parte din debitul produs de sondă se folosea de către S.C. MECORD S.A. pentru încălzirea halelor de producție și birourilor, precum și pentru încălzirea sediului TRANSGEX – Secția Cimentări Ploiești din Marghita.

În perioada decembrie 1995 – septembrie 1996, sonda a produs în continuare artezian, dar la un debit mediu redus la 3,5 l/s și 63°C, pentru utilizare la MECORD (încălzire spațială) și încălzire la sediul TRANSGEX, iar vara, pentru apă caldă menajeră distribuită la câteva case particulare.

Din noiembrie 1992 și până în 1996, RAGCL Marghita nu a mai preluat apă geotermală la punctul termic, dar ulterior a revenit asupra deciziei și în prezent apa este din nou folosită la PTG – RAGCL, precum și la alți utilizatori.

După revenirea beneficiarului RAGCL în 1996, apa s-a utilizat din nou și la punctul termic urban. Sonda a continuat să debiteze artezian cu 3 l/s, 62°C, asigurând apă pentru următorii beneficiari și utilități termice:

- ❖ Beneficiar: RAGCL Marghita – pentru încălzire și preparare de apă caldă pentru blocurile de apartamente din centrul localității și locuințele particulare cuplate la PTG.
- ❖ Beneficiar: S.C. PETROS – Cimentări Ploiești – pentru încălzirea barăcilor de organizare șantier.
- ❖ Beneficiar: S.C. MECORD S.A. – pentru încălzire hale și clădiri cu birouri.

În întreaga perioadă de la darea în exploatare și până la finele anului 1996, prin sonda 1714 s-a extras un volum cumulat de apă geotermală, de circa 1,454 mil.m³, cu un echivalent energetic de 185536 GJ (4221 tep).

În total, între 1972 și decembrie 1996, prin cele două sonde existente în perimetrul Marghita, s-a extras un volum cumulat de apă geotermală de 6,6 mil.m³, căruia îi corespunde un echivalent energetic de 892772 GJ (20312 tep).

Deversarea apelor uzate termic nu prezintă dificultăți în acest perimetru, întrucât râul Barcău asigură o diluție corespunzătoare. Conform legislației în vigoare, rezolvarea problemelor tehnice și a cadrului legal privind deversarea în emisar a apei geotermale uzate, sunt obligații care revin utilizatorilor de apă.

În continuare, debitele de exploatare pe cele trei foraje vor fi variabile, în funcție de cerințele numeroșilor beneficiari și de necesarul de căldură al fiecăruia. În viitor, din perimetrul Marghita se poate exploata un debit cumulativ de circa 9-11 l/s, reprezentând un echivalent energetic orar brut, de 0,132 tep/h. Acviferul geotermal exploatat prin sondele active în

perimetru a prezentat totuși, pe parcursul ultimului deceniu al exploatării, o tendință de scădere continuă a energiei de zăcământ. De aceea, în acest perimetru, trebuie avut în vedere un plan cât mai exact de utilizare rațională, prin aplicarea de noi scheme și soluții de valorificare eficiente, inclusiv prin re tehnologizarea și modernizarea celor existente.

Apa geotermală produsă de cele trei sonde din perimetrul *Marghita* păstrează caracterul bicarbonato-cloro-sodic. Caracteristic apei geotermale din acest perimetru este faptul că nu conține SO_4^{2-} . Cantitățile de fenoli sunt mici, cuprinse între $0,41 \div 0,75$ mg/l, dar este prezent în cantitate suficient de mare ionul amoniu ($6 \div 9,5$ mg/l).

Caracteristicile chimice ale apei geotermale din perimetrul Marghita sunt prezentate în tabelele 4.22 și 4.23.

Tabelul nr.4.22.

SONDA	INTERVAL (m)	pH	DURITATE TOTALĂ grade germane	MINERALIZAȚIE TOTALĂ mg/l	SiO ₂ mg/l	FENOL mg/l	ACID METABORIC mg/l	SUBST. ORGANICE KmnO ₄ mg/l
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1705	1280-1450	7,7	1,7	3291	39,0	0,54	21,90	24,50
1714	1180-1322	7,4	2,58	3339,0	33,0	0,75	21,05	23,30
4089	985-1376	7,4	1,68	3143,9	42,5	0,41	28,80	18,36

Tabelul nr.4.23.

SONDA	ANIONI (mg/l)			CATIONI (mg/l)					
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1705	744,00	1450,00	-	6,50	1010,00	8,60	3,80	4,90	0,60
1714	815,00	1411,00	-	9,50	1030,00	11,00	4,70	8,30	4,70
4089	716,00	1416,20	-	6,00	900,00	23,50	6,30	3,46	0,50

4.6. Perimetrul de exploatare geotermală

Borș – Sântion, jud. Bihor

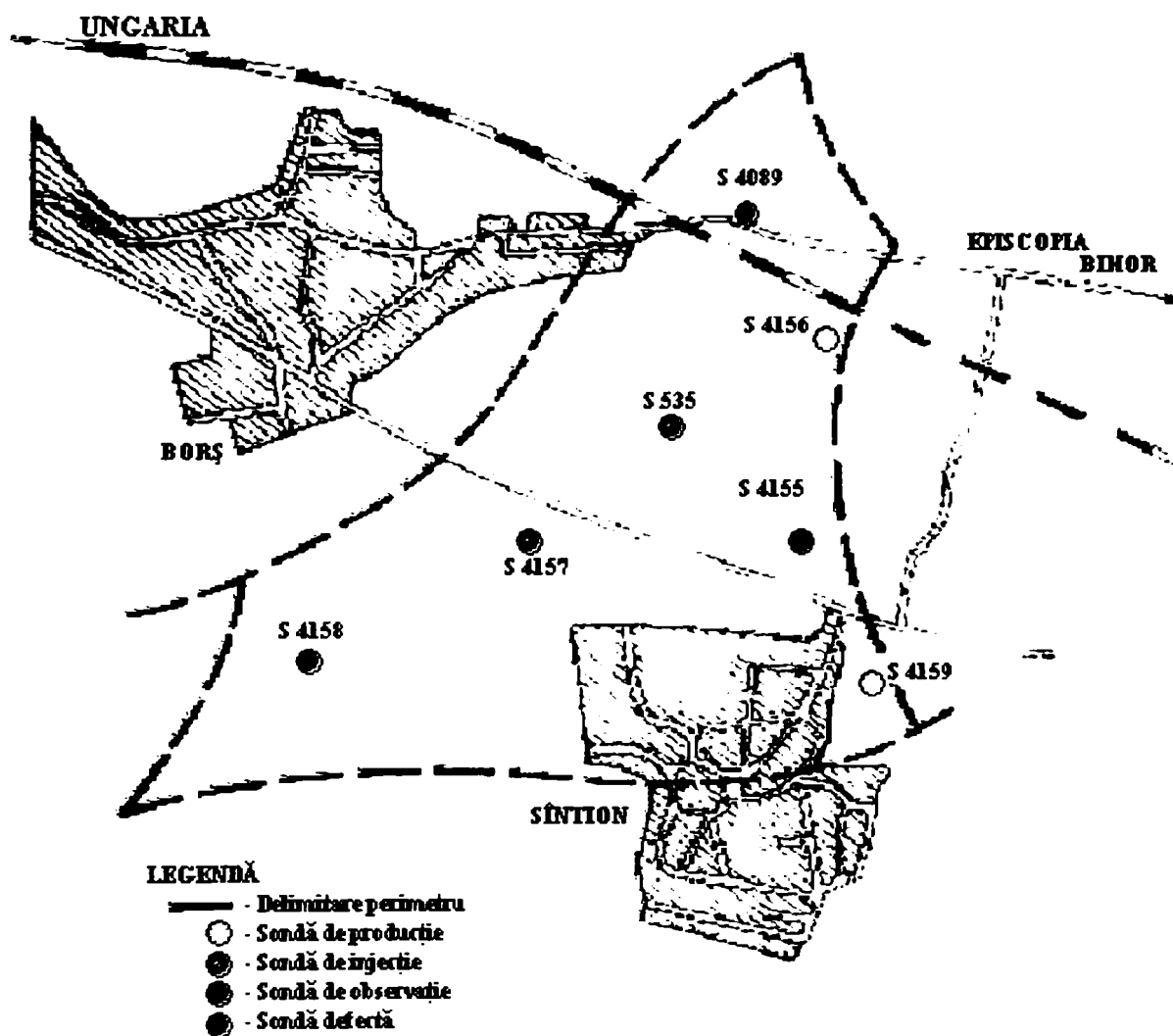


Figura 4.22. Perimetrul de exploatare geotermală

Borș - Sântion, jud. Bihor – plan de situație[12][81]

La numai 9 km nord-vest de Oradea se află în exploatare un alt zăcământ important de apă geotermală fierbinte, descoperit și cercetat prin foraj, în perioada 1960-1980 – perimetrul Borș-Sântion. Perimetrul este localizat în calcarele triasice; temperatura apei de zăcământ variază între 107°C și 109°C.[12][81][82]

Perimetrul de exploatare geotermală Borș-Sântion, figura 4.22, cuprinde un număr de 4 sonde de producție și două de injecție. Debitele sondelor de producție se situează în jurul valorii de 13 l/s.

4.6.1. Caracteristici hidrochimice și gaze asociate cu apa geotermală

În perioada 1977 – 1982, cercetarea geologică și-a concentrat eforturile pentru elucidarea unor probleme practice, legate de perspectiva exploatarea energice intensive a acviferului și apei geotermale produse, pentru încălzirea unor mari suprafețe amenajate cu sere în extravilanul comunei Borș:

- Evaluarea capacității de debitare a zăcămintului și prognoza evoluției, în diferite scenarii de exploatare a sondelor deja forate;
- Prevenirea și combaterea efectelor depunerilor de cruste în sonde și pe conductele de transport al apei la suprafață;
- Degazarea apei geotermale cu pierderi minime de temperatură;
- Transportul apei geotermale prin conducte, în condiții tehnic și economic acceptabile;
- Necesitatea și condițiile de efectuare a reinjecției de apă în zăcămint.

Principalele caracteristici chimice ale sondelor 529, 4155, 4156 și 4158 din perimetrul Borș-Sântion sunt prezentate în tabelul 4.24.[82]

Tabelul nr. 4.24.

SONDA	pH	Reziduu fix (g/l)	MINERALIZAȚIE TOTALĂ (g/l)	SO ₂ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
529	7,2	8,05	8,64	104,00	3798,50	1427,00	296,20	2884,08	187,20	22,70
4155	6,8	11,90	11,64	156,00	5632,07	1573,80	125,93	4252,53	41,45	3,28
4156	7,4	13,06	13,35	120,00	6567,00	1647,00	188,40	4778,70	128,60	23,30
4158	7,15	11,12	12,79	106,00	6075,48	1627,84	139,49	4483,36	75,15	22,19

Apele geotermale din zona Borș, deși sunt cantonate în același colector cu apele din perimetrul Oradea, au un caracter complet diferit; mineralizația acestora depășește fără excepție 10 g/l, comparativ cu 1 g/l pentru perimetrul Oradea.[81][82]

Din punct de vedere chimic, apele exploatare din zăcămintul Borș sunt caracterizate ca *ape clorurate – sodice – bicarbonatate*, cu încărcătură organică crescută și conținut redus de fenoli. În privința cationilor, predomină Na⁺. În condiții de presiune dinamică mai scăzută (1-14 atm), apa are tendința de a depune cruste carbonatice (CaCO₃). Intensitatea maximă de depunere

apare în jurul valorii presiunii de 3-4 atm., în timp ce la presiuni de peste 12 atm nu se înregistrează depuneri.

S-a mai constatat faptul că, în general, apa geotermală, deși inactivă chimic în condiții de zăcământ (pH = 7), în drumul său ascensional, în condițiile din domeniul de precipitare a crustelor carbonatice, își modifică pH-ul, acesta putând lua valori între 7,5 – 8,5 la diferite adâncimi. După precipitarea carbonaților, descompunerea bicarbonaților alcalini pământoși și degajarea CO₂ liber și aferent, în condițiile presiunii atmosferice, valoarea pH se stabilizează la 6 – 6,5 apa devenind în final destul de agresivă și corozivă față de metalele uzuale.

Testele de laborator și observațiile *in situ* au confirmat faptul că apele din zăcământul Borș – Sântion au tendința pronunțată de a depune cruste carbonatice (150...400 mg/l). Analiza crustei formate indică următoarea compoziție: CaCO₃ – 95%; MgCO₃ – 1%; CaSO₄ – 1%; Al₂O₃ – 2%; FeO₃ – 2%; SiO₂ – 1%. În scopul prevenirii acestei depuneri tipice de CaCO₃, apele geotermale exploatate din sistemul Borș *sunt tratate obligatoriu* cu inhibitori de crustă rezistenți la temperaturi mai mari de 100°C. Inhibitorul folosit, fabricat la S.C. Metadet S.A. Fălticeni, a fost Ponilit GT1 (5-10 mg/l).

Determinările făcute de Institutul de Cercetări și Proiectări pentru Petrol și Gaze – Câmpina pentru sondele 4155, 4156 și 529, relevă următoarele caracteristici, prezentate în tabelul 4.25.

Parametri chimici, viteze de coroziune și cantități de depunere[81][82]

Tabelul nr. 4.25.

Caracteristica	Sonda	4155	4156	529
pH		6,80	7,40	7,20
CO ₂ liber, mg/l		154,00	-	60,58
CO ₂ agresiv, mg/l		46,20	-	-
H ₂ S, mg/l		2,17	6,29	0,17
HCO ₃ ⁻ , mg/l		1573,80	1647,00	1427,40
Ca ²⁺ , mg/l		41,45	128,60	187,20
Viteza de coroziune, g/m/zi		14,82	14,59	22,95
Indice de penetrare, mm/an		0,68	0,67	1,065
Depuneri la 85°C, mg/l		63,00	153,00	404,50

Toate determinările privind acțiunea corosivă a apei asupra materialelor instalațiilor s-au realizat în laborator, conform STAS 6976-64. Singurul studiu făcut în condiții de funcționare, a fost realizat de Institutul de Construcții București, în anul 1983, pentru sonda 529, care se folosește, în prezent, pentru reinjecție. [12][81]

Viteza de coroziune pentru condiții statice și penetrația sunt prezentate în tabelul 4.26.

Viteza de coroziune la sonda 529 Borș, în condiții *statice*[82]

Tabelul nr.4.26.

Timpul	Viteza de coroziune (g/m ² /h)	Penetrația (mm/an)
După 5 zile	0,0083	0,0092
După 10 zile	0,4274	0,4773
După 15 zile	0,0165	0,0184
După 30 zile	0,0108	0,0120
După 45 zile	0,0004	0,0004

Viteza de coroziune pentru condiții dinamice și penetrația sunt prezentate în tabelul 4.27.

Viteza de coroziune la sonda 529 Borș, în condiții *dinamice*

Tabelul nr.4.27.

Timpul	Viteza de coroziune (g/m ² /h)	Penetrația (mm/an)
După 5 zile	0,3663	0,4090
După 10 zile	0,2573	0,2873
După 15 zile	0,0880	0,0982
După 30 zile	0,0880	0,0982
După 45 zile	0,0031	0,0034

Urmărirea evoluției chimismului apelor geotermale produse din diferite sonde exploatate a evidențiat efecte de durată ale injecției de apă geotermală uzată termic, completată în sezonul de vară cu apă dulce dintr-un puț special forat în acest scop.

Ca exemplu, la sonda 4155, exploatată timp de 13 ani în dublet cu sonda 529 (de injecție), principalele schimbări de chimism evidențiate prin efectuarea injecției au fost următoarele: scăderea mineralizației, scăderea conținutului de gaze în apă, creșterea conținutului de Ca și Mg, scăderea conținutului de bicarbonați și creșterea conținutului de H₂S. Unele din aceste schimbări au constituit totuși semnale de alarmă, în special micșorarea conținutului de CO₂ în apa produsă de sonde, fenomen având ca efect intensificarea depunerilor de cruste carbonatice în treimea superioară a sondelor și în conductele din aval. Și micșorarea conținutului de gaze în apă poate însemna un semnal al declinului presiunii de zăcământ.

Testele de toxicitate făcute pentru apele din perimetrul Borș au evidențiat un indice de mortalitate de 100% în apele nediluate, acesta scăzând la zero la diluții în părți egale (1:1) sau mai mari.[81][82]

Conținutul de gaze din apa geotermală provenită din sonda 529 Borș a fost determinat în laborator prin analize. În condiții de zăcământ, apa geotermală din perimetrul Borș este subsaturată cu gaze. Valorile presiunii de saturație se situează între 62 – 94 atm și indică faptul

că gazele încep să iasă din soluție în gaura de sondă, mult deasupra orizonturilor productive, la circa 900 – 1000 m adâncime.

Rația totală de gaze în soluție, la presiunile de saturație, variază între 9,5 – 7,1 Nm³/m³, iar analiza compoziției indică 61-73% CO₂ și 39 – 27% hidrocarburi (predominant metan). Rația relativ mare de gaze face ca, prin închiderea sondelor, ca urmare a acumulării în partea superioară a sondei a gazelor separate din soluție, presiunea în capul de exploatare să crească rapid, până la o valoare maximă, apoi, după răcirea apei și a gazelor, să scadă din nou, până la stabilizare.

După răcirea în coloană, apa redizolvă o parte a CO₂ separat la temperatură înaltă și capătă un caracter slab acidulat, dizolvând o parte din crusta carbonică depusă anterior.

Degazarea apei, date fiind caracteristicile precizate anterior, se face sub presiune (5...6 at). În timpul utilizării directe a apei pentru încălzirea serelor, deși 4...5% CO₂ rămâne dizolvat în apă, bioxidul de carbon nu se separă în corpurile de încălzire și nu duce la blocarea conductelor, deoarece, la o presiune aproximativ constantă (căderea de presiune între intrare și ieșire din instalație nu depășește 0,5 atm), temperatura scade de la cca. 125°C la 65-70°C și apa devine un dizolvant din ce în ce mai bun pentru CO₂.

Regimul de exploatare a surselor și schema de utilizare a energiei geotermale produse în perimetrul Borș, pentru încălzirea serelor legumicole și horticole:[12][82]

Începând din decembrie 1981 și până în prezent, exploatarea sondelor forate în perimetrul Borș s-a făcut în sistem *dublet* sau *triplet*, cu reinjecție, după cum urmează:

- În perioada 1981 – 1982 – cu un dublet format din sonda 4156 – de producție și sonda 529 – de injecție;
- În perioada 1982 – 1983 – cu un triplet de sonde format din sondele 4156 și 4155 – de producție și sonda 529 – de injecție;
- În perioada 1983 – 1986 – cu un dublet format din sonda 4159 – de producție și sonda 4158 – de injecție;
- În perioada 1986 – 1996 – cu un dublet format din sonda 4159 – de producție și sonda 4157 – de injecție.
- Din 1996 și până în prezent – cu două dublete exploatare simultan sau alternativ, în perioadele de tranziție, formate din sondele 4155 și 4159 – de producție și sondele 4157 și 529 – de injecție.

Exploatarea și utilizarea experimentală a apei geotermale pentru încălzirea serelor din perimetrul Borș a demarat și s-a derulat în perioada 1977 – 1982, fiind continuată după 1982, până în prezent, în faza de exploatare industrială.

Conform schemei din figura 4.23, instalația de încălzire a serelor Borș (42 ha de sere din sticlă, din care, circa 8,4 ha – proiectate a fi încălzite cu apă geotermală) s-a bazat pe producția alternativă (sau, după caz, simultană) a trei dublete de sonde, ulterior rămânând în exploatare curentă numai două.

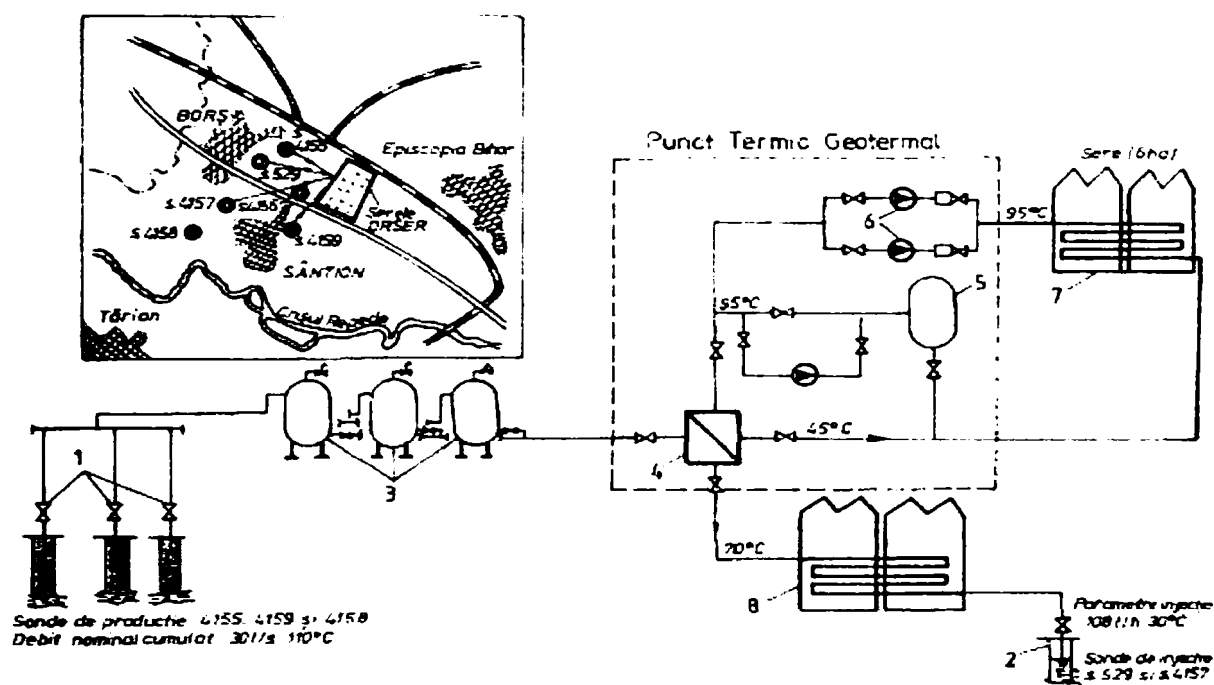


Figura 4.23. Schema instalațiilor de încălzire a serelor Orser, folosind apă geotermală din perimetrul de exploatare Borș-Sântion, jud. Bihor[12]

1 – sonde de producție (4155, 4159 și 4158); 2 – sonde de injecție (529, 4157, 4156); 3 – rezervoare degazoare; 4 – schimbător de căldură geotermal, pentru sere încălzite indirect; 5 – vas de expansiune închis; 6 – pompe de circulație agent secundar încălzire; 7 – sere cu încălzire geotermală indirectă; 8 – sere încălzite direct, cu apă geotermală (treapta a – II – a de răcire).

Iarna, sondele 529 și 4157 sunt folosite pentru injecția de apă geotermală uzată termic și respectiv vara – pentru injecție cu apă proaspătă, când sondele de producție fiind oprite, se urmărește refacerea presiunii de zăcământ, până la începerea noului sezon de încălzire a serelor agricole.

În perioada 1996 – 2000, volumul de apă produs s-a menținut la nivelul sezonelor anterioare, debitul mediu exploatat pentru încălzirea serelor, fiind de circa 24 l/s, pe ambele sonde de producție exploatate în dublete. Totuși, operatorul sondelor din perimetrul Borș a propus reducerea debitelor produse, pe ambele sonde exploatate în mod curent, datorită constatării unei scăderi accentuate și continue a presiunii și temperaturii de zăcământ.

Aceasta a însemnat, desigur, și reducerea față de sezoanele anterioare, a cantităților de energie livrate pentru încălzirea serelor.

La parametrii medii de exploatare ai dubletelor de sonde folosite pentru asigurarea încălzirii serelor ORSER, energia produsă și furnizată s-a situat la următoarele niveluri:[12]

- ❖ **Sonda 4155:** 4,395 MWt – putere termică nominală și 3,265 MWt – putere termică redusă, exploatată în ultimele sezoane de încălzire. Sonda a funcționat în medie 175 de zile/an (numai iarna), la cererea unicului beneficiar – ORSER Oradea. Parametrii medii produși au fost: debit 12 l/s (1037 m³/zi) și 95°C temperatura la capul sondei (circa 90°C – temperatura apei la intrarea în sere).

Anual, sonda a furnizat circa 49269 GJ (11770 Gcal), din care, energia utilă a fost de 45479 GJ (10865 Gcal) – 92% din energia produsă, iar circa 8% - ponderea pierderilor tehnologice medii pe ansamblul sistemului.

- ❖ **Sonda 4159:** 4,395 MWt – putere termică nominală și 3,537 MWt – putere termică redusă, exploatată în ultimele sezoane de încălzire în care sonda a funcționat. Sonda 4159 produce în aceleași condiții ca și sonda 4155 – în medie 175 zile sau 4200 ore pe an, pentru încălzirea serelor ORSER, la parametrii medii: debit 13 l/s (1123 m³/zi) și 95KC (90KC – temperatura apei la intrarea în instalațiile de încălzire ale serelor).

Anual, sonda a furnizat circa 54023 GJ (12906 Gcal/an), din care, energia utilă a fost de 49701 GJ (11873 Gcal) – 92% din energia produsă.

Echivalentul brut în combustibil fosil al energiei furnizate de cele două dublete este cifrat la circa 2350 tep/an, din care, cel al energiei utile pentru încălzirea serelor este de 2162 tep (necesarul net de energie termică pentru încălzirea a circa 10,8 ha de sere legumicole, la consumul specific mediu, tehnologic, de circa 200 tep/ha).

4.7. Perimetrul de exploatare geotermală

Băile Felix – Băile 1 Mai, jud. Bihor

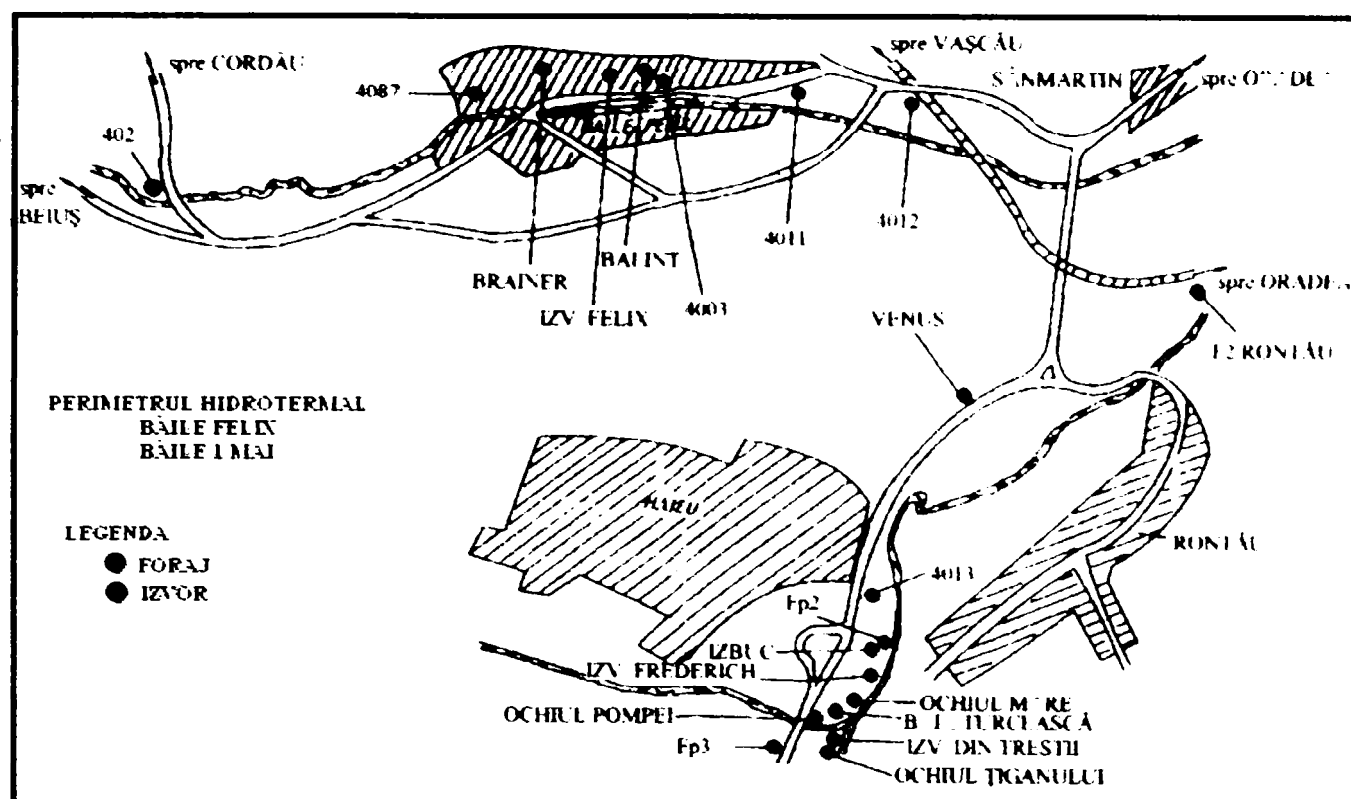


Figura 4.24. Perimetrul geotermal Băile Felix – Băile 1 Mai – plan de situație[81]

Perimetrul Băile Felix – Băile 1 Mai (figura 4.24) exploatează acviferul geotermal din calcarele cretacee. Băile Felix și Băile 1 Mai au cunoscut o deosebită dezvoltare după anul 1962, prin sporirea surselor de ape geotermale prin foraje, respectiv o creștere a numărului de baze de tratament. Apa geotermală este exploatată prin 8 sonde, debitul total fiind estimat la 200 l/s. Temperaturile apei sunt cuprinse între 33 - 49°C, iar debitul mediu anual exploatat este de 50 l/s. Apa se folosește pentru tratamentul unor afecțiuni reumatismale (degenerative, inflamatorii, articulare), neurologice, ginecologice, precum și pentru agrement.[102][104][105]

4.7.1. Caracteristicile apelor geotermale din perimetrul

Băile Felix – Băile 1 Mai, jud. Bihor

Apele geotermale extrase din acest perimetru, de la adâncimi cuprinse între 50 – 650 m, se caracterizează printr-o mineralizație destul de scăzută, cuprinsă între 0,5 – 0,9 mg/l; caracterul general al apei geotermale din acest perimetru este bicarbonato-sulfato-calco-magnezian. În ceea ce privește compoziția cationică, fără excepție, apele au drept cation dominant ionul de calciu, urmat de ionul magneziu. Deosebit la chimismul acestor ape este apariția sporadică a anionilor

PO_4^{3-} și NO_2^- , ca urmare a împrăștierei de îngrășăminte pe terenurile agricole. În acest perimetru există posibilitatea apariției unor infiltrații, având în vedere permeabilitatea mare a stratului de sol de deasupra acviferului.[32][102]

Valorile concentrațiilor principalilor anioni și cationi, determinate în anul 2002, sunt prezentate în tabelele 4.28 și 4.29.

Tabelul 4.28. Caracteristicile chimice ale sondelor din zona Băile Felix[82]

Indicatori principali	U.M.	4012	4768	4003	4011	4087	4013	F ₂ Rontău
Mineralizație	mg/l	636,9	583,5	1022,2	859,8	755,0	687,7	779,1
Sulfați	mg/l	69,1	76,8	199,6	262,9	99,8	75,3	185,5
Bicarbonați	mg/l	408,7	353,8	585,6	359,9	445,3	433,1	384,7
Cloruri	mg/l	10,7	7,1	7,0	15,9	21,3	10,6	21,0
Sodiu	mg/l	2,9	16,1	16,9	31,8	19,2	37,7	15,9
Potasiu	mg/l	0,4	4,8	6,7	5,6	5,2	4,7	1,3
Calciu	mg/l	113,0	102,6	165,9	144,3	138,7	96,1	164,3
Magneziu	mg/l	32,1	22,3	38,9	39,4	25,5	30,6	22,3
pH	unit.	7,0	6,5	7,0	7,0	6,5	7,0	7,1

Tabelul 4.29. Caracteristicile chimice ale sondelor din zona Băile 1 Mai[82]

Indicatori principali	U.M.	4769	4770	4775	4012	4011	Balint I	4003	Fp ₂	Fp ₁
Mineralizație	mg/l	716,2	741,2	708,1	663,63	797,51	1003,1	913,41	700,332	660,05
Sulfați	mg/l	134,4	59,5	122,9	51,9	122,2	164,2	102	72,6	77,1
Bicarbonați	mg/l	329,4	378,3	353,8	414,8	439,2	542,6	548,8	725,7	390,4
Cloruri	mg/l	35,5	21,3	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2
Sodiu	mg/l	8,5	5,2	34,0	23,5	21,7	54,2	49,4	16,0	7,7
Potasiu	mg/l	4,9	3,7	3,9	2,5	3,0	5,0	3,0	2,5	3,0
Calciu	mg/l	121,4	104,2	108,2	110,6	138,5	153,9	141,0	117,8	120,2
Magneziu	mg/l	32,3	30,6	21,9	21,0	28,1	33,0	28,1	28,2	25,3
pH	unit.	5,5	5,4	7,0	7,8	7,5	6,7	7,5	6,8	7,3

4.7.2. Utilizarea și valorificarea apelor geotermale din perimetrul

Băile Felix – Băile 1 Mai, jud. Bihor

Apa geotermală extrasă din acest perimetru se folosește pentru tratamentul unor afecțiuni reumatismale (degenerative, inflamatorii, articulare), neurologice, ginecologice, precum și pentru agrement. În figura 4.25 este prezentată instalația pilot cu pompă de căldură de la Băile Felix.

Această instalație a fost concepută să utilizeze ca sursă rece – apă geotermală uzată termic, în urma procedurilor de cură balneară, în care apa era folosită în treapta primară. La partea caldă, pompa de căldură prepară apă caldă de consum preîncălzită până la maximum 40°C, distribuită în hotelurile turistice și în spațiile de cazare, inclusiv la instalațiile sanitare ale bazelor de tratament, aferente hotelurilor stațiunii balneare.

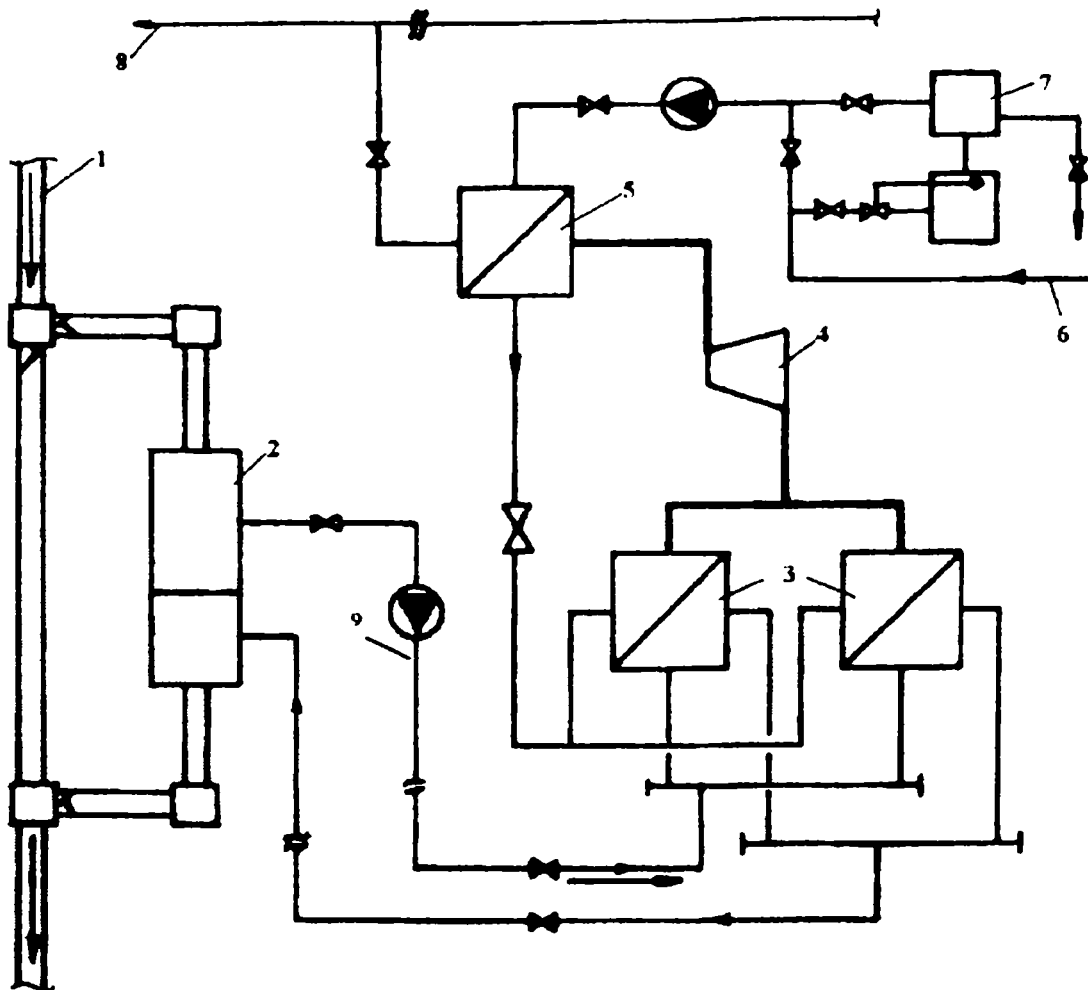


Figura 4.25. Instalație pilot cu pompă de căldură – agregat tip TGPTR – 80, cu freon 12, pentru prepararea apei calde de consum, cu apă geotermală uzată, în stațiunea Felix, jud. Bihor[12]

- 1 – canal colector de ape calde uzate; 2 – bazin decantor, de apă uzată, 3 – vaporizatoarele pompei de căldură;
 4 – compresor cu freon; 5 – condensator cu freon; 6 – alimentare cu apă rece, potabilă, la condensator;
 7 – hidrofor de apă caldă; 8 – distribuție de apă caldă preparată, la consumatori;
 9 – pompă de circulație apă uzată, la vaporizator.

Conform schemei, „sursa rece” a pompei de căldură – apa caldă uzată, este colectată printr-un canal deschis (1), cu deșurare într-un efluent natural, pârâul Peța și stocată diurn, într-un bazin decantor (2). Apa uzată este evacuată de la instalațiile hotelurilor dotate cu baze de tratament pentru proceduri balneare cu temperaturi de ordinul 32-35°C. Deși a avut o serie de limite tehnologice și chiar conceptuale, inerente primei aplicații în domeniu, instalația pilot de la Băile Felix a confirmat, în general, exigențele de economicitate impuse, experimentul deschizând calea perfecționărilor ulterioare.[12]

4.8. Perimetrul de exploatare geotermală

Oradea, jud. Bihor

4.8.1. Caracteristicile apelor geotermale din perimetrul Oradea, jud. Bihor

Perimetrul de exploatare geotermală Oradea se identifică la suprafață cu aria administrativă a municipiului Oradea, capitala jud. Bihor, fiind una dintre primele zone prospectate, începând încă din anul 1964 și cu începere din 1969-1970, intens cercetate prin foraje de adâncime.[12][82]

În figura 4.26 este reprezentat planul de situație al perimetrului de exploatare a apei geotermale Oradea – jud. Bihor.

Pe intervalul a aproape patru decenii, inițierea și dezvoltarea geotermiei aplicate în aria municipiului Oradea a parcurs trei etape distincte:[12]

- Etapa I-a (1963-1980) – perioadă în care au fost proiectate, forate și probate cinci din cele 12 sonde geotermale exploatate și în prezent în Oradea, după cum urmează:
 - anul 1964 – prima sondă geotermală de cercetare forată: s. 4005 Calea Aradului (Sera de flori);
 - între anii 1969 - 1974 – forarea și testarea eșalonată a sondelor: 4006 Ștrand Municipal, 4004 Dacia, 4081 Nufărul și 4767 Ioșia Nord. Aceste foraje au confirmat existența unui acvifer geotermal cantonat în carbonatite triasice, la adâncimi de 2000 ÷ 3000 m.

Pe măsura finalizării și testării, sondele au fost predate eșalonat către Consiliul Popular Oradea, pentru exploatare energetică. Ca urmare, până în anul 1971, sondele nu au mai beneficiat de o supraveghere tehnică de specialitate, aceasta căzând în sarcina beneficiarilor de apă geotermală. Din anul 1971, măsurătorile de specialitate în sonde (măsurători de fund ale presiunii și temperaturii) au fost reluate, la început sporadic și apoi sistematic, cu începere din anul 1977.

- Etapa a-II-a (1981-1986) – în care IFLGS București (în prezent S.C.FORADDEX S.A.) a preluat sondele de la Consiliul Local Oradea și a forat alte șapte sonde noi în Oradea (s.1715, s.1716, s.1717, s.4795, s.4796, s.4797 și s.1709). În această perioadă, personalul de specialitate al IFLGS a desfășurat o intensă activitate de cercetare și supraveghere sistematică a sondelor în exploatare (evidența parametrilor de suprafață – debite, presiuni, temperaturi, măsurători de fund în condiții statice și dinamice, evoluția chimismului apei, reglarea debitelor după nevoile beneficiarilor conectați la sonde).

- Etapa a-III-a (din 1986 până în prezent) – preluarea activității de exploatare a sondelor din perimetrul Oradea (municipiul Oradea) de către IPEG Cluj – actualmente S.C. „TRANSGEX” S.A. Oradea și continuarea exploatării sondelor cu utilizatorii conectați, cu urmărirea sistematică a evoluției parametrilor de zăcământ și de suprafață.

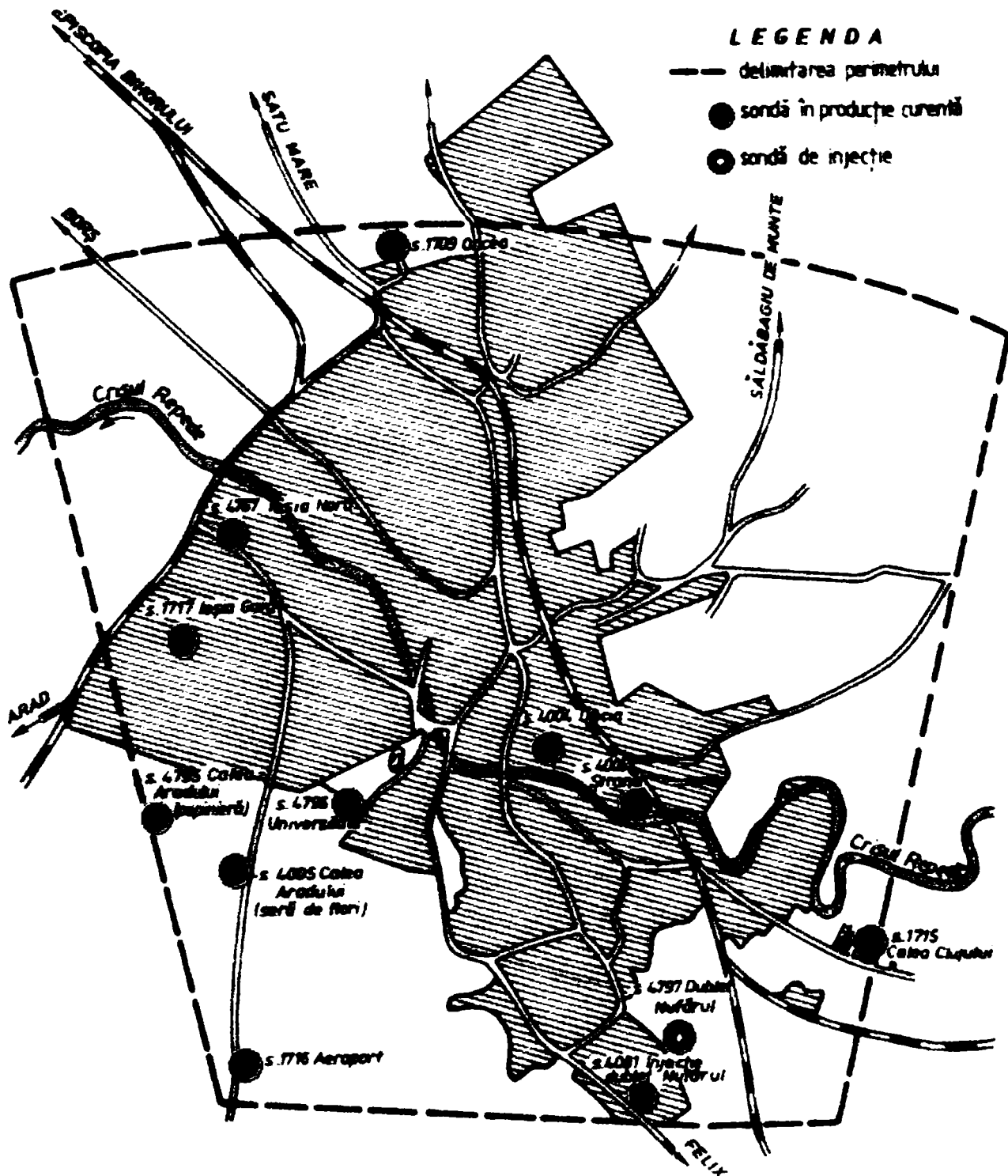


Figura 4.26. Perimetrul de exploatare geotermală
Oradea, jud. Bihor – Plan de situație [81][82]

În municipiul Oradea, exploatarea experimentală a resurselor geotermale a debutat, practic, încă din anul 1965, odată cu darea în exploatare a primei sonde forate, cu beneficiarii cuplați și s-a intensificat semnificativ, începând din anul 1981. În final, geotermia aplicată în perimetrul Oradea se bazează pe 12 sonde forate, după cum urmează:[12][81]

- 11 sonde de producție, localizate chiar în limitele municipiului Oradea, capabile să producă un debit maxim cumulat de circa 147 l/s. Cea de-a 12-a sondă de producție-s.507 este localizată la circa 20 km distanță de Oradea, în comuna Livada de Bihor. Ea este integrată în perimetrul de exploatare geotermală Oradea, datorită caracteristicilor fizico-chimice destul de apropiate de cele ale apei produse de sondele din Oradea, confirmându-se astfel continuitatea colectorului geotermal din care produc sondele aflate pe teritoriul municipiului Oradea.
- O sondă de injecție – sonda 4081 Nufărul – integrată cu titlu experimental, începând din 1987, în „dubletul geotermal” format cu sonda de producție 4797 Nufărul, din considerentul că ea a furnizat de la bun început un debit artezian mai redus (≤ 6 l/s), iar amplasarea ei era cea mai potrivită cu condiția de distanță minimă ($d \geq 1$ km) impusă pentru două sonde care puteau constitui un dublet geotermal viabil.

Pe baza rezultatelor obținute din ansamblul de activități derulate de către toate unitățile implicate în derularea celor trei etape anterior nominalizate (studii și cercetări geologice și energetice, foraj și testare de noi sonde geotermale, exploatarea experimentală a sondelor, fără și cu utilizatori conectați) s-a constituit și îmbogățit continuu o puternică și extrem de necesară bază de date, referitoare la potențialul surselor geotermale disponibile în perimetru și la utilizările energetice și termice aferente – cele proiectate și implementate inițial, precum și soluțiile tehnologice cele mai noi și eficiente de realizare a unor aplicații noi, sau de extindere și modernizare a utilizărilor existente.

Baza de date geotermale odată constituită și reactualizată continuu, începând din anii 1986-1987, s-a produs trecerea la o nouă fază de exploatare a resurselor geotermale identificate și evaluate în acest perimetru, cu aplicații susținute prin soluții tehnice și argumentații economice solide, cu alte cuvinte a debutat cu adevărat etapa geotermiei aplicate la scară industrială. În acea perioadă au fost elaborate studiile de fundamentare și s-a proiectat instalația dublet geotermal Nufărul Oradea.

În tabelele 4.30...4.35 sunt prezentate valorile concentrațiilor principalilor anioni și cationi, ce caracterizează apele geotermale a șase foraje din zonă.

Tabelul 4.30. Caracteristicile chimice ale sondei 4767 (cartierul Ioșia)[82]

Indicatori principali	U.M.	Anul	
		2001	2003
Mineralizație	mg/l	836,0	915,0
Duritate	°D	25,0	35,0
Cloruri	mg/l	44,0	24,0
Bicarbonați	mg/l	213,0	219,0
Sulfai	mg/l	360,0	410,0
Sodiu	mg/l	52,0	42,0
Potasiu	mg/l	11,0	15,0
Calciu	mg/l	118,0	145,0
Magneziu	mg/l	38,0	60,0

Tabelul 4.31. Caracteristicile chimice ale sondei 4795 (Calea Aradului - Pepinieră)[82]

Indicatori principali	U.M.	Anul	
		2001	2003
Mineralizație	mg/l	1131,0	973,0
Duritate	°D	39,0	28,0
Cloruri	mg/l	39,0	22,0
Bicarbonați	mg/l	258,0	178,0
Sulfai	mg/l	508,0	504,0
Sodiu	mg/l	100,0	74,0
Potasiu	mg/l	7,0	9,0
Calciu	mg/l	194,0	166,0
Magneziu	mg/l	25,0	20,0

Tabelul 4.32. Caracteristicile chimice ale sondei 4797 (cartierul Nufărul)[82]

Indicatori principali	U.M.	Anul			
		2001	2002	2003	2004
Mineralizație	mg/l	1542,0	1473,0	1672,0	1503,5
Duritate	°D	55,0	53,5	55,0	53,6
Cloruri	mg/l	42,0	42,5	44,0	17,0
Bicarbonați	mg/l	159,0	152,5	296,0	134,8
Sulfai	mg/l	940,0	920,0	916,0	940,0
Sodiu	mg/l	27,0	22,0	40,0	27,5
Potasiu	mg/l	-	-	10,0	12,2
Calciu	mg/l	296,0	276,0	296,0	296,6
Magneziu	mg/l	78,0	60,0	70,0	75,4

Tabelul 4.33. Caracteristicile chimice ale sondei 1717 (Ioșia - Gară)[82]

Indicatori principali	U.M.	Anul	
		2001	2003
Mineralizație	mg/l	1145,0	1141,0
Duritate	°D	35,0	35,0
Cloruri	mg/l	22,0	23,0
Bicarbonați	mg/l	300,0	300,0
Sulfati	mg/l	507,0	509,0
Sodiu	mg/l	75,0	68,0
Potasiu	mg/l	3,0	3,0
Calciu	mg/l	210,0	210,0
Magneziu	mg/l	28,0	28,0

Tabelul 4.34. Caracteristicile chimice ale sondei 4004 (Parc Brătianu)[82]

Indicatori principali	U.M.	Anul	
		2001	2003
Mineralizație	mg/l	1041,0	1194,0
Duritate	°D	39,0	40,0
Cloruri	mg/l	18,0	18,0
Bicarbonați	mg/l	203,0	204,0
Sulfati	mg/l	547,0	690,0
Sodiu	mg/l	30,0	30,0
Potasiu	mg/l	2,0	3,0
Calciu	mg/l	179,0	189,0
Magneziu	mg/l	62,0	60,0

Tabelul 4.35. Caracteristicile chimice ale sondei 4005 (Calea Aradului)[82]

Indicatori principali	U.M.	Anul	
		2001	2003
Mineralizație	mg/l	1195,0	1233,0
Duritate	°D	46,0	47,0
Cloruri	mg/l	18,0	16,0
Bicarbonați	mg/l	168,0	205,0
Sulfati	mg/l	702,0	690,0
Sodiu	mg/l	21,0	28,0
Potasiu	mg/l	12,0	10,0
Calciu	mg/l	244,0	230,0
Magneziu	mg/l	30,0	54,0

Studiind comparativ compoziția apelor din perimetru, se constată că există anumite diferențieri în ceea ce privește chimismul lor, fapt explicabil prin tectonizarea avansată a regiunii, ce a determinat fragmentarea perimetrului în trei zone: un compartiment central, ridicat în medie cu 300 m față de cel de nord și de sud, fără a determina, însă, ruperea continuității colectorului.

Restul parametrilor importanți ai apelor geotermale variază între următoarele limite:[82]

- pH = 6,5...7,4;
- conductivitatea ($\mu\text{s/cm}$) = 1500...2500;
- reziduul fix la 105°C (g/l) = 0,7...1,2;
- silicea (mg/l) = 30...60;
- substanțele organice (mg/l) = 1...15;
- fenoli – abs.;
- ionul amoniu – abs.

4.8.2. Echiparea sondelor și caracteristicile producției de apă geotermală

Prima sondă de cercetare geologică din perimetrul Oradea – sonda 4005 Calea Aradului (sera de flori), pusă în funcțiune în anul 1963, a dat rezultate bune din punct de vedere hidrotermic, în urma exploatării experimentale furnizând apă cu temperatura de 92°C, slab mineralizată, cu un debit artezian de 8-9 l/s și o presiune statică (nestabilizată) de 70 mH₂O. La început, apa extrasă a fost folosită pentru încălzirea directă în sere și a unor clădiri cu birouri.[12][81][82]

Cea de-a doua sondă, finalizată în anul următor (1964) – sonda 4006 Ștrand Municipal, a dat rezultate asemănătoare (9 l/s debit artezian, apă de 80°C temperatură la capul de exploatare); și această sondă produce tot din colectorul fisurat de vârstă triasică, la fel ca sonda 4004 și ca, de altfel, toate sondele forate ulterior în Oradea. Toate forajele au fost oprite cu talpa în triasic, la adâncimi de până la 2505...3448 m (nici unul neinterceptând fundamentul cristalin). Majoritatea sondelor au o construcție telescopică, secțiunile de curgere variind în limite largi.

Sondele din perimetrul Oradea sunt echipate pentru a produce în erupție naturală, fiind exploatare fie direct pe coloană, fie prin țevi de producție, instalate ulterior tubării găurii de sondă, astfel: tubinguri de 150...200 mm, până la adâncimi de 70 – 235 m (de exemplu, sondele: 4767, 4795, 4796, 4797, 1715, 1716, 1717).

Sistemul eruptiv de exploatare a sondelor din Oradea este extrem de avantajos din punct de vedere energetic, fiind favorizat de efectul de *termolift* – diferența de densitate și de *gazlift* – mobilitatea mai mare a gazelor, care ies din soluție în apropiere de suprafață.

Lungimea intervalelor deschise în sonde variază în limite largi: între 144 și 742 m. Cu toate acestea, intervalele efectiv productive, determinate prin termometrie și debitmetrie, sunt puține (două, maxim trei), ele situându-se în triasic, între 2350 și 2770 m adâncime.

Singura excepție o constituie sonda 507 din comuna Livada de Bihor, care, inițial abandonată pentru hidrocarburi, a fost redeschisă pentru apă geotermală în intervalul 2040 –

2100 m și după o stimulare acidă a ajuns să producă apă din intervalul 1800 – 1824 m (din jurasic), perforat pentru o probă cu testerul.

Toate sondele sunt echipate cu un cap de exploatare de 150 mm, cu excepția sondelor 4004 și 4005, având capete de exploatare de numai 100 mm. Pe braț sunt montate ventile de închidere și ventile de tip oil-saver, teacă pentru termometru și ștuț pentru manometru. În schema de operare standard, apa ieșită la capul de exploatare al sondei debușează în rezervoare tampon de minim 25 m³ pentru degazare la presiune atmosferică, cu excepția sondei 4004 de la Hotel Continental, unde degazorul de 5 m³ montat inițial a fost desființat, sonda debitând sub presiune proprie, direct în instalațiile utilizatorilor (punctul termic geotermal de la hotelul Continental).

Pierderile de temperatură în sonde – evidențiate de termogramele în regim dinamic – variază liniar cu adâncimea, pentru sondele unde există o secțiune de curgere constantă (de 150 mm la sondele 4004, 4005 și 4006 și de 140 mm la sonda 4081). La sondele tubate telescopic, pierderile se accentuează pe măsura trecerii apei dintr-un liner în altul, prin scăderea vitezei ascensionale și creșterea suprafeței de schimb de căldură cu roca.

Scăderea temperaturii apei pe măsura apropierii de suprafață devine cu atât mai evidentă, cu cât debitul exploatat este mai redus. Astfel, în exploatarea experimentală a unor sonde cu debite mici, de 3 – 4 l/s, s-au constatat pierderi medii de temperatură, de ordinul a 8 – 11°C.

Măsurătorile făcute au evidențiat căderi maxime de temperatură la debite de exploatare reduse, de 29°C la sonda 1717 Ioșia Gară și respectiv de 36°C la sonda 4795 Calea Aradului (pepinieră).

Gradientul de presiune statică este de aproximativ 0,0996 at/m. Concluzia a fost că sondele pot fi oprite din erupție prin injecție de apă rece, dar în capul de exploatare al sondelor închise va fi totdeauna apă sub presiune, sondele putând fi reamorsate la deschiderea ventilului. Datorită acestui fapt, debitul unei sonde poate fi reglat practic în tot domeniul 0 – 100% (debit maxim), fără riscul opririi din erupție, situație frecvent întâlnită în cazul sondelor care produc din colectori nisipoși.

4.8.3. Caracteristicile exploatării sondelor cu consumatori termici cuplați

În toate perimetrele de exploatare din județul Bihor, monitorizate de TRANSGEX, sondele produc în prezent cu *debite arteziene*, a căror mărime este condiționată de cererea utilizatorilor conectați. [12][82]

Ajustarea debitului sondelor în producție curentă, cu utilizatori cuplați, se face sezonier, de obicei la debutul și respectiv la sfârșitul sezonului de încălzire, pentru sondele care au consumatori din această categorie; vara, în mod uzual, debitul este redus până la 30-50% din

valoarea de iarnă, sondele deserving numai consumatori de apă caldă (menajeră sau, după caz, tehnologică).

Reglajul debitului produs de o sondă se face manual, de către personalul operatorului de sonde, de la ventilul plasat pe brațul capului de exploatare și în anumite cazuri, de la vanele de intrare în instalațiile utilizatorilor – cazul sondei 4004 de la hotelul Continental și sonda 4006 Ștrand Municipal, ambele debitând direct în instalațiile beneficiarilor (fără degazarea apei la capul sondei), iar aceștia putându-și ajusta debitul preluat în funcție de necesitățile momentane.

La celelalte sonde din Oradea, apa geotermală este preluată din degazor cu pompe de circulație aparținând beneficiarilor și vehiculată prin instalațiile punctelor termice ale beneficiarilor cuplați la sondă. În punctele termice utilizatoare, apa cedează conținutul de căldură utilă, trecând prin una sau mai multe trepte înseriate de schimbătoare de căldură, fiind deversată în final prin conducte de canalizare, ca apă uzată termic, la emisari (Crișul Repede sau pârâul Peța).

Singura excepție de la acest mod de evacuare a apei uzate din instalațiile beneficiarilor în perimetrul Oradea, o constituie instalația Dublet Geotermal „Nufărul”, în cazul căreia apa geotermală răcită după trecerea prin instalațiile din punctul termic centralizat amenajat în vecinătatea sondei de producție (sonda 4797) este returnată în colectorul de proveniență, printr-o sondă de injecție (sonda 4081), de construcție identică cu cea de producție.

4.8.4. Scheme de utilizare și consumuri termice deservite din sondele geotermale active în perimetrul Oradea

Sub aspectul tipologiei utilizărilor prevăzute și a schemelor de valorificare implementate, precum și al rezultatelor mai semnificative obținute prin exploatarea apei geotermale în perimetrul Oradea în perioada 1992-2002, situația se prezintă astfel: [12][82][108]

- Dubletul sonda 4797 – sonda 4081 și instalația dublet geotermal „Nufărul” Oradea.

Dubletul alcătuit din sonda de producție 4797 și sonda 4081 de injecție a fost introdus în exploatare în anul 1992 și deservește cu apă caldă blocurile cu apartamente din ansamblul de locuințe Nufărul, din municipiul Oradea (aproximativ 6000 apartamente).

Instalațiile de suprafață s-au realizat pe baza concepției tehnologice a unui colectiv de cercetători din ICEMENERG București, proiectarea de execuție fiind realizată cu colaborarea ISPE București.

Parametrii inițiali (nominali) ai dubletului, pe care s-a bazat capacitatea proiectată a instalațiilor de suprafață, au fost: 30 l/s debit artezian produs și 74°C temperatura apei geotermale la capul de exploatare al sondei 4797.

Schema operațională de principiu a instalației dublet „Nufărul” este prezentată în figura 4.27.

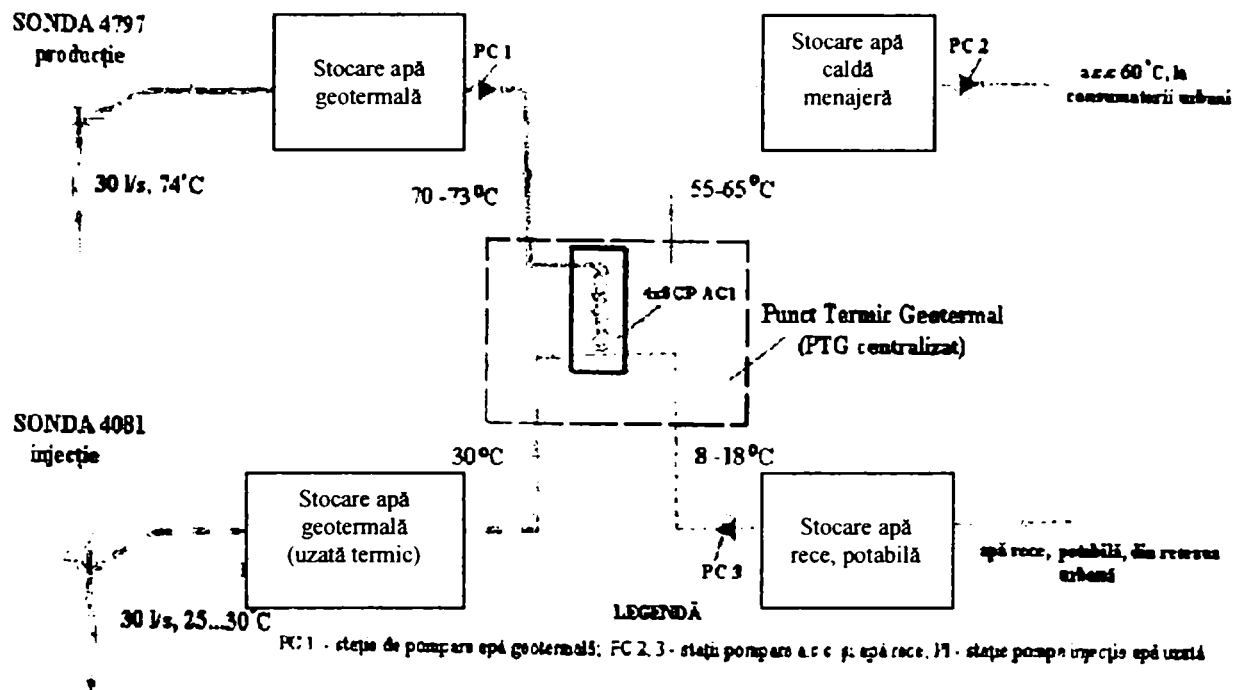


Figura 4.27. Schema de ansamblu a instalației dublet geotermal „Nufărul” Oradea, jud. Bihor [12]

Apa geotermală produsă din sonda 4797 trece prin trei rezervoare (degazoare) mari, orizontale cu o capacitate de 127 m³, de unde este preluată cu pompele de circulație (PC1), cu turație variabilă, fiind transportată prin conducta aeriană monofilară din oțel, cu diametrul nominal de 250 mm, izolată, pozată pe estacadă de medie înălțime, care traversează pârâul Peța până la intrarea în clădirea punctului termic geotermal (PTG).

În punctul termic geotermal apa geotermală se răcește, cedând căldură apei reci potabile, vehiculată în circuitul secundar a patru mari schimbătoare de căldură cu plăci, tip SCP-AG1. Din punctul termic geotermal, apa geotermală răcită la sub 30°C este evacuată ca apă uzată termic și transportată prin conductă din oțel, până la stația și sonda de injecție 4081, situate la circa 1,2 km distanță de sonda de producție.

Stația de injecție a dubletului cuprinde un rezervor tampon de 250 m³, amplasat lângă sonda de injecție, în care apa uzată termic poate fi stocată temporar și de unde este aspirată cu pompă de injecție sau reintrodusă liber, prin

cădere, în sonda de injecție. Creșterea nivelului în rezervorul de apă uzată este semnalizată la PTG, de unde se poate face pornirea sau oprirea, după caz, a pompei de injecție (presiune limitată până la max. 3-5 bar).

Apa uzată este returnată liber în colectorul de proveniență, atunci când căile de plecare ale apei din sonda de injecție sunt deschise, adică nu au fost obturate cu depuneri solide. Pentru limitarea consumului specific de energie la injecția apei sub presiune, proiectul stabilea condiția ca dacă, în cursul exploatării curente, presiunea de injecție va crește peste valoarea maximă de 5 bar, sonda de injecție să fie oprită și supusă unor operații de dezobturare a căilor de plecare (acidizată); în cazul reușitei, sonda urmează a fi repornită pe „liber”.

Întrucât este firesc ca astfel de situații să apară în exploatarea de durată a sistemului, pentru ca în timpul necesar operațiilor de acidizare și reactivare a sondei de injecție, restul instalației să poată opera normal, s-a prevăzut și posibilitatea evacuării apei uzate la suprafață, prin intermediul unei canalizări ce leagă PTG de pârâul Peța – emisar care trece prin vecinătatea amplasamentului PTG (la circa 200 m distanță).

Cele patru schimbătoare SCP-AG1 din dotarea PTG sunt dimensionate pentru a asigura o sarcină termică nominală de $4 \times 1,3 \text{ Gcal} / \text{h}$ ($4 \times 1,5 \text{ MWh}$). Ecartul de temperatură proiectat în circuitul primar a fost de $74^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}$, respectiv cel secundar: $8^\circ\text{C} - 58^\circ\text{C}$. Suprafața utilă de transfer de căldură a fiecărui schimbător este de 100 m^2 , iar presiunea maximă admisă de lucru este de 7 bar. Plăcile ondulate sunt confecționate din tablă de oțel inoxidabil, cu grosimea de 1,5 mm.

Apa rece potabilă din rețeaua municipală, stocată într-un rezervor exterior de mare volum, este agentul secundar preparat ca apă caldă de consum la PTG. Pentru a se preîntâmpina lipsa previzibilă a asigurării ritmice de apă potabilă la PTG s-a proiectat stocul de apă rece, într-un rezervor din beton precomprimat cu toroane, de 1000 m^3 . Acest rezervor asigură sistemului o autonomie funcțională de aproximativ 12 ore. Din rezervor, apa rece este pompată (PC3) la PTG, în circuitul secundar al SCP, unde se încălzește până la $55 - 65^\circ\text{C}$. Apa caldă este și ea stocată înainte de a fi distribuită consumatorilor în șase rezervoare metalice verticale (izolate termic), având o capacitate totală utilă de stocare de $6 \times 50 \text{ m}^3$. Stocul diurn de apă caldă permite aplatizarea vârfurilor de consum ce apar la diferite ore din zi, asigurând livrarea apei calde fără întreruperi, la toți consumatorii cuplați la PTG. Apa se distribuie pentru consum direct, în

apartamentele din blocuri cu patru și zece niveluri, din ansamblul de locuințe Nufărul, în funcție de cerere – parametrul de control fiind valoarea presiunii în colectorul de refulare al pompelor de apă caldă (PC2) de la PTG. Partea de distribuție a apei calde cuprinde rețelele de distribuție proiectate, distribuitorii din șase puncte termice urbane (ale rețelei de termoficare) exploatate de APATERM Oradea și continuă cu traseele existente de distribuție secundară de apă caldă între PT și blocurile alimentate.

Până în vara anului 2001, instalația dublet a funcționat numai la jumătate din capacitatea nominală de debitare a sondei 4797, la debitul mediu de 14-15 l/s și 72°C temperatura apei la CE. Această reducere a debitului sondei a fost generată atât de montarea unei țevi de producție de diametru standard mai mic (5" ½) dar și de o colmatare accidentală a sondei în treimea inferioară a zonei deschise în colector, datorată exploatării sondei cu debit mic (2-3 l/s) pe perioada executării lucrărilor la dublet. Specialiștii hidrogeologi au mai avansat și ipoteza unei posibile reduceri locale a presiunii de zăcământ din zona faliei Velența, fapt neconfirmat de evoluțiile ulterioare.

Pentru reducerea parametrilor de producție ai dubletului cel puțin la nivelul valorilor nominale proiectate, societatea de exploatare a sondelor – TRANSGEX a decis în vara anului 2000 să instaleze o pompă cu ax lung, de fabricație islandeză, în sonda 4797. S-a urmărit astfel, creșterea debitului de apă geotermală produsă la peste 30-35 l/s, cu care să se poată asigura prepararea și distribuția integrală și simultană a apei calde de consum, la toți consumatorii cuplați la sistem (circa 15000 persoane, în 6250 apartamente).

Parametrii medii anuali, de exploatare a dubletului în perioada 1992-2000 au fost următorii:

- ✓ Debit mediu de apă geotermală produs: 14-15 l/s;
- ✓ Temperatura medie a apei la CE al sondei 4797: 70-71°C;
- ✓ Presiunea dinamică corespunzătoare debitului mediu produs la CE: 0,38 bari.

Volumul cumulat de apă geotermală produsă în perioada 21.09.1992-01.01.1997 din sonda 4797 a fost de circa 1,971 mil. m³ apă și de peste 3,5 mil. m³ apă, până la sfârșitul anului 2000.

În condițiile de operare a dubletului, cu debitul limitat la sub 50% din cel nominal, dar cu o cerere de apă caldă preparată la PTG constant ridicată, răcirea apei geotermale s-a făcut în condiții foarte bune, frecvent la valori situate sub temperatura de referință de 30°C, cu care a fost calculat potențialul teoretic al

sondei. Asigurarea cererii de apă caldă a fost și ea mai mult decât satisfăcătoare, stocările prevăzute permițând aplatizarea vârfurilor diurne de cerere apă caldă și deservirea prin rotație (16 ore/zi) a consumatorilor cuplați la PTG.

Potențialul energetic al sondei 4797 a fost estimat la 174253 GJ (la parametri nominali de 30 l/s, 74°C, 44°C ecart teoretic de răcire a apei și 8760 ore/an durată de utilizare).

În perioada 1992-2000, energia exploatată din dublet s-a situat în medie la circa 81405 GJ anual – însemnând circa 46,7% din potențialul teoretic, din care peste 80% (65124 GJ/an) – energie utilă, furnizată efectiv ca apă caldă de consum în locuințele cuplate la sistem.

Rezultă o rezervă anuală pe sondă, de 109129 GJ, valorificabilă ca energie utilă prin producerea sondei la parametrii de debit și temperatură estimați prin proiectul inițial (min. 30l/s și 74°C), prin prepararea și asigurarea simultană a necesarului de apă caldă de consum pentru consumatorii din întreg cartierul Nufărul, așa cum a fost de fapt prevăzut în proiectul original.

Rezultatele bune ale exploatării instalației dublet în toată perioada 1992-2000 au confirmat pe deplin corectitudinea și originalitatea schemei funcționale și calitatea și fiabilitatea echipamentelor de bază prevăzute. De altfel, instalația dublet a devenit modelul de re tehnologizare preferat și pentru alte instalații geotermale din perimetrul Oradea și din alte perimetre ale județului Bihor.

○ Sonda 4004 Continental (2,7201 MWt – putere nominală, la 13 l/s și 80°C)

Regimul mediu de producere a sondei cu utilizatorii termici cuplați este de 365 zile/an, cu un debit mediu exploatat de $Q_m = 4\text{l/s}$ și o temperatură a apei de 76°C la capul de exploatare. Principalii beneficiari de apă geotermală produsă de sonda 4004, utilitățile energetice asigurate pe baza apei geotermale și parametrii medii ai apei, solicitați în funcție de nevoile sezoniere specifice sunt următorii:

➤ În sezonul turistic (aprilie-octombrie) – parametrii solicitați de beneficiari: 3l/s, 75°C, pentru:

- ✓ Apă caldă de consum în camerele hotelului Continental și apă geotermală utilizată direct în treapta finală, pentru agrement (umplerea piscinei în aer liber, a hotelului);
- ✓ Apă caldă de consum preparată prin schimbătoare de căldură și distribuită în locuințele populației și utilizare directă de apă geotermală în treapta finală, pentru

alimentarea bazinelor de la ștrandul municipal (agrement) – beneficiar R.A.G.C.L.

- În extrasezon (iarna) – parametrii solicitați: 4l/s, 76°C, pentru:
 - ✓ Încălzire spațială și apă caldă de consum la hotelul Continental;
 - ✓ Încălzire și apă caldă de consum în locuințe - beneficiar R.A.G.C.L.;
 - ✓ Încălzire spații comerciale și apă caldă de consum – beneficiar S.C. Mini Cornelia.

Potențialul energetic (nominal) de producere al sondei este de 85805 GJ pe an, limitat prin reglaj direct de către utilizatorii actuali la 52421 GJ (61%).

Rezerva energetică brută a acestei sonde, în ipoteza producerii la parametrii maximi potențiali, reprezintă echivalentul încălzirii și apei calde de consum pentru încă 556 de apartamente convenționale sau pentru acoperirea altor consumuri echivalente, de nivel moderat de temperatură.

În figura 4.28. este prezentat forajul 4004 din Oradea.

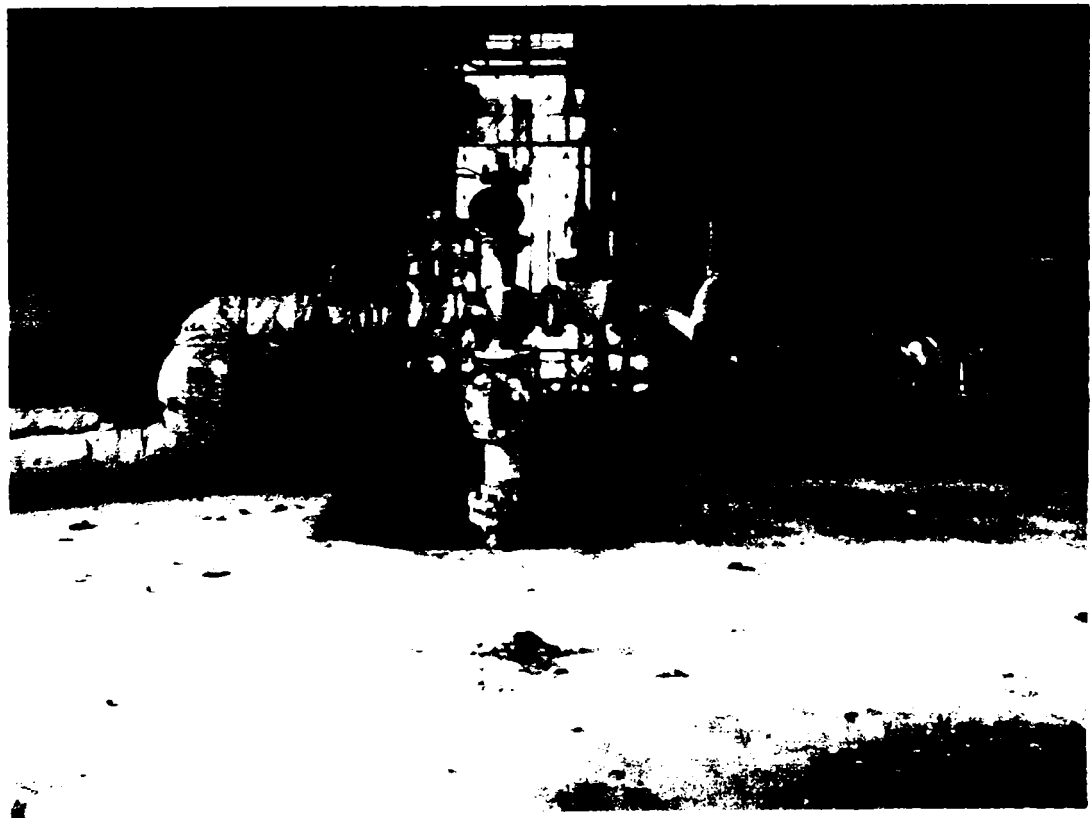


Figura 4.28. Forajul 4004, din perimetrul de exploatare a apei geotermale Oradea[69]

- Sonda 4005 Calea Aradului – sera de flori (2,076 MWt - putere nominală, la 8 l/s și 92°C)

Sonda este exploatată la o durată efectivă de 143 zile/an (3432 ore/an), cu debitul mediu de 7 l/s și o temperatură a apei de 90°C la capul de exploatare, pentru încălzirea serelor, aparținând beneficiarului RAGCL – Oradea.

Schema de utilizare implementată de beneficiar este de tipul cu introducere directă a apei geotermale în instalațiile de încălzire ale serelor (serpentine de încălzire amplasate perimetral, în fiecare modul de seră cu pereți vitrați). Întrucât pe durata sezonului cald nu s-au găsit utilizatori alternativi pentru energia produsă de sondă, aceasta este oprită până la debutul unui nou sezon de încălzire a serelor.

Potențialul energetic anual al sondei, calculat în condiții teoretice – producție de apă geotermală la parametri nominali, ecart maxim de 52°C de răcire a apei și 8760 ore pe an, durată de utilizare – este de 65477,5 GJ, din care energia utilizată efectiv, ținând cont de durata anuală redusă a utilizării actuale este de maximum 24563 GJ pe an (38% din potențial), datorită neutilizării sondei o bună parte a anului.

Rezerva anuală brută de energie utilizabilă din această sondă reprezintă echivalentul încălzirii apei calde de consum pentru un număr de 682 apartamente convenționale sau alte consumuri echivalente.

o Sonda 4006 Ștrand Municipal (2,135 MWt – putere nominală, la 10 l/s și 79°C)

Sonda produce la ora actuală timp de 365 zile/an, cu debitul mediu de 3 l/s și o temperatură a apei de 79°C la capul de exploatare. Principalii beneficiari și utilitățile termice deservite de sondă sunt următoarele:

- În sezonul cald (aprilie-octombrie) – parametri solicitați de beneficiari: 3 l/s, 79°C, pentru:
 - ✓ Utilizare directă în agrement (bazine în aer liber cu apă termală) – beneficiar Administrație Ștrand Municipal;
 - ✓ Agrement – beneficiar I.J. de Poliție.
- În sezonul rece (noiembrie-martie) – parametri solicitați de beneficiari: 3 l/s, 80°C, pentru:
 - ✓ Încălzire spații comerciale și birouri, apă caldă de consum și agrement (piscină)– beneficiar S.C. Crișul Oradea;
 - ✓ Încălzire birouri și apă caldă de consum – beneficiar PRODALCO SRL.

Potențialul energetic anual al sondei este de 67329 GJ/an – calculat în condiții teoretice: producție de apă geotermală la parametri nominali, cu ecart

maxim de răcire a apei de 49°C și 8760 ore/an durată de utilizare. Producția efectivă la parametri actuali reduși, la cererea beneficiarilor cuplați la sondă, este de 34049 GJ (circa 51% din potențialul teoretic) din care energia utilizată efectiv este de maximum 21118,4 GJ/an (62%).

Rezerva anuală de energie disponibilă pentru utilizare din această sondă este de 33280 GJ, în ipoteza producerii la parametri potențiali, asimilabilă cu echivalentul încălzirii și apei calde de consum pentru 555 apartamente convenționale sau alte consumuri termice echivalente.

În urma analizei chimice a apei provenite de la sonda 4006, în februarie 2003, au rezultat parametri chimici prezentați în tabelul 4.36; acești parametri au fost comparați cu valorile admise, prevăzute în legea nr. 458/2002, privind calitatea apei potabile, modificată și completată cu legea nr.311 din 28 iunie 2004.

Tabelul 4.36. Caracteristicile chimice ale apei geotermale provenite de la sonda 4006, în comparație cu valorile admise, stabilite în legea nr.458

Indicatori	U.M.	Sonda 4006	Valori admise
pH	unități de pH	8,90	6,5-9,5
Reziduu fix	mg/l	485	-
Conductivitate	μS/cm	693	2500
CCO-Mn	mg O ₂ /l	2,08	-
Cl	mg/l	16,9	0,5
SO ₄	mg/l	5	250
NO ₂	mg/l	0	0,5
NO ₃	mg/l	0,74	50
HCO ₃	mg/l	361	-
Na	mg/l	165	200
K	mg/l	1,4	-
Ca	mg/l	6,4	-
Mg	mg/l	3,8	-
NH ₄	mg/l	3,07	0,5
Fe	mg/l	0,1	0,2
Fosfați	mg/l	0,75	-
Duritate totală	°G	1,45	min. 5

Până în luna mai, 2004, bazinul acoperit al Ștrandului Municipal din Oradea a fost alimentat cu apă geotermală de la sonda 4006. Deoarece apa geotermală se utiliza, *netratată*, în amestec cu apa potabilă de la rețeaua de alimentare cu apă a orașului Oradea (0,07 m³ apă geotermală pentru 1 m³ apă de la rețea), datorită problemelor apărute (degradarea și colmatarea conductelor, a bazinelor, a punctului termic etc.), conducerea Primăriei Oradea a luat decizia de a nu mai folosi apă geotermală la bazinul acoperit. În continuare, este prezentată, în figurile 4.29...4.42, starea în care se afla bazinul acoperit (conducte de alimentare, punct termic etc.), înainte de a începe procesul de reabilitare a acestuia, în luna mai, 2004.



Figura 4.29. Planșeul bazinului acoperit



Figura 4.30. Bazin acoperit – uzură perete



Figura 4.31. Planșeul bazinului acoperit – armătură corodată

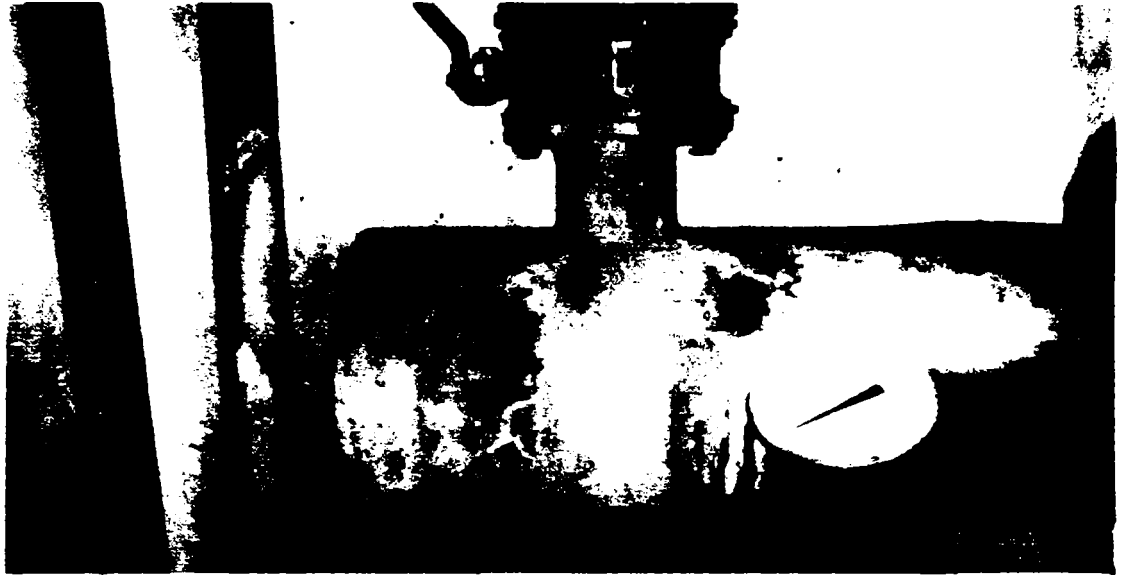


Figura 4.32. Punctul termic al bazinului acoperit (amestec apă rece și caldă)



Figura 4.33. Punctul termic al bazinului acoperit (amestec apă rece și caldă)

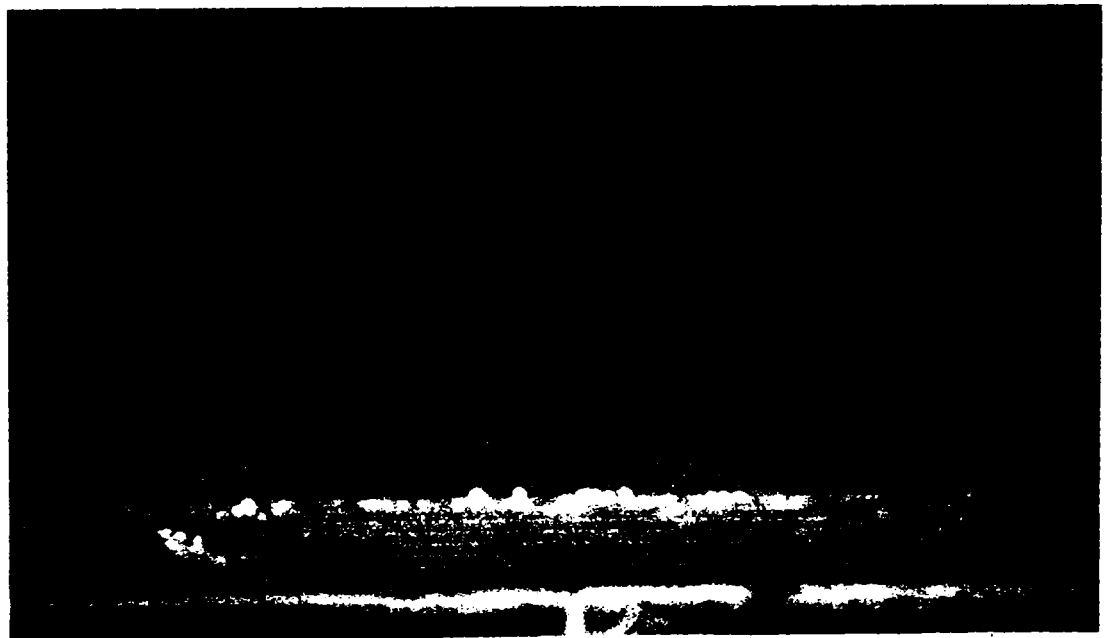


Figura 4.34. Bazin acoperit, plin cu apă geotermală *netratată*, în amestec cu apă rece

În figura 4.35 se poate observa starea în care au ajuns pereții bazinului, precum și culoarea apei din bazin (nu se vede aproape deloc radierul bazinului), având în vedere faptul că înălțimea apei este doar de 90 cm.

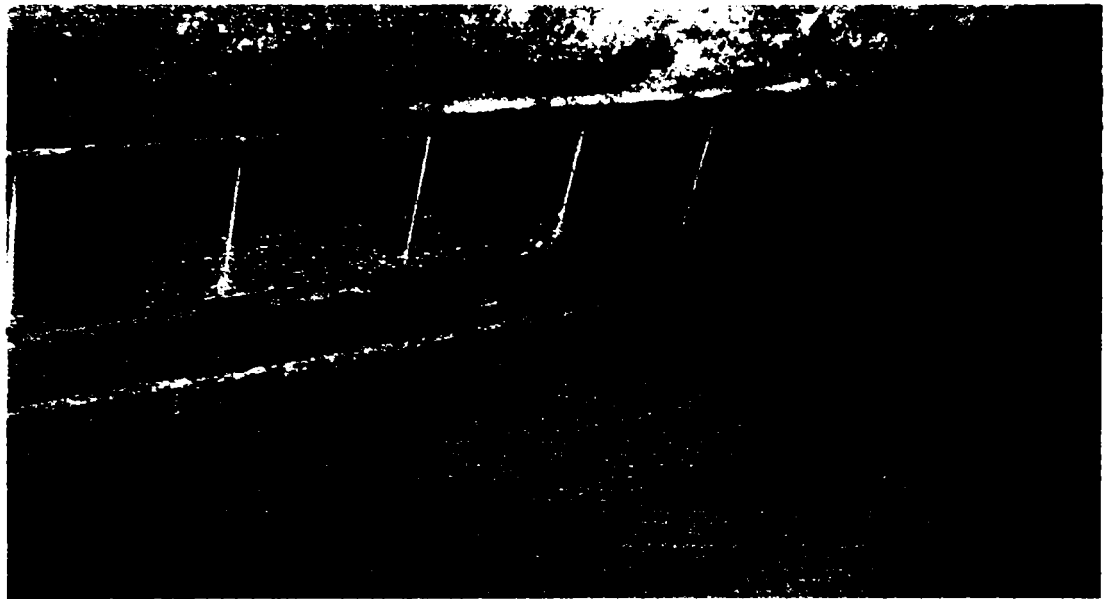


Figura 4.35. Bazin acoperit – starea pereților și turbulența apei



Figura 4.36. Bazin acoperit – conducta de umplere



Figura 4.37. Bazin acoperit - scări de acces

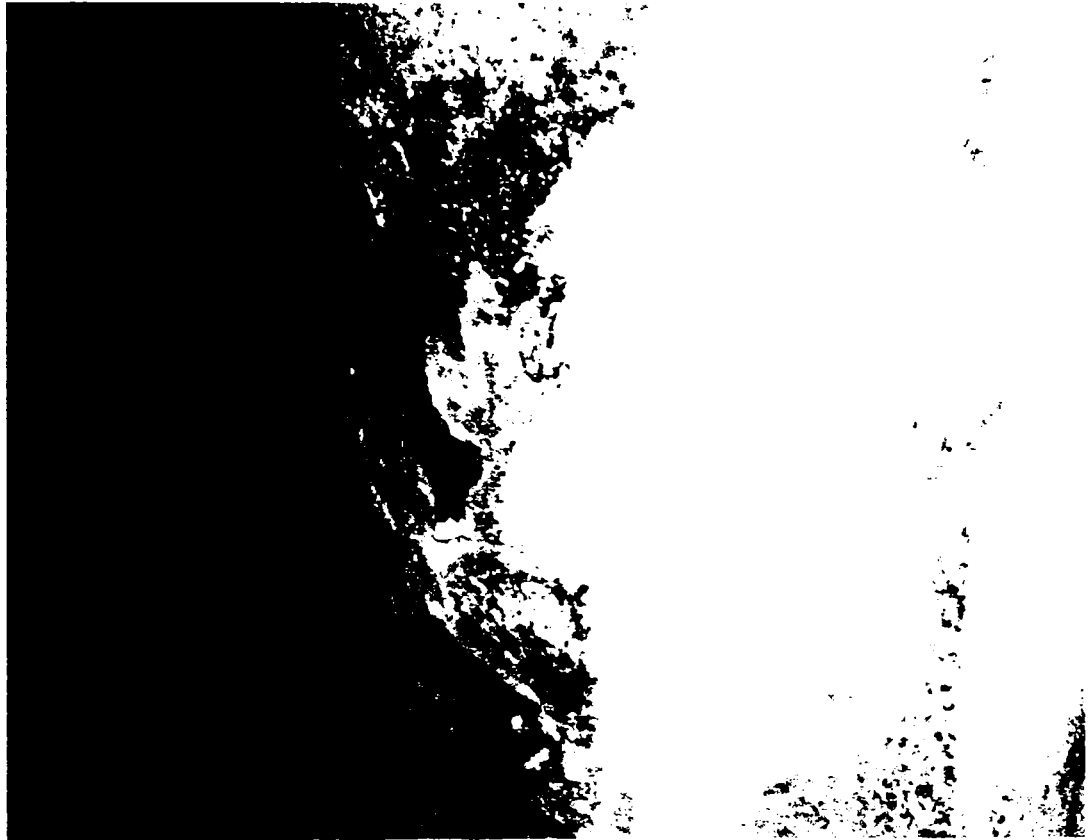


Figura 4.38. Bazin acoperit – stâlp de susținere planșeu

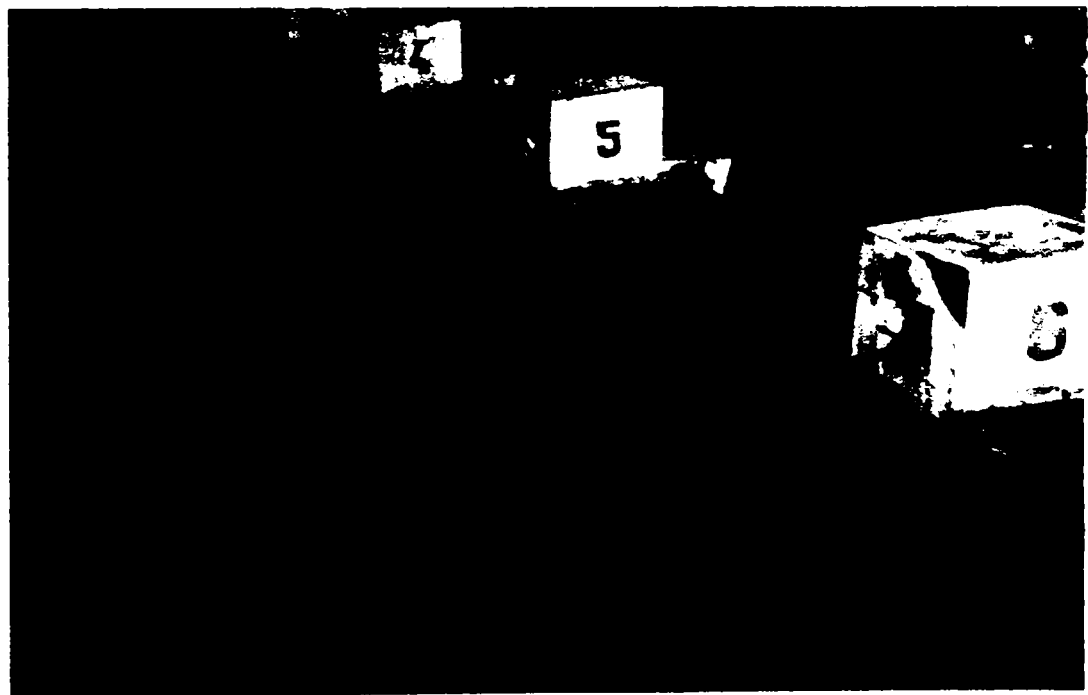


Figura 4.39. Bazin acoperit – acces pentru echipa de polo

În figurile 4.40...4.42 se poate observa starea conductei de alimentare cu apă geotermală netratată a bazinului de polo, cu secțiunea micșorată de cantitatea mare de depuneri.



Figura 4.40. Bazin acoperit – conducta de alimentare cu apă geotermală

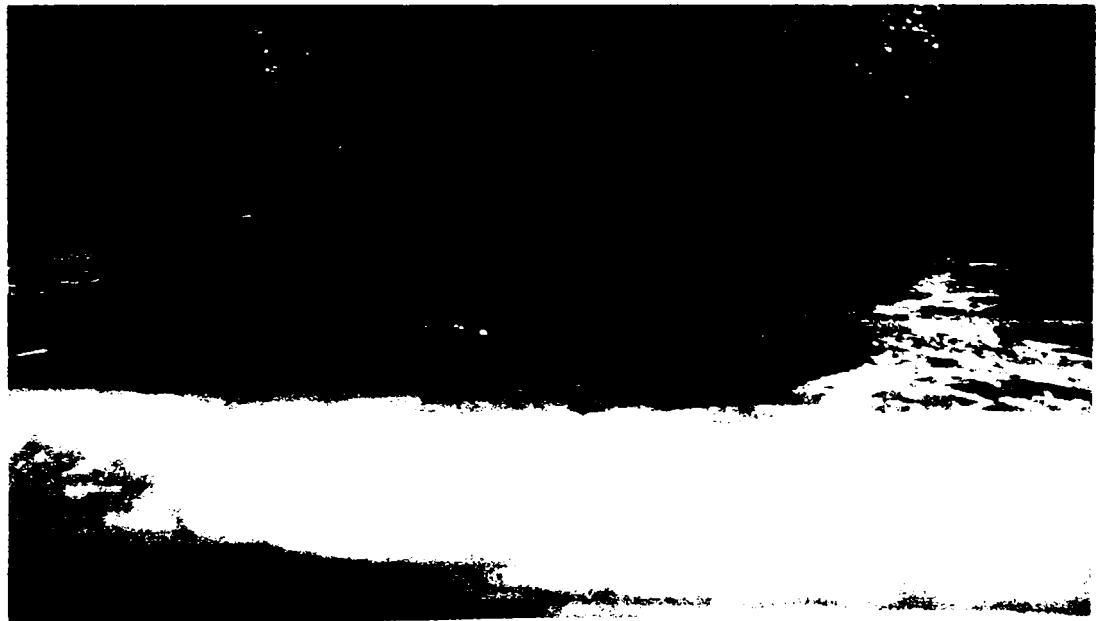


Figura 4.41. Bazin acoperit – conducta de alimentare cu apă geotermală



Figura 4.42. Bazin acoperit – conducta de alimentare cu apă geotermală

- Sonda 1715 Calea Clujului (3,433 MWt – putere termică nominală, la 20 l/s și 71°C)[12]

Sonda produce 365 zile/an la un debit mediu anual de 9 l/s și 70°C – temperatură medie a apei la capul de exploatare al sondei. Echivalentul în combustibil fosil al energiei produse de sondă este de cca. 733,3 tep/an. Principalii beneficiari și utilitățile termice deservite de sondă sunt următoarele:

- În perioada caldă, parametrii ceruți de unicul beneficiar – SICOOP Oradea sunt: debit 6 l/s, cu 67°C, apa geotermală fiind utilizată pentru prepararea apei calde de consum prin schimbător de căldură și respectiv, în scop tehnologic – pentru uscarea cherestelei.
- În perioada rece, parametrii solicitați de doi beneficiari sunt 12 l/s, cu 70°C, apa fiind utilizată astfel:
 - ✓ La beneficiarul SICOOP Oradea – pentru încălzirea birourilor și spațiilor de producție, preparare de apă caldă de consum și pentru uscarea cherestelei;
 - ✓ La beneficiarul S.C. ELECTROMETAL – pentru încălzirea birourilor și spațiilor de producție.

Potențialul energetic al sondei este de 108250 GJ/an, producția actuală fiind limitată conform cererii beneficiarilor conectați la sondă la 49704,6 GJ (46%), din care, energia utilă reprezintă circa 98% (48658 GJ/an).

Rezerva energetică, în ipoteza că sonda produce la parametrii maximi potențiali este 58545 GJ, însemnând echivalentul încălzirii și apei calde de consum pentru 976 apartamente convenționale, sau alte consumuri echivalente.

- Sonda 1716 (0,586 MWt – putere termică nominală, la 2,5 l/s și 86°C)[12][82]

Sonda este utilizată 365 zile/an, la un debit mediu anual de 1,7 l/s și 70°C (echivalent energetic 200 tep), beneficiarul unic al apei preluate prin presiunea sondei fiind Aeroportul Oradea.

Schema implementată de valorificare a energiei geotermale prevede următoarele condiții de preluare a fluidului geotermal:

- ✓ Parametrii asigurați de sondă în perioada de vară sunt 0,5 l/s și 78°C, apa geotermală fiind destinată exclusiv preparării apei calde de consum, prin intermediul schimbătoarelor de căldură, amplasate în punctul termic al beneficiarului. La debitul redus de apă geotermală preluat în această perioadă (20% din cel nominal), pierderile de căldură și deci pierderile energetice sunt destul de

mari, ele repartizându-se în proporții egale: 50% pe coloanele sondei, 50% pe traseul buclei deschise: cap sondă – degazor – conductă de transport – punctul termic beneficiar – evacuare apă uzată la canalizare.

- ✓ Iarna, parametrii asigurați la utilizare sunt: debit 2,5 l/s și 82°C temperatura apei la intrarea în punctul termic, apa geotermală fiind utilizată pentru prepararea agentului termic de încălzire cu corpuri statice (radiatoare) a clădirii aeroportului și a apei calde de consum distribuită la toate nodurile sanitare ale aerogării.

Rezerva energetică anuală a acestei sonde este mică (3695 GJ), datorită debitului nominal scăzut furnizat de sondă – la care pierderile capătă o pondere importantă. În ipoteza asigurării unor utilizări anuale constante ale puterii termice furnizate de sondă la parametrii nominali, cu o reducere la sub 7% a pierderilor tehnologice medii ale sistemului, eficiența aplicației s-ar îmbunătăți substanțial. Acest efect se poate obține numai prin extinderea consumurilor proprii ale aeroportului Oradea, singurul beneficiar care, dată fiind amplasarea în raport cu locația sondei, poate prelua în condiții avantajoase energia produsă de aceasta.

- Sonda 1717 Ioșia Gară (1,905 MWt – putere termică nominală, la 7 l/s și 95°C)[12][82]

Sonda produce 365 zile/an, la parametrii medii anuali: debit 3,3 l/s și 91°C, rezultând un echivalent al energiei produse efectiv de circa 500 tep/an. Debitul de apă produs de sondă este repartizat pe principalii beneficiari printr-o rețea monofilară ramificată, la presiunea dinamică asigurată de sondă și proporțional cu puterea termică momentană solicitată.

În perioada de iarnă, apa produsă de sonda 1717 este utilizată astfel:

- ✓ La sediul companiei S.C. TRANSGEX S.A. – pentru încălzirea birourilor și preparare apă caldă de consum;
- ✓ Încălzire și apă caldă de consum în 60 de case individuale;
- ✓ Pentru încălzirea clădirii cu birouri ale S.C. PETROVEST S.A.;
- ✓ Pentru încălzire spațială (clădiri cu birouri și spații de producție) la S.C. ELECTROMETAL;
- ✓ Pentru spălarea vagoanelor la STAȚIA C.F.R. ORADEA (în treapta finală de utilizare directă).

În perioada de vară, apa geotermală este utilizată de beneficiarul Stația C.F.R. ORADEA – pentru spălarea vagoanelor și, respectiv, pentru prepararea indirectă de apă caldă de consum, distribuită în cele 60 de case individuale.

Potențialul energetic maxim al sondei este de 60066 GJ, față de care producția medie actuală este limitată de beneficiari la 20708 GJ (circa 34,5%), eficiența schemei de utilizare fiind destul de ridicată, datorită consumului direct de apă în treapta finală, la stația CFR, deci peste limita convențională de răcire de 30°C, pentru care s-a calculat potențialul teoretic.

Rezerva energetică disponibilă pe această sondă, în ipoteza unei produceri la parametrii potențiali (maximali) reprezintă echivalentul încălzirii și apei calde de consum pentru un număr de circa 656 apartamente convenționale sau alte consumuri termice echivalente.

- Sonda 4795 Calea Aradului – pepinieră (0,544 MWt – putere termică nominală, la 2,5 l/s, 82°C)[12][82]

Sonda produce numai iarna (152 zile/an), la parametrii medii exploatați de 2,5 l/s, 80°C.

Apa geotermală este utilizată de către beneficiarul SCAZ Oradea, prin intermediul unei stații geotermale proprii, echipată cu schimbătoare de căldură, pentru prepararea agentului de încălzire spațială în clădirile proprii cu birouri și în scop tehnologic, în instalația de uscare a semințelor.

Potențialul energetic brut al sondei este de 17161 GJ pe an, utilizat în prezent în proporție de circa 42%, numai în perioada rece.

Rezerva de energie disponibilă pe sondă, în ipoteza producerii constante pe toată durata anului, la parametrii maximali potențiali este de 10014 GJ – echivalentul energiei termice necesare încălzirii și apei calde de consum pentru circa 167 apartamente convenționale, sau alte consumuri termice echivalente, posibil de asigurat din disponibilul acestei sonde.

- Sonda 4796 Universitate (6,781 MWt – putere nominală, la 30 l/s și 84°C)[12][82]

Pentru a deservi utilitățile termice curente, inclusiv baza didactică experimentală cuplate la această sondă, sonda produce timp de 365 zile/an, la parametrii medii 8 l/s, 83°C.

Echivalentul brut al energiei produse de sondă la parametrii medii exploatați, este estimat la peste 1000 tep pe an. La puterea termică medie anuală

la care este exploatată sonda, de 1,775 MWt (26% din cea nominală), conform schemei de utilizare în trei trepte de temperatură prevăzută (figura 4.43) și echipării performante a schemei (cu SCP modernizate în anul 1994), randamentul global al aplicației este destul de ridicat, deși gradul anual de utilizare a potențialului sondei rămâne în continuare relativ scăzut.

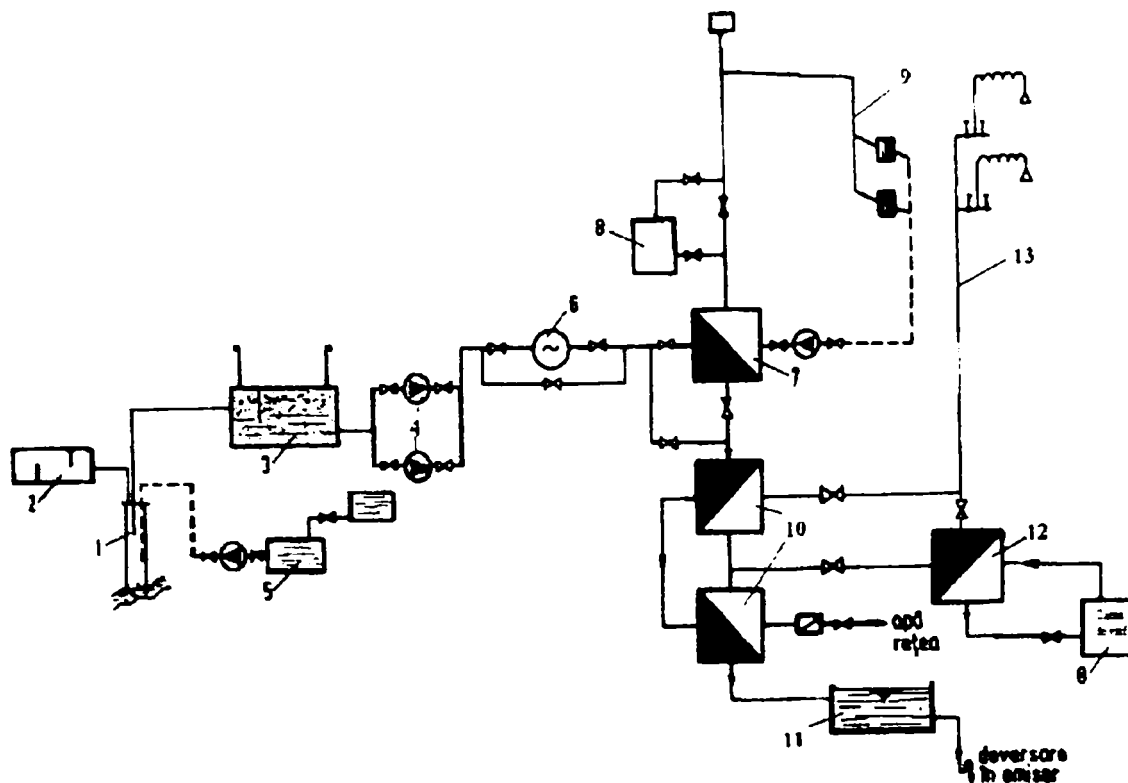


Figura 4.43. Schema de valorificare în trepte a apei geotermale, pentru prepararea agentului de încălzire spațială și a apei calde de consum, în campusul Universității din Oradea[12]

1 – sonda 4796 de producție; 2 – dispozitiv de măsurare a debitului cu deversor triunghiular; 3 – degazor; 4 – pompe de circulație apă geotermală; 5 – instalație de dozare soluție inhibitor de crustă în sondă; 6 – instalație pilot pentru producerea de electricitate, în ciclu cu CO₂, bazată pe energie geotermală; 7 – schimbător de căldură pentru preparare agent încălzire (treapta I de răcire a apei geotermale); 8 – cazan auxiliar (sursă de vârf) pe gaze naturale; 9 – instalație de încălzire centrală, cu apă caldă, 90/70°C; 10 – schimbătoare de căldură, treapta I și treapta a II-a, pentru preparare apă caldă de consum; 11 – bazin de agrement în aer liber; 12 – schimbător de căldură auxiliar, pentru preparare apă caldă de consum, cu agent primar furnizat de la sursa de vârf.

Beneficiarul unic al producției de apă geotermală din sonda 4796 este Universitatea din Oradea. Iarna, schema prevede distribuția agenților termici preparați la punctul termic geotermal cu apă geotermală pentru: încălzirea clădirilor din campus (7 – SCP treapta I de răcire), apă caldă de consum (10 – SCP treapta I și II apă caldă de consum distribuită la nodurile sanitare din clădirile campusului și pentru consum tehnologic la cantină.

Parametrii medii furnizați de sondă, pentru asigurarea puterii maxime necesare în sezonul de încălzire sunt: debit 12 l/s și 83°C – temperatura apei la capul de exploatare.

În absența încălzirii, vara, parametrii medii utilizați sunt 4 l/s și 80°C, apa geotermală fiind folosită preponderent pentru prepararea apei calde de consum și la baza experimentală pentru instalația de producere a energiei electrice în ciclul cu CO₂.

Punctul termic geotermal din incintă a fost complet modernizat în anul 1994, după modelul instalației dublet „Nufărul”, fiind dotat cu schimbătoare de căldură cu plăci (SCP-AG1) fabricate la ICPIAF Cluj-Napoca. Tot atunci, în baza unui contract de colaborare finanțat de Comunitatea Europeană, sonda 4795 a fost echipată și cu o pompă cu ax lung, acționată prin convertizor de frecvență Siemens, prin care se poate realiza variația continuă a debitului extras, în plaja 0-100%.



Figura 4.44. Centrala electrică geotermală din incinta Universității din Oradea

Prin instalarea pompei, debitul maxim al sondei 4796 a fost mărit până la 40-45 l/s, pentru ca, la nevoie, aceasta să poată asigura simultan, atât necesarul de apă caldă la instalația pilot pentru producere de energie electrică în ciclu cu CO₂, cât și la punctul termic geotermal (pentru consumurile termice asigurate permanent, în campusul universitar).

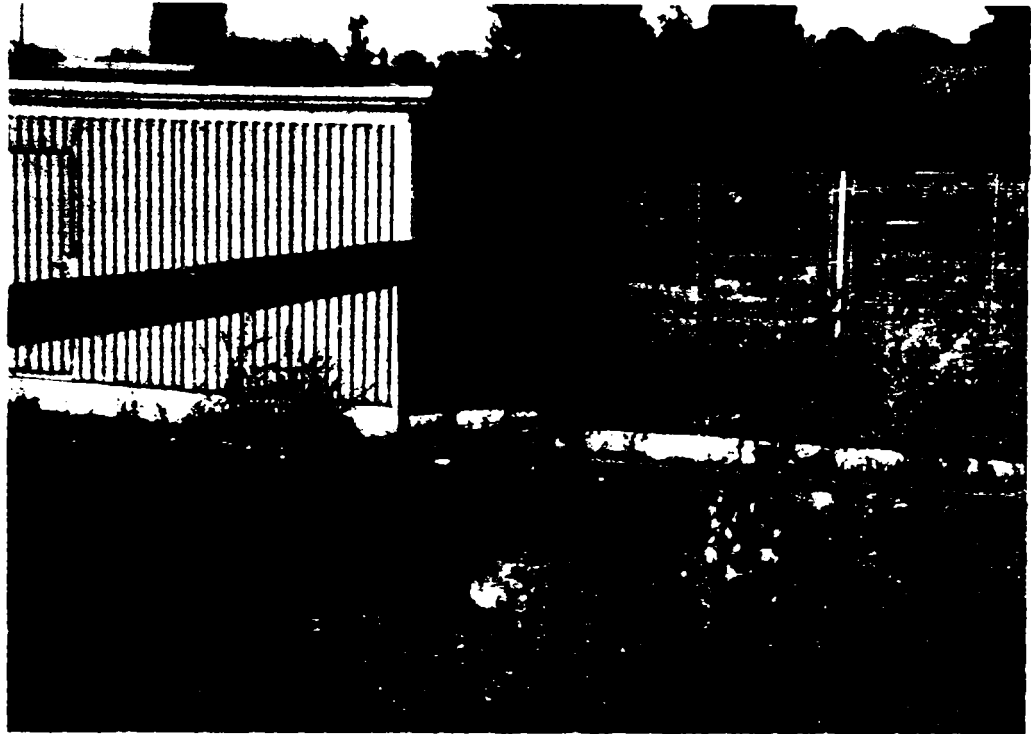


Fig. 4.45. Sonda 4796 Universitate - Conducte de alimentare a centralei

Rezerva anuală sau disponibilul de energie pe această sondă, dacă ar fi produsă la parametrii nominali potențiali, reprezintă echivalentul încălzirii și apei calde de consum pentru circa 1222 apartamente convenționale sau alte consumuri echivalente din zona industrială limitrofă amplasamentului sondei.



Fig. 4.46. Conducte de alimentare cu apă geotermală campus

Compoziția apei geotermale utilizate la Universitatea din Oradea, comparativ cu recomandările UE pentru valorile maxim admise pentru apa potabilă, este prezentată în tabelul 4.37. Comparând valorile din tabel, rezultă că apa geotermală are compoziția foarte apropiată de cea a apei potabile. Ca urmare,

cu excepția dioxidului de carbon, apa geotermală nu este poluantă pentru mediul înconjurător. Deversarea apei geotermale în pârâul din apropiere sau în canalizarea orașului nu va produce efecte poluante.

Tabelul 4.37. Compoziția apei geotermale de la sonda Universității din Oradea comparativ cu valorile maxim admise pentru apa potabilă

Parametrii	Apa geotermală utilizată la Universitatea din Oradea	Valorile maxim admise pentru apa potabilă (recomandările UE)
Temperatura (°C)	85	25
PH	6	9,5
Compoziție (ppm)		
Total solide dizolvate (TSD)	1200	1500
Calciu (Ca)	230,7	-
Magneziu (Mg)	42,4	50
Potasiu (K)	5	12
Sodiu (Na)	20	150
Clor (Cl)	70,9	200
Fluor (F)	-	1,5
Hidrogen sulfurat (H ₂ S)	-	0,2
Dioxid de carbon (CO ₂)	157	Neagresiv
Aluminiu (Al)	-	0,2
Arsenic (As)	-	0,05
Bor (B)	-	-

Rezultatele analizelor arată că apa geotermală, deși nu poluează atmosfera cu gaze toxice, elimină în aer o cantitate mare de dioxid de carbon, responsabil de efectul global de seră. Acest neajuns poate fi înlăturat prin evitarea contactului apei geotermale cu aerul atmosferic și reinjectarea apei geotermale uzate termic în zăcământ.

Referitor la poluarea termică, dacă apa geotermală reziduală este deversată în râuri, lacuri sau chiar pânze freatice de mică adâncime, poate afecta mediul biologic local și în final întregul ecosistem. Acest fenomen poate fi evitat prin utilizarea apei geotermale în cascadă, pe nivele de temperaturi până aproape de nivelul de temperatură al mediului de deversare. Fenomenul mai poate fi evitat prin răcirea apei geotermale reziduale, înainte de deversare, în bazine de răcire sau prin reinjectarea apei în zăcământ.

În cazul complexului geotermal de la Universitatea din Oradea, apa geotermală este utilizată în cascadă, până la nivele inferioare de temperatură, după care este deversată într-un pârâu din apropiere, pârâu care conține apă tot de natură geotermală.

- Sonda 4767 Ioșia Nord (6,279 MWt – putere termică nominală, la 20 l/s, și 105°C)

Sonda este exploatată 365 zile/an, la parametrii medii anuali 12,5 l/s și 103°C, rezultând un echivalent energetic brut de 2740 t.e.p./an.

Apa este furnizată direct beneficiarilor (prin presiunea dinamică rezultată la capul de exploatare al sondei). Beneficiarul principal al apei este o fabrică de produse lactate, unde apa este folosită atât în procesul tehnologic de fabricație, cât și pentru încălzire spațială și apă caldă de consum în clădirile administrative. Schema de principiu a aplicației este prezentată în figura 4.47.

Beneficiarii de apă geotermală și utilitățile termice asigurate sezonier sunt următoarele:

În sezonul rece (noiembrie-martie) – parametrii solicitați de beneficiari: 15 l/s, 104°C, pentru:

- ✓ Beneficiar: S.C. LUSO S.A. – preparare de apă caldă utilizată ca agent intermediar în procesul tehnologic de prelucrare a laptelui, încălzire spațială și apă caldă de consum.
- ✓ Beneficiar: S.C. CRIȘUL – pentru încălzire spațială și apă caldă de consum.
- ✓ Beneficiar R.A.P.A. – pentru încălzire, apă caldă și agrement la sala sporturilor din Oradea.
- ✓ Beneficiar: S.C. EXMOB – pentru uscarea cherestelei.
- ✓ Beneficiar: Școala de șoferi – care utilizează apa geotermală direct pentru spălarea mașinilor și pentru încălzirea birourilor autobazei.
- ✓ Beneficiar: Agenți comerciali privați și sediul TRANSGEX – pentru încălzire spațială.

Vara (aprilie – octombrie) – parametrii solicitați de beneficiari: $Q=10$ l/s, $T_{CE}=101^{\circ}\text{C}$ la:

- ✓ Beneficiar: S.C. LUSO – apă caldă de proces (tehnologică).
- ✓ Beneficiar: S.C. CRIȘUL – pentru umplere bazine de agrement.
- ✓ Beneficiar R.A.P.A. – pentru agrement.

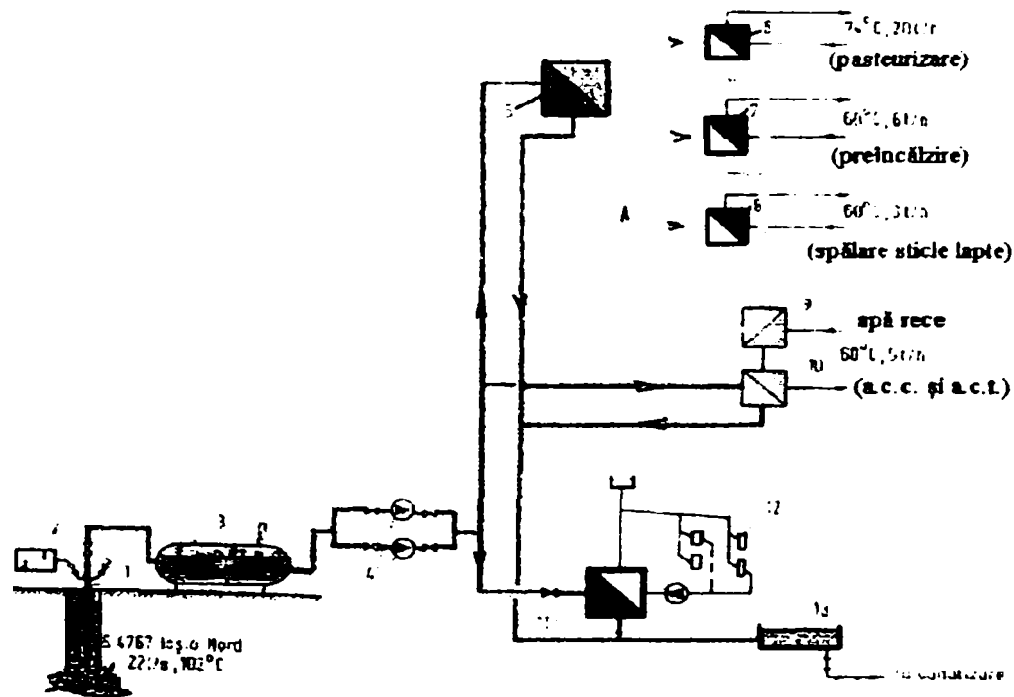


Figura 4.47. Schema de valorificare în trepte a apei geotermale produsă de sonda 4767 Ioșia Nord[12]

1 – sonda 4767 de producție; 2 – dispozitiv de măsurare a debitului cu deversor triunghiular; 3 – schimbător de căldură geotermal, pentru preparare apă caldă utilizată ca agent de încălzire intermediar, în procesul tehnologic de prelucrare a laptelui; 4,5,6 – schimbătoare de căldură cu agent intermediar; 7,8 – schimbătoare de căldură treapta I și II, pentru preparare apă caldă de consum; 9 – schimbător de căldură, pentru preparare agent încălzire cu corpuri statice; 10 – instalație de încălzire centrală cu apă caldă, 90/70°C; 11 – umplere bazine de agrement, cu apă geotermală, la ștrandul Ioșia.

Rezerva de energie disponibilă a sondei, în ipoteza producerii la parametrii nominali este de 54739 GJ – echivalentul încălzirii și apei calde de consum pentru un număr de circa 912 apartamente convenționale sau alte consumuri termice echivalente.

Întrucât, începând din anul 2001, principalul beneficiar al energiei geotermale produse din sonda 4767 – Fabrica de lapte LUSO, și-a redus activitatea, operatorul de perimetru TRANSGEX a decis demararea unui proiect de modernizare și re tehnologizare a instalațiilor de suprafață, prin aplicarea unei soluții conceptuale cvasi-similare cu cea folosită în realizarea instalației dublet Nufărul. În soluția propusă, sonda va putea produce tot anul, cât mai aproape de capacitatea ei nominală, livrând apa la un punct termic geotermal centralizat, realizat cu echipamente moderne și fiabile, în apropierea sondei. În punctul termic geotermal se vor prepara apă caldă de consum și agentul de încălzire distribuiți la apartamentele din blocuri, alimentate cu căldură în prezent din cinci puncte termice cuplate la rețeaua de termoficare urbană, din CET Oradea I (pe cărbune).

Noua schemă funcțională va asigura o eficiență substanțial îmbunătățită a valorificării resurselor produse de sonda 4767 și va contribui direct și indirect la reducerea poluării mediului, prin importante economii de combustibil fosil pe care aplicația le va permite.

În figurile 4.48...4.50 sunt prezentate efectele depunerilor și ale coroziunii conductelor care alimentează ștrandul Ioșia.



Figura 4.48. Depuneri acumulate la vana de pe conducta de alimentare cu apă a ștrandului Ioșia



Figura 4.49. Rezultatul procesului de coroziune a conductelor de la ștrandul Ioșia

În figura 4.50 este prezentat un bazin de tratament, cu apă geotermală, din incinta ștrandului Ioșia.



Figura 4.50. Bazin pentru tratament, cu apă geotermală – ștrandul Ioșia

- Sonda 1709 Oncea Episcopia (0,967 MWt – putere termică nominală, la 3,5 l/s, 96°C)

Sonda 1709 este ultima sondă existentă în perimetrul Oradea, introdusă în exploatare curentă în anul 1990, cu consumatorii termici cuplați. Sonda produce 214 zile/an (circa 5140 ore/an), la parametrii maximi asigurați, de 3,5 l/s și 96°C, echivalentul brut al energiei produse fiind de circa 694 tep/an. Apa este transportată și distribuită prin rețea monofilară ramificată, sub presiunea dinamică asigurată de sondă, principalii beneficiari de apă geotermală și utilitățile termice asigurate fiind următoarele:

- Beneficiar: S.C. IFOR S.A. – pentru încălzire spații de producție (ateliere).
- Beneficiar: S.C. Comaliment – pentru încălzire spații comerciale și birouri.
- Beneficiar: S.C. TRANSGEX – pentru încălzire directă (birouri sediu).
- Beneficiar: S.C. REMIA – preparare de apă caldă pentru spălarea mașinilor.

Rezerva de energie disponibilă a aceste sonde, în ipoteza producerii la parametrii potențiali este de 18059 GJ – echivalentul încălzirii și apei calde de consum pentru un număr de circa 300 de apartamente convenționale sau alte consumuri termice echivalente, care ar putea fi cuplate la sonda 1709, pentru îmbunătățirea eficienței valorificării energiei produse.

- Sonda 507 Livada (1,172 MWt – putere termică nominală, la 5 l/s, 86°C)

Conform schemei de utilizare proiectate (figura 4.51), sonda poate fi produsă 365 zile/an la parametrii medii de 2,7 l/s, 86°C, echivalentul brut al energiei produse fiind de circa 467 tep/an.

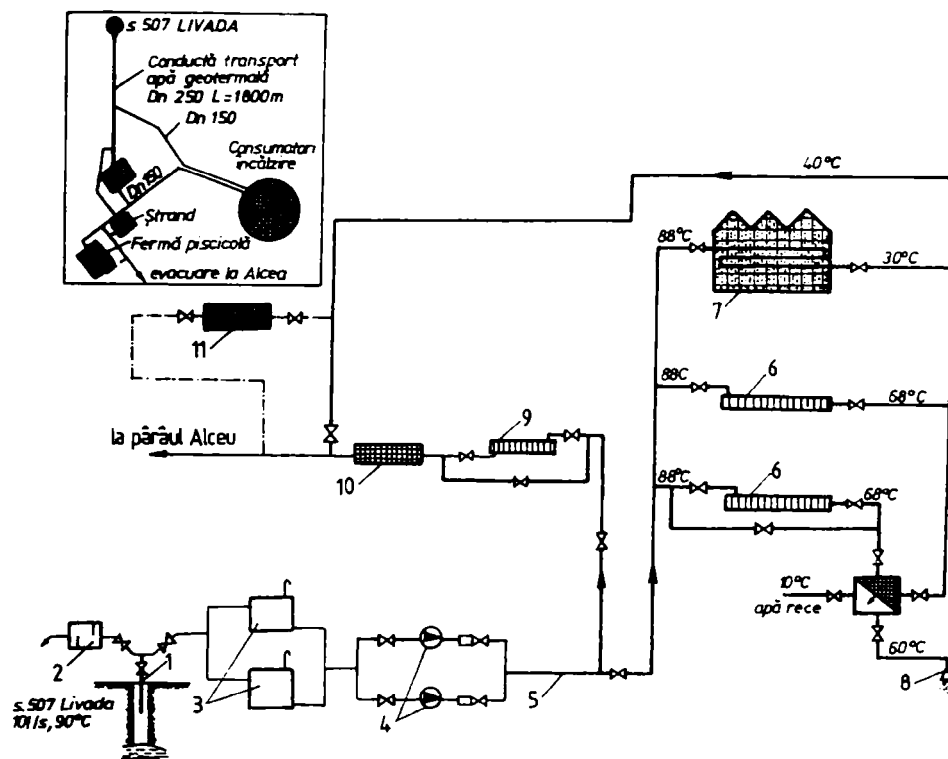


Figura 4.51. Schema de utilizare directă a apei geotermale pentru încălzirea construcțiilor agrozootehnice și civile și pentru alte utilități de joasă temperatură în treapta finală, în comuna Livada de Bihor[12]

1 – sondă de producție; 2 – deversor triunghiular pentru măsurarea debitului; 3 – degazoare deschise; 4 – stație de pompare; 5 – conductă de transport; 6 – consumatori de încălzire (clădiri civile și terțiare); 7 – sere de flori și legume încălzite direct cu apă geotermală (0,5 ha); 8 – schimbător de căldură și distribuție apă caldă de consum preparată geotermal; 9 – încălzire tehnologică directă la o maternitate de scroafe; 10 – bazin de agrement în aer liber, 11 – bazine piscicultură.

Sonda 507 a fost forată pe raza comunei Livada de Bihor și, atât concepția schemei, cât și modalitățile practice de valorificare a energiei geotermale produse, reflectă trăsăturile comune ale multor aplicații geotermale implementate înainte de 1989 și în alte localități cu specific rural.

Conform schemei implementate la nivelul anilor 1982-83, apa produsă este transportată și distribuită prin pompare, printr-o rețea monofilară ramificată.

Ținând cont de utilitățile termice asigurate, sonda produce numai iarna (175 zile/an), la parametrii maximi 5 l/s și 86°C, preponderent în sezonul rece și de tranziție (circa 200 zile/an).

Principalii beneficiari de apă geotermală și utilitățile termice asigurate sunt următoarele:

- ✓ Beneficiari: case și gospodării individuale – pentru încălzire spațială.
- ✓ Beneficiar: S.C. PRO ACVA – apă caldă tehnologică folosită în piscicultură.
- ✓ Beneficiar: Ștrandul comunal Nojorid – utilizând direct apa geotermală răcită în treptele primare, pentru agrement și cură balneară (umplere bazin acoperit).

Potențialul energetic al sondei este de 36963 GJ/an și, ținând cont de durata anuală limitată la 4800 ore/an a utilităților termice cuplate la sondă, acest potențial este valorificat în proporție de maximum 55% - 20254 GJ/an, energie efectiv produsă. Echivalentul în combustibil fosil al energiei produse de sondă reprezintă până la 461 tep/an.

Energia utilă reprezintă în medie, între 75-80% din cea efectiv produsă anual, ceea ce reprezintă un randament bun, datorat folosirii directe a apei geotermale în procesele utilizatoare, ceea ce permite valorificarea practic integrală a ecartului de temperatură al apei geotermale.

Rezerva de energie disponibilă pe această sondă este de circa 16709 GJ și se referă, în special, la sezonul cald (perioada de vară) când, ținând cont de specificul local, apa geotermală poate fi folosită în instalații de uscare a produselor agricole, uscarea furajelor etc.

De altfel și această aplicație face obiectul unui proiect de re tehnologizare propus, acțiune în curs de derulare, în care sunt implicați atât operatorul de perimetru (S.C. TRANSGEX Oradea), cât și factorii de decizie locali (Primăria, Consiliul Local și Consiliul Județean Bihor).

Proiectul de re tehnologizare a instalației de alimentare cu căldură, bazată pe resurse de energie geotermală, din comuna Livada de Bihor, a fost propus și promovat de către un colectiv de cercetare din ICEMENERG, în cadrul programului național de cercetare-dezvoltare MENER.

4.9. Studiu de caz privind încălzirea și prepararea apei calde menajere la hotel „Elite” din Oradea, folosind ca agent primar apă geotermală

4.9.1. Situația existentă

Hotelul „Elite” din Oradea, Parcul Brătianu nr.24, 26, 28 este o construcție nouă, având un regim de înălțime S+P+1E+M și S+P+3E+M. În figura 4.52 sunt prezentate imagini dintr-o cameră a hotelului.



Figura 4.52 a,b Imagini dintr-o cameră a hotelului „Elite”

Energia termică necesară pentru a încălzi spațiile hotelului, pentru preparat apa caldă necesară grupurilor sanitare ale hotelului, precum și încălzirea apei din piscină, la umplere, și încălzirea apei recirculată zilnic a piscinei, se propune a se produce cu apa geotermală provenită de la un foraj de apă geotermală, amplasat în zonă (în Parcul Brătianu, forajul 4004, reprezentat în figurile 4.53 – 4.57).[69]



Figura 4.53. Parcul Brătianu din Oradea



**Figura 4.54. Parc Brătianu din Oradea -
forajul 4004 – vedere din exterior**



Figura 4.55. Forajul 4004 – din Parc Brătianu, Oradea [69]

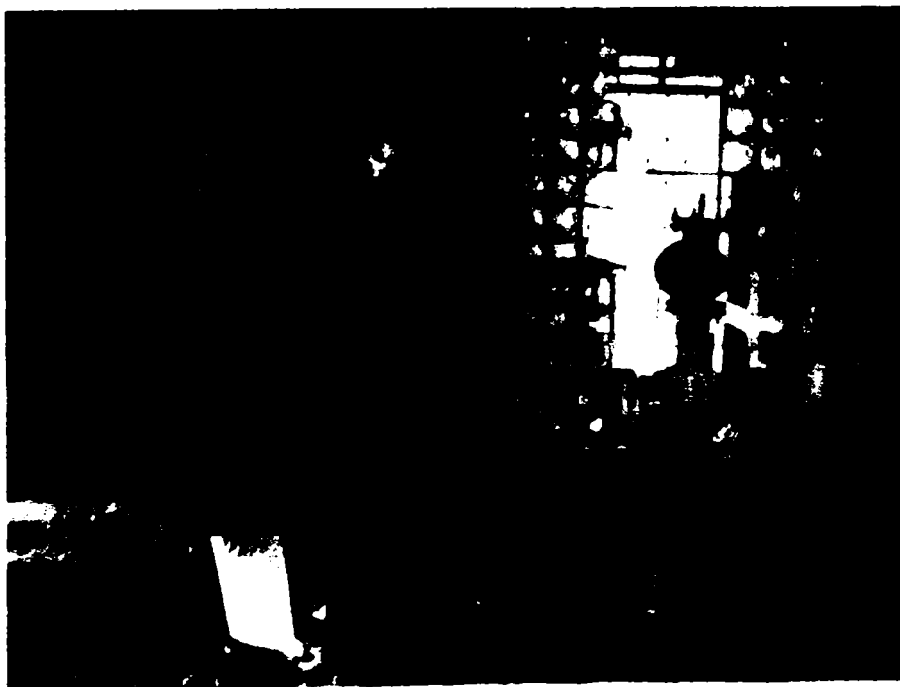


Figura 4.56. Forajul 4004 – din Parc Brătianu, Oradea – reparații



Figura 4.57. Forajul 4004 – din Parcul Brătianu, Oradea - depuneri

4.9.2. Varianta proiectată

Apa caldă necesară la încălzirea spațiilor, prepararea apei calde menajere și apa caldă necesară la piscina hotelului se vor produce într-un punct termic amplasat în subsolul hotelului.

Punctul termic proiectat va utiliza ca agent primar apa geotermală de la forajul 4004, care are temperatura de 80°C.

Distanța de transport a apei geotermale de la forajul 4004 la Hotelul „Elite” este de 80 m.

Apa geotermală folosită de la forajul 4004 nu conține substanțe chimice poluante, astfel că această apă geotermală răcită după utilizare, va putea fi evacuată în rețeaua de canalizare pluvială a orașului și, de aici, în râul Crișul Repede.

Caracteristicile chimice ale apei geotermale provenite de la forajul 4004 sunt prezentate în tabelul 4.38.

Tabelul 4.38. Caracteristicile chimice ale apei geotermale extrase din forajul 4004

Caracteristici	U.M.	Sonda 4004
Mineralizație	mg/l	1194,0
Duritate	°D	40,00
Cloruri	mg/l	18,00
Bicarbonați	mg/l	204,0
Sulfati	mg/l	690,0
Anioni	meq/l	15,31
Sodiu	mg/l	30,0
Potasiu	mg/l	3,0
Calciu	mg/l	189,0
Magneziu	mg/l	60,0
Cationi	meq/l	15,05

În ceea ce privește caracterul corosiv al apelor geotermale provenite de la forajul 4004, prin determinări efectuate în laborator, au rezultat următoarele:

- Viteza de coroziune: 6,72 g/m²/zi;
- Indicele de penetrație: 0,312 mm/an;
- Depuneri, la 85°C: 76,00 mg/l.

Precizăm că, în condiții de exploatare, ținând cont că viteza de trecere a apei geotermale prin instalații este destul de mare, coroziunea este mai accentuată, lucru confirmat de observațiile făcute pe teren.

Degazarea apei geotermale se face la ieșirea din sondă, prin intermediul unui rezervor tampon și de degazare din beton.

Prin degazarea apei se elimină formarea depunerilor din instalație, dar totuși această soluție nu poate proteja contra depunerilor pe porțiunile de conductă din sondă, până la rezervorul tampon.

Aceste depuneri se formează în partea superioară a coloanei de tubaj a forajului, pe ultimii 20-120 m și pe primii 30-40 m de conductă, de la sondă spre degazor, după atingerea presiunii critice din coloană.

Pentru tratarea apei geotermale direct la sondă, se folosește metoda chimică, care constă în injectarea continuă a unor soluții apoase, pe bază de polifosfați care leagă cationii alcalino-pământoși (Ca, Mg) sub forma unor combinații solubile în apă. Astfel, se introduce în coloana sondei o soluție de inhibitor, până la adâncimea presiunii critice, la care începe procesul de depunere a crustei. Tratarea are loc în flux continuu, prin intermediul unei instalații compuse din rezervor de preparare, rezervor tampon pentru soluție și pompe de dozare. Pentru tratare se folosesc polifosfați multimetaliți.

Instalația de tratare chimică la sondă este montată în clădirea stației de pompare pentru alimentarea consumatorilor de apă geotermală din rezervorul tampon și de degazare.

4.9.2.1. Instalația de încălzire centrală la Hotel „Elite” din Oradea

Sursa de căldură este forajul de apă geotermală existent în parc, la o distanță de 80 m de la hotel. Forajul (reprezentat în figura 4.58) a fost executat pentru ștrandul hotelului Dacia (actualul Hotel Continental din Oradea). Temperatura apei este de 80°C, debitul forajului este de 1100 mc/zi, mineralizația apei fiind de 1,1 g/l, apa este cu conținut de gaze.



Figura 4.58. Forajul 4004 – din Parcul Brătianu, Oradea – conducta de transport apă geotermală către consumatori

S-a proiectat o instalație de încălzire cu punct termic propriu, reprezentată în figura 4.59, având ca agent primar apa geotermală de la acest foraj (4004).

Instalația de încălzire s-a proiectat cu distribuție inferioară, distribuția făcându-se prin subsolul clădirii, cu radiatoare din fontă sau oțel. Dimensionarea instalațiilor s-a făcut pentru funcționare la încălzire, cu temperaturile $78^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{C}$, iar apa caldă menajeră la $60^{\circ}\text{C}/38^{\circ}\text{C}$.

Instalația de încălzire cu punct termic reprezintă prima treaptă de utilizare a apei geotermale, în treapta a doua apa este utilizată la piscina hotelului, realizată în incintă, iar de aici, gata răcită la 30°C , se va evacua la canalizare.

Tratarea magnetică a apei geotermale se va face direct, înainte de a intra în schimbătoarele de căldură. Această tratare se face cu dedurizatoare cu filtre magnetice.

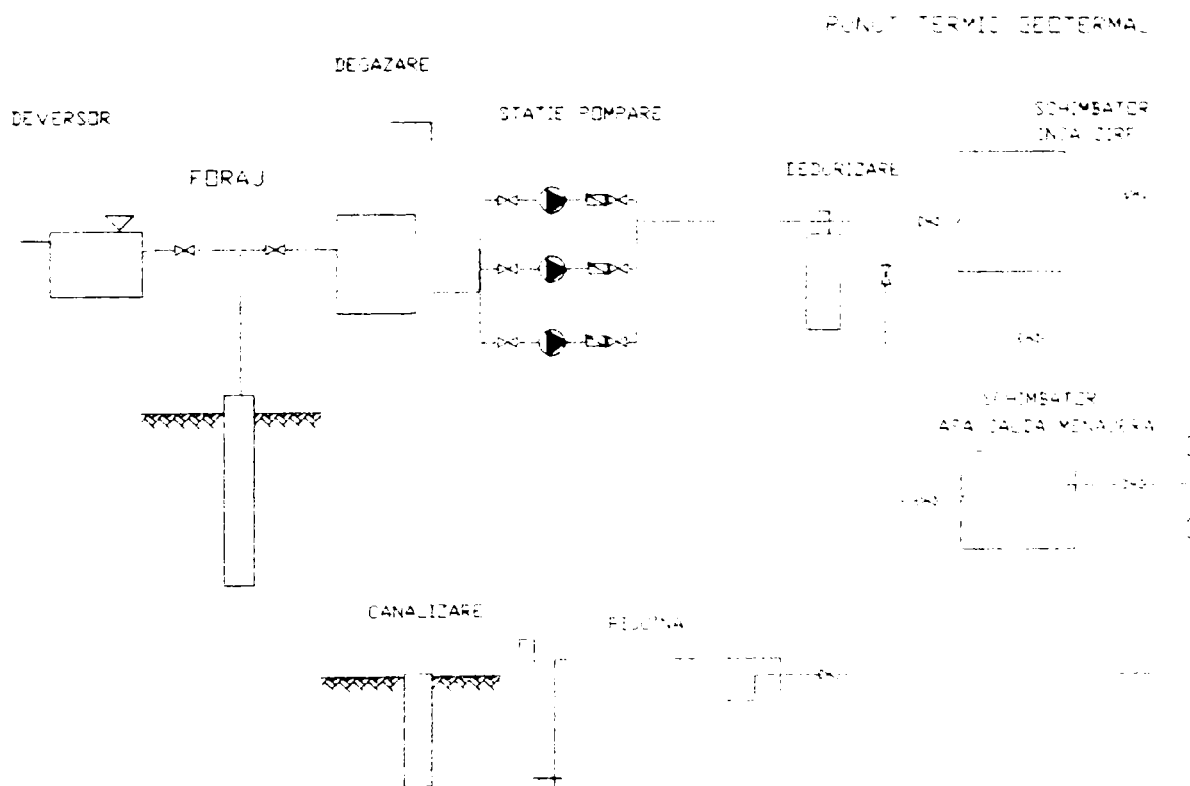


Figura 4.59. Instalație de încălzire și preparare apă caldă menajeră, prin utilizarea apei geotermale

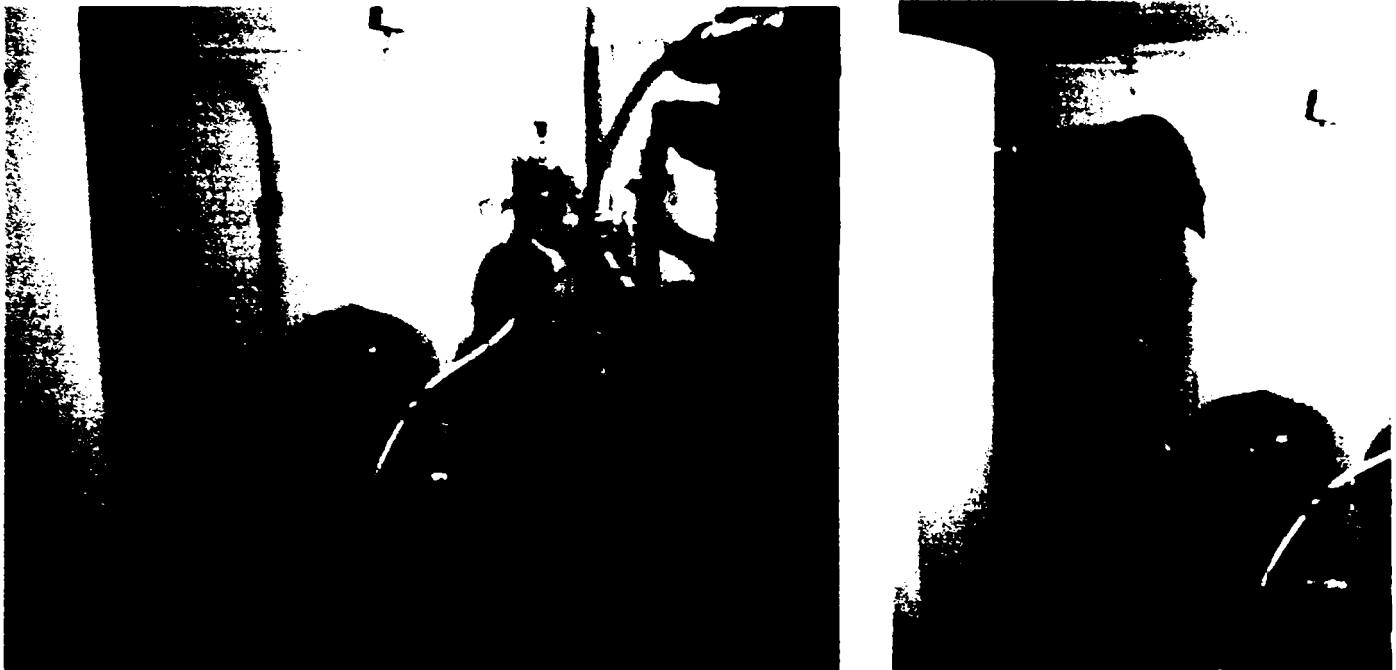


Figura 4.60 a,b Punctul termic din subsolul hotelului „Elite”

Calculul energiei termice necesare la Hotel „Elite” din Oradea

- a) Încălzire. Necesarul de căldură pentru încălzire s-a făcut conform STAS 1907/1,2 și a rezultat un necesar de căldură de:

$$Q_{inc.} = 45000 \text{ Kcal/h.}$$

$$Q_{\text{anual încălzire}} = 45000 \text{ Kcal/h} \cdot 24 \text{ ore/zi} \cdot 170 \text{ zile/an} \cdot 0,5 = 918000000 \text{ Kcal/an} \\ \approx 92,0 \text{ Gcal/an, în care:}$$

0,5 – coeficient de utilizare medie a energiei termice (utilizare la nivel mediu a energiei termice).

- b) Necesarul de apă caldă menajeră. Căldura necesară la prepararea apei calde menajere pentru 16 persoane s-a determinat cu respectarea prevederilor STAS 1778/90, ca debite de apă caldă pe persoană pe zi (55 l/persoană).

$$Q_{acm} = 55 \text{ l/pers.} \cdot 16 \text{ pers.} \cdot (50^\circ - 10^\circ) \approx 35000 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{acm \text{ anual}} = 55 \text{ l/pers.} \cdot 16 \text{ pers.} \cdot (50^\circ - 10^\circ) \cdot 365 \text{ zile} \\ \approx 12775000 \text{ Kcal/an} \approx 12,80 \text{ Gcal/an.}$$

- c) Necesarul de căldură pentru încălzire apă la piscină. Piscina are o capacitate de 40 m^3 ($5 \times 4 \times 2 \text{ m}$).

Umplerea piscinei: 40 m^3 apă la temperatura de $38-30^\circ\text{C}$.

$$Q_{inc. \text{ apă piscină}} = \frac{40000 \text{ l} \cdot 10^\circ\text{C}}{16 \text{ ore umplere}} = 400000 \text{ Kcal} / 16 \text{ ore} = 25000 \text{ Kcal} / \text{h}$$

$$Q_{\text{anual apă geo.}} = 25000 \text{ Kcal} / \text{h} \cdot 10 \text{ ore} / \text{zi} \cdot 250 \text{ zile} / \text{an} = \\ = 62500000 \text{ Kcal} / \text{an} = 62,50 \text{ Gcal} / \text{an}$$

În concluzie, necesarul de căldură din apa geotermală pe an este:

- Pentru încălzire: 92,0 Gcal/an;
- Pentru apă caldă menajeră: 12,80 Gcal/an;
- Pentru piscină: 62,50 Gcal/an;

Total: 167,30 Gcal/an.

Economia de combustibil convențional necesar producerii acestei energii rezultate este:

$$E_c = \frac{167.300.000 \text{ Kcal} / \text{an}}{0,85 \cdot 7000 \text{ Kcal} / \text{kgcc}} = 28118,0 \text{ kgcc} / \text{an} = 28,2 \text{ tcc} / \text{an}$$

În ipoteza funcționării cu o centrală termică pe combustibil, folosind gaze naturale, în loc de punct termic pe agent primar apă geotermală, consumul de gaze naturale la centrala termică pentru a produce cele 167,30 Gcal/an este:

$$G_{\text{comb.gaze}} = \frac{167300000 \text{ Kcal} / \text{an}}{0,92 \cdot 7100 \text{ Nm}^3 / \text{Kcal}} = 25615 \text{ Nm}^3 / \text{an} = 25,62 \text{ mii Nm}^3 / \text{an} = 26,0 \text{ tcc} / \text{an}$$

Valoarea combustibilului – gaze naturale – care ar fi folosit în centrala termică pe combustibil – este de:

$$V_{G_{\text{comb.gaze}}} = 25,62 \text{ mii Nm}^3 / \text{an} \cdot 140 \text{ Euro} / \text{mii Nm}^3 = 3587,0 \text{ Euro} / \text{an}.$$

Valoarea de plată pentru apa geotermală folosită în punctul termic (167,30 Gcal/an), va fi:

$$V_{ag} = 167,30 \text{ Gcal} / \text{an} \cdot 10,0 \text{ Euro} / \text{Gcal} = 1673,0 \text{ Euro} / \text{an}$$

$$167,3 \text{ Gcal} / \text{an} = 194,56 \text{ MWh} / \text{an}$$

Făcând diferența între valoarea gazului necesar în centrala termică, la producerea a 167,30 Gcal/an și valoarea apei geotermale folosite pentru producerea aceleiași energii termice de 167,30 Gcal/an, rezultă:

$$D = 3587,0 \text{ Euro} / \text{an} - 1673,0 \text{ Euro} / \text{an} = 1914 \text{ Euro} / \text{an}$$

În concluzie, se face o **economie de 1914 Euro/an la folosirea de apă geotermală**, în loc de gaze naturale ca și agent termic într-o centrală termică.

A. Calculul costului investiției cu centrala termică folosind ca și combustibil gaze naturale, considerând că pe stradă există rețea de distribuție a gazelor naturale

- bransament de gaze naturale:

$$L = 15 \text{ ml}; 1 \text{ buc. bransament} \times 400 \text{ Euro/buc.} = 400 \text{ Euro}$$

- instalație de utilizare gaze naturale la cazanul din centrala termică:

$$1 \text{ buc. inst. utilizare} \times 300 \text{ Euro/buc.} = 300 \text{ Euro}$$

- utilaje în centrala termică pe gaze naturale:
 - o cazan cu preparare apă caldă 90/70°C pentru încălzire și apă caldă menajeră, cu funcționare pe gaze naturale, cu capacitatea: 0,105 Gcal/h:

$$45000Kcal/h + 35000Kcal/h + 25000Kcal/h$$
 (încălzire) (apă caldă menajeră) (apă piscină)

$$1 \text{ buc. cazan} \times 3200 \text{ Euro/buc.} = 3200 \text{ Euro}$$
 - o boiler preparare apă caldă menajeră, cu capacitatea de 300 l:

$$1 \text{ buc. boiler} \times 650 \text{ Euro/buc.} = 650 \text{ Euro}$$
 - o pompe circulație apă caldă la încălzire și la boilere:

$$3 \text{ buc. pompe} \times 300 \text{ Euro/buc.} = 900 \text{ Euro}$$
 - o vas de expansiune închis, cu membrană, cu capacitatea de 150 l:

$$1 \text{ buc. vas} \times 120 \text{ Euro/buc.} = 120 \text{ Euro}$$

TOTAL UTILAJE ÎN CENTRALA TERMICĂ: 4870,0 EURO

- instalații termice în centrala termică:

$$105000 \text{ Kcal/h} \times 500 \text{ lei/Kcal} = 52500000 \text{ lei (1420 Euro)}$$

- coș de fum: $S = (20 \times 20) \text{ cm}$, $h = 15 \text{ m}$

$$1 \text{ buc. coș} \times 1200 \text{ Euro/buc.} = 1200 \text{ Euro}$$

TOTAL INVESTIȚIE (în centrala termică pe gaze naturale): 8190 EURO

B. Calculul costului investiției folosind ca agent termic apa geotermală,
cu temperatura de 80°C

Considerând că degazarea apei geotermale se face la sursă (sondă), cum am arătat mai înainte, costul investiției va fi compus din:

- conductă apă geotermală de la Sonda 4004 la punctul termic al hotelului:

$$80 \text{ ml} \times 25 \text{ Euro/ml} = 2000 \text{ Euro}$$
- punctul termic propriu-zis, compus din următoarele utilaje:
 - o schimbător de căldură pentru încălzire, având un debit de 2100 l/h, cu capacitatea de 55Kw:

$$1 \text{ buc. schimbător} \times 450 \text{ Euro/buc.} = 450 \text{ Euro}$$
 - o schimbător de căldură pentru preparare apă caldă menajeră, cu capacitatea de 40Kw:

$$1 \text{ buc. schimbător} \times 400 \text{ Euro/buc.} = 400 \text{ Euro}$$
 - o pompă circulație încălzire:

$$2 \text{ buc. pompă} \times 300 \text{ Euro/buc.} = 600 \text{ Euro}$$

- dedurizator apă geotermală cu cartuș filtrant, cu capacitate de 2600 l/h (necesarul de apă geotermală):

$$1 \text{ buc. dedurizator} \times 1000 \text{ Euro/buc.} = 1000 \text{ Euro}$$

- canalizare și evacuare ape geotermale uzate:

$$20 \text{ ml} \times 20 \text{ Euro/ml} = 400 \text{ Euro}$$

COSTUL INVESTIȚIEI CU APĂ GEOTERMALĂ: 4850,0 EURO

În concluzie:

- costul anual de producere a energiei termice, cu centrala termică pe gaze naturale este:
 - investiție: 8200 Euro;
 - cost gaze/an: 3587 Euro/an.
- costul de producere a energiei termice cu punct termic, având agent primar apă geotermală cu temperatura de 80°C, este:
 - investiție: 4850 Euro;
 - cost apă geotermală/an: 1673 Euro/an.

La folosirea de energie neconvențională din apa geotermală, se face o economie de 25620 Nm³/an gaze naturale.

4.9.2.2. Oportunitatea adoptării soluției cu apă geotermală

În cazul în care costul căldurii livrate de sursa geotermală, prin intermediul întreprinderii de distribuție, este mai mare decât costul căldurii livrate de o sursă termică tradițională (în cazul nostru gaze naturale la o centrală termică), nu se va adopta soluția cu apă geotermală, iar în caz contrar, în care costul căldurii livrate de sursa geotermală este mai mic decât costul căldurii livrate de la o centrală termică pe gaze naturale, se va adopta soluția cu apă geotermală.[36]

Oportunitatea adoptării soluției cu apă geotermală, pe considerente economice, se va analiza folosind și schema logică din figura 4.61.

Eficiența economică și energetică a unei soluții de încălzire geotermale se determină cu ajutorul următorilor indicatori și indici specifici:

- cheltuielile de investiție, I (lei, Euro);
- economia netă de combustibil, E_c (t_{cc}/an);
- costul căldurii livrate, C (lei/MWh);
- investiția specifică aferentă economiei nete de combustibil, i_c (lei/t_{cc});
- durata de recuperare a cheltuielilor de investiție din economiile la costul căldurii, n (ani).

Economia netă, E_c , este diferența între consumul de combustibil în soluția cu centrală termică pe gaze și consumul de combustibil în soluția geotermală.

Costul căldurii livrate în soluția geotermală, C , este compus din:

- cheltuieli cu forța de muncă;
- reparații;
- costul apei;
- energia electrică;
- amortismente, taxe.

Costul căldurii la consumul de combustibil – gaze naturale – include:

- energia electrică de pompare;
- prețul combustibilului gaze naturale.

Investiția specifică aferentă economiei nete de combustibil se determină cu relația:

$$i_c = \frac{I}{v \cdot E_c} (\text{lei} / t_{cc}),$$

în care: v – durata de viață a sistemului geotermal (de regulă 20 ani).

Cu cât „ i_c ” este mai mic, cu atât soluția geotermală este mai eficientă.

Durata de recuperare a cheltuielilor de investiție, din economiile la costul căldurii, se obține din:

$$n = \frac{I}{Q_{an} \cdot \Delta C} (\text{ani}),$$

în care: Q_{an} – cantitatea anuală de căldură livrată (MWh/an).

$$\Delta C = C_{CT} - C (\text{lei} / MWh),$$

unde: C_{CT} – costul căldurii livrate în soluția cu centrala termică.

Concluzie: O soluție cu apă geotermală este avantajoasă dacă $n < 5$.

Deci,

- investiția specifică aferentă economiei nete de combustibil, ținând cont că $E_c = 26 \text{ t}_{cc}/\text{an}$, va fi:

$$i_c = \frac{I}{v \cdot E_c} = \frac{4850}{20 \cdot 26} = 9,3 \text{ Euro} / t_{cc} (334800 \text{ lei} / t_{cc}),$$

- durata de recuperare a cheltuielilor:

$$n = \frac{I}{Q_{an} \cdot \Delta C} = \frac{174600000}{194,56 \cdot 352800} = 2,54 \text{ ani} < 5$$

$$\Delta C = C_{CT} - C = 18,40 - 8,60 = 9,80 \text{ REuro} / MWh (352800 \text{ lei} / MWh)$$

În cazul folosirii gazelor naturale, costul unui MWh/an a rezultat 18,40 Euro, iar în cazul utilizării apei geotermale, 8,60 Euro.

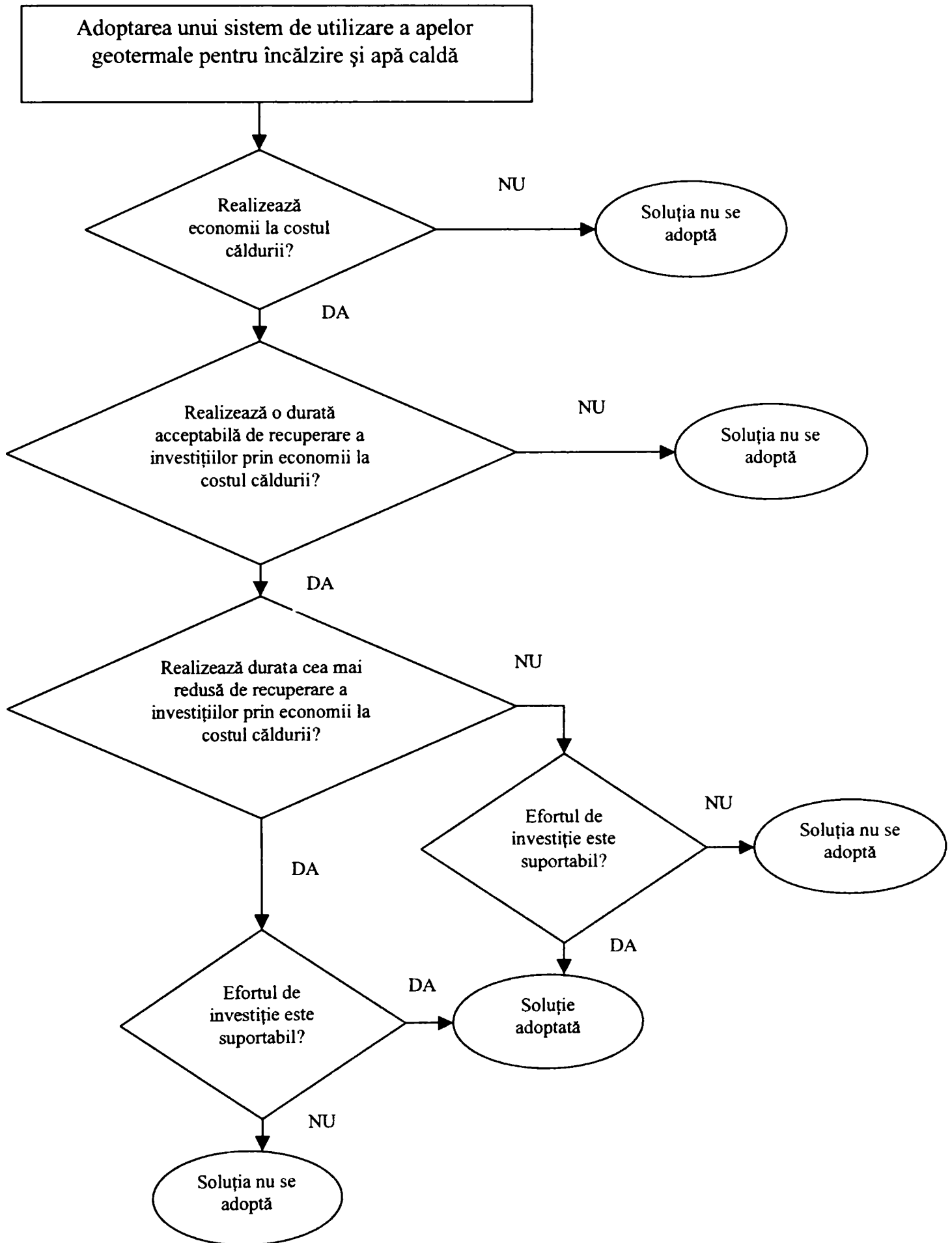


Figura 4.61. Schema logică pentru luarea deciziei de adoptare a instalației de încălzire cu ape geotermale

4.10. Aspecte legate de protecția mediului

În condițiile în care evaluările internaționale au estimat că rezerva privind resursele naturale convenționale se va epuiza peste 200 de ani, în cazul în care omenirea ar rămâne în acest stadiu de dezvoltare tehnologică, căutarea unor noi resurse de energie a devenit o prioritate. Între gestiunea resurselor, modul lor de utilizare și mediul înconjurător există încă un conflict, în ciuda eforturilor depuse în ultimii 25 de ani.

Ținând cont de cele două aspecte: rezerva mică a resurselor convenționale și necesitatea de a păstra mediul curat, existența unor zăcăminte de ape geotermale este o binefacere pentru regiunea ce le posedă. Din punct de vedere ecologic, energia geotermală ocupă un loc privilegiat, deoarece impactul ei asupra mediului este blând. [114]

În cazul exploatării apelor geotermale, cele mai importante modificări ale mediului sunt legate de: perturbarea peisajului, efectele fizice apărute ca urmare a extragerii apei din zăcămint, poluarea fizică a emisarilor prin energie termică și poluarea chimică.[73][110][112][114]

Prin natura lor, manifestările geotermale se produc, de multe ori, în zone naturale pitorești, care sunt sau devin zone de interes turistic. Din acest motiv, păstrarea nealterată a frumuseții peisajului este o prioritate. Semnele specifice ale extracției de apă geotermală sunt puțurile și conductele. Suprafața zonei de forare nu este extinsă (20 – 2500 m²), iar conductele au lungimi variabile, în funcție de distanța până la obiectiv. Pentru ca perturbarea peisajului să fie cât mai minimă, se convine uneori să se grupeze forajele pe o suprafață restrânsă. Un alt neajuns estetic trecător este apariția băltoacelor în timpul forării, care dispar odată cu începerea exploatării propriu-zise.

Extragerea apei geotermale poate cauza scufundarea și degradarea stratului de apă subterană și există păreri că procesul complementar, de reinjecție, poate cauza seismicitate. Scufundarea are loc în cazul în care cantitatea apelor geotermale extrase depășește alimentarea naturală. Ca urmare, formațiunile lejere de la nivelurile superioare locului de extragere (argila, sedimentele), devin compacte. Scufundarea poate cauza mixajul diverselor straturi de apă. Efectele nedorite ale extracției pot fi prevenite prin reinjectarea apelor geotermale uzate (sau a unor alte lichide) în sistemul geotermal. În județul Bihor, reinjecția se practică la dubletul geotermal Nufărul și în cazul unor sonde din localitatea Borș.

Pentru a evidenția impactul de natură fizică și chimică, legat de utilizarea apelor geotermale, trebuie să cunoaștem foarte bine caracteristicile fizico-chimice ale apei geotermale, temperatura și debitul apelor uzate evacuate.[107]

În cazul apelor geotermale din județul Bihor, compușii chimici ce ridică probleme de poluare sunt fenolii, conținuți în apele colectorului Pannonian. În zona Săcuieni, de exemplu, concentrația mare în fenoli a apelor geotermale, determină încadrarea emisarului Ier, în categoria A₃ de calitate pe timp de vară și în categoria apelor degradate, pe timpul iernii.

Apele cantonate în Pannonian nu sunt radioactive. Apele geotermale stocate în colectorul Triasic și Cretacic, s-au remarcat prin radioactivitatea lor, aflată peste limitele normale. Apariția elementelor radioactive se datorează interacțiunii apei cu rocile cu care vine în contact. [89]

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

- Emisiile poluante în atmosferă sunt ne semnificative pentru majoritatea zonelor geotermale din lume; totuși, unele ape geotermale de înaltă entalpie, conțin substanțe nocive, de exemplu hidrogen sulfurat, oxizi de sulf sau dioxid de carbon (emanat în atmosferă, contribuie la efectul global de seră);
- Poluarea fonică este redusă, chiar nulă în cazul zăcămintelor de joasă entalpie;
- Poluarea termică și chimică poate fi redusă, chiar anulată prin reinjectarea apei;
- Poluarea estetică a peisajului este mult mai redusă decât în cazul utilizării altor surse de energie;
- Instalațiile folosite în utilizarea energiei geotermale nu prezintă nici un risc pentru zona înconjurătoare.

Degradarea chimică a calității apei constituie, cel puțin în ultima vreme, un important motiv de îngrijorare privind soarta ecosistemelor acvatice. Poluarea apelor este un fenomen recunoscut de acum și împotriva căruia măsurile sunt încă puțin eficiente. Imaginea dezolantă a unor populații de pești sau ale altor viețuitoare acvatice plutind moarte la suprafața apei, este acum comună pentru multe din râurile lumii. În România, poluarea apelor de suprafață și subterane este relativ puternică, numai apele de suprafață degradate înregistrând peste 11% din lungimea totală a râurilor.

Pretutindeni fenomenul se agravează și se amplifică, efectele sale nefiind totdeauna imediat vizibile. Grav este faptul că prezența în cantități mici a unor substanțe considerate ca inofensive la diferite concentrații, nu conferă un caracter categoric poluant, dar ingerarea acestora în cantități mici timp îndelungat și deci acumularea lor pe calea lanțului alimentar în organism, poate avea efecte cumulative, care într-un punct final pot duce chiar la cauzarea morții.

Poluarea nu trebuie judecată numai prin cazurile spectaculoase, catastrofale ale evenimentelor accidentale, deși sunt poate cele mai grave. Înainte ca peștii să moară, apele suferă de o continuă degradare biologică, în timpul căreia pierd o parte din capacitatea lor de autoepurare.

5. CONCLUZII FINALE

Utilizarea apelor geotermale în județul Bihor, este axată, cu precădere, pe domeniul încălzirii locuințelor, instituțiilor, serelor, pentru prepararea apei calde menajere, balneologie și agrement.

După cum s-a constatat, orice tentativă de utilizare a apelor geotermale are de rezolvat câteva probleme, legate de *depunerile de cruste*, care obturează conductele și înrăutățesc transferul termic sau de apariția *fenomenului de coroziune*, care pot solicita cheltuieli materiale importante și întreruperi în funcționarea instalațiilor.

Procedeele de tratare a apelor geotermale se stabilesc după o riguroasă analiză tehnico-economică.

5.1. Conținutul lucrării

Lucrarea este structurată pe *cinci capitole*, dezvoltată pe *247 pagini*, conține *69 relații*, *119 figuri și poze*, *46 tabele* și o listă bibliografică de *116 titluri*.

În primul capitol, „*Introducere*”, se pun în evidență sursele neconvenționale de energie și, în mod deosebit, necesitatea și oportunitatea utilizării energiei geotermale. De asemenea, în cadrul acestui capitol, sunt evidențiate și obiectivele cercetării.

În cel de-al doilea capitol, „*Stadiul actual al cunoașterii zăcămintelor geotermale*”, sunt prezentate zăcămintele geotermale pe plan mondial și, în mod special, zăcămintele geotermale din România. Tot în acest capitol este redată o clasificare complexă a apelor geotermale, după mai multe criterii (calitatea apei captate, cerințele utilizatorilor, sisteme de captare, temperatură, conținutul de anioni etc.). Caracteristicile fizico-chimice ale apelor geotermale, valorificarea energetică și utilizarea apelor geotermale pentru încălzirea încăperilor, prepararea apei calde menajere, încălzirea serelor, piscicultură, acvacultură, balneologie și industrie, sunt prezentate în ultima parte a capitolului.

În cel de-al treilea capitol, „*Tratarea apelor geotermale*”, sunt prezentate, în prima parte, efectele apelor geotermale asupra instalațiilor de transport, precum și materiale recomandate în realizarea rețelelor de transport, distribuție și evacuare a apei geotermale. În a doua parte a capitolului, sunt prezentate procedeele de tratare a apelor geotermale, în funcție de temperatura

acesteia, care se pot aplica înainte de utilizare, sau după utilizare, înainte de evacuarea în emisarii naturali.

În capitolul patru, „*Cercetări și rezultate experimentale*”, sunt prezentate tabelar, caracteristicile cantitative și calitative ale surselor geotermale (rezultate în urma consultării buletinelor de analiză), situate între cursurile de apă Crișul Negru și Someș; în continuare, sunt descrise în detaliu, cele mai reprezentative perimetre de exploatare a apei geotermale din județul Bihor, stabilindu-se, în funcție de caracteristicile fizico-chimice și de cerințele utilizatorilor, procedeele de tratare care trebuie aplicate, pentru fiecare perimetru în parte. Tot în capitolul patru, este prezentat *studiul de caz* privind încălzirea spațiilor și prepararea apei calde menajere la Hotel „Elite” din Oradea, folosind ca agent termic apa geotermală. Punctul termic proiectat va utiliza ca agent primar apa geotermală de la forajul 4004 din Parcul Brătianu, care are temperatura de 80°C. Pentru a evidenția oportunitatea și necesitatea utilizării apelor geotermale s-au stabilit două ipoteze:

- a) funcționarea centralei cu combustibil, folosind gaze geotermale;
- b) funcționarea centralei cu apă geotermală, în loc de gaze naturale.

Făcând un calcul al costului investiției în cele două ipoteze, a rezultat:

- costul anual de producere a energiei termice, cu centrala termică pe gaze naturale este:
 - investiție: 8200 Euro;
 - cost gaze/an: 3587 Euro/an.
- costul de producere a energiei termice cu punct termic, având agent primar apă geotermală cu temperatura de 80°C, este:
 - investiție: 4850 Euro;
 - cost apă geotermală/an: 1673 Euro/an.

În concluzie, la folosirea de energie neconvențională din apa geotermală, se face o economie de 25620 Nm³/an gaze naturale; în cazul folosirii gazelor naturale, costul unui MWh/an a rezultat 18,40 Euro, iar în cazul utilizării apei geotermale, 8,60 Euro.

5.2. Contribuțiile personale

Contribuțiile personale, care se pot evidenția, constau în:

1. *Stabilirea*, pe baza literaturii de specialitate din țară și din străinătate, a *posibilităților de utilizare a apelor geotermale*, în scopul valorificării potențialului energetic;
2. *Evidențierea surselor de ape geotermale* specifice zonei de vest a României, cu particularizare la specificul județului Bihor;

3. *Evidențierea caracteristicilor fizico-chimice ale apelor geotermale din județul Bihor (perimetrele Săcuieni, Salonta, Ciumeghiu, Marghita, Borș-Sântion, Băile Felix – Băile 1 Mai și Oradea);*
4. *Evidențierea neajunsurilor produse de apele geotermale netratate, asupra construcțiilor și instalațiilor cu care acestea intră în contact;*
5. *Stabilirea metodelor specifice pentru reducerea sau eliminarea unor elemente poluatoare din apele geotermale;*
6. *Elaborarea, în cadrul studiului de caz, a proiectului privind tratarea și utilizarea apelor geotermale, ca apă menajeră și ca sursă de încălzire a spațiilor de cazare, de la hotelul „Elite” din Oradea;*
7. *Evidențierea economiilor obținute prin utilizarea apelor geotermale, în situația specifică a hotelului „Elite” din Oradea;*
8. *Stabilirea schemelor caracteristice privind tratarea apelor geotermale, în funcție de compoziția chimică și de cerințele utilizatorilor;*
9. *Evidențierea modalităților de utilizare a apelor geotermale ca apă caldă menajeră, ca sursă de încălzire a spațiilor de locuit, a spațiilor hoteliere, a serelor sau pentru uscatul unor produse agroalimentare, materiale de construcții etc.;*
10. *Întocmirea unor baze de date, cu privire la caracteristicile apelor geotermale din perimetrele de exploatare Săcuieni, Salonta, Ciumeghiu, Marghita, Borș-Sântion, Băile Felix – Băile 1 Mai și Oradea, din județul Bihor.*

În urma investigațiilor întreprinse, a rezultat necesitatea continuării cercetărilor teoretice privind tratarea apelor geotermale.

5.3. Perspective

Pentru a stabili *modalitățile de implementare* a resurselor geotermale în zonele rurale, devine necesară *stabilirea resurselor financiare pentru investițiile necesare acestor categorii de lucrări*, cu scopul de a se reduce povara tendințelor de creștere a prețurilor la combustibilii convenționali.

BIBLIOGRAFIE

1. Armannsson, H., Kristmannsdottir, H.: *Geothermal Environmental Impact*, Geothermies, vol. 21 No.5/6, Pergamon Press, Oxford, U.K., 1992;
2. Bako, A., Szücs, L., *Extinderea utilizării apelor geotermale pentru încălzire și comportarea instalațiilor existente funcționând cu apă geotermală*, a VIII-a Conferință de Instalații „Reducerea consumului de energie în instalațiile din clădiri” – Sinaia, 24-26 octombrie 1974;
3. Bako, A., Szücs, L.: *Utilizarea în trepte a apei geotermale din forajul de la Institutul de Învățământ Superior din Oradea, în vederea valorificării integrale a potențialului geotermal*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
4. Bica, I.: *Elemente de impact asupra mediului*, Editura Matrix Rom, București, 2000;
5. Bica, I.: *Hidraulică urbană și hidrologie*, Editura Matrix Rom, București, 2000;
6. Bica, I.: *Poluarea acviferelor*, Editura H*G*A*, București, 1998;
7. Bjarnosson, J.O.: *Chemistry of geothermal fluid*, Reports of U.N.U. Geothermal Trening Programe Orkustofnum, Gronsavergur 9, I.S. – 108, Reykjavik, Iceland, 1995;
8. Buiteman, J.P.: *Water Treatment Methods and Processes*, IHE lecture notes, Delft, The Netherlands, 1995;
9. Burchilă I., *Posibilități de utilizare a apelor geotermale pentru încălzire, folosind o centrală termică cu combustibil solid, pentru vârful de consum în industrie*, a XV-a Conferință de Instalații „Utilizarea energiilor neconvenționale în instalațiile pentru construcții” – Sinaia, 1981;
10. Burchilă, I., Berbecaru, D. – *Puncte termice specifice utilizării apelor geotermale în incinte industriale*, a XVI-a Conferință de Instalații „Creșterea Eficienței noilor surse de energie” – vol. I, Sinaia, noiembrie 1982;
11. Burchilă, I., Berbecaru, D.: *Utilizarea apelor geotermale la clădiri industriale*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
12. Burchiu, Natalia: *Contribuții la promovarea energiei geotermale pentru dezvoltare durabilă în spațiul rural*, Teză de Doctorat, București, 2002;
13. Cataldi, R.: *Utilizarea energiei geotermale în antichitate, din vremea etruscilor până la finele Evului Mediu timpuriu*, Sesiunea internațională de comunicări științifice a Universității din Oradea, Oradea, 1993;

14. Cetina, Elena: *Resursele hidroenergetice ale globului*, Editura militară, București, 1978;
15. Chapman, D.: *Water Quality Assessments*, 2nd edition, E&FN Spon, London, 1996;
16. Chardonnet, J.: *Sursele de energie*, Editura Sirsy, Paris, 1973;
17. Ciplea, L.I., Ciplea, Al.: *Poluarea mediului ambiant*, Editura Tehnică, București, 1978;
18. Cocheci, V., Petca, Gh.: *Stabilirea caracterului incrustant sau agresiv al apelor geotermale*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
19. Cohut, I.: *Current Status and Prospects of Romanian Geothermal Industry*, Seminar on Geothermal Energy, Oradea, 1992;
20. Cohut, I.: *Environmental aspects of geothermal development in Romania*, Analele Universității din Oradea, 1996;
21. Cohut, I.: *Le bilan de l'exploitation des ressources géothermales en Roumanie, après 20 ans d'expérience*, International Symposium Géothermics 1994 in Europe, Communications, Edition BRGM, Orleans, France, 1994;
22. Cosma, C., Pop, I., Jurcuț, T.: *Environmental radioactive aspects of the use geothermal waters in Oradea*, Reports of U.N.U. Geothermal Trening Programe Orkustofnum, Gronsavergur 9, I.S. – 108, Reykjavik, Iceland, 1995;
23. Creța, G., Bara, Angela: *Studiu privind posibilitatea de utilizare a apelor geotermale din regiunea Banat la producerea energiei electrice*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
24. David, I., Lazăr, Gh.: *Program expert de utilizare rațională a apelor geotermale de joasă energie, în sisteme industriale închise, nepoluante*, Conferința „Sisteme hidrotehnice în impact cu mediul”, 8-10 nov. 1991;
25. Degrémont, *Water Treatment Handbook*, vol. I și II, Paris, 1991;
26. Dincă, Gh., Spătaru, M., Peic, T., Bako, A., *Restricții la unele utilizări ale apelor geotermale condiționate de radioactivitatea naturală*, a XV-a Conferință de Instalații „Utilizarea energiilor neconvenționale în instalațiile pentru construcții” – Sinaia, 1981;
27. Dincă, Gh., Spătaru, M., Spătaru, Valeria, Peic, T.: *Potențialul de iradiere al apelor geotermale la unele utilizări*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
28. Doboș, A.: *Sonde geotermale, colectoare subterane, piloane de energie – căldură și răcoare din adâncuri*, Revista Tehnica Instalațiilor nr.5, 2003;
29. Drug, C., Grünfeld, I., Popovici, V. – *Unele aspecte ale utilizării apelor geotermale în județul Timiș*, a XVI-a Conferință de Instalații „Creșterea Eficienței noilor surse de energie” – vol. I, Sinaia, noiembrie 1982;

30. Drug, C., Grünfeld, I., Popovici, V.: *Utilizarea apelor geotermale în județul Timiș*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
31. Florescu, Al.: *Exploatarea construcțiilor și instalațiilor pentru tratarea apelor*. Editura Tehnică, București, 1981;
32. Florescu, Al., Burchiu, Natalia, Ghițulescu, M., *Criterii de stabilire a soluției optime pentru sistemul de valorificare complexă a apelor geotermale la Băile Felix*, a XV-a Conferință de Instalații „Utilizarea energiilor neconvenționale în instalațiile pentru construcții” – Sinaia, 1981;
33. Freeston, D.H.: *Direct uses of geothermal energy 1995*, Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence, Italy, 1995.
34. Fridleifsson, I.B.: *Investments In Geothermal Energy Worldwide*, International Symposium Geothermics '94 In Europe, Communications, Edition BRGM, Orleans, France, 1994;
35. Giurconiu, M., Mirel I., Carabeț A., Chivereanu D., Florescu C., Stăniloiu C.: *Construcții și instalații hidroedilitare*, Editura de Vest, Timișoara, 2002.
36. Grünfeld, I.: *Metoda de determinare a economicității instalațiilor de încălzire cu apă geotermală*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
37. Grünfeld, I.: *Unele aspecte ale utilizării surselor energetice neconvenționale*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
38. Herbst, C., Letea, I.: *Resursele energetice ale pământului*, Editura Știința Pentru Toți, București, 1974;
39. Ianculescu, O., Ionescu, Gh., Racovițeanu, Raluca: *Canalizări*, Editura Matrix Rom, București, 2001;
40. Ianculescu, O., Ionescu, Gh.: *Alimentări cu apă*, Editura Imprimeriei de Vest, Oradea, 1999;
41. Ilina, M., Bandrabur, C., Oancea N., *Energii neconvenționale utilizate în instalațiile în construcții*, Editura Tehnică București, 1987;
42. Ionescu, Gh.: *Tehnologia utilizării energiei geotermice*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Probleme de mediu, Oradea, 1996;
43. Ionescu, Gh.: *The geothermal energy conversion*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, Oradea, 1998;

44. Ionescu, Gh.C., Mitrașcă, Mihaela: *Méthodes des mesure du potentiel de l'eau du sol*, Analele Universității din Oradea, Fascicula „Construcții și instalații hidroedilitare”, Oradea, 1998;
45. Ionescu, Gh.C.: *Instalații de alimentare cu apă*, Editura Matrix Rom, București, 2004;
46. Ionescu, V., Cornășeanu, N.: *Transportul apelor termale pe conducte lungi în vederea valorificării energiei geotermale*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
47. Jonsson, V.: *High Temperature Geothermal Energy Utilisation*, U.N.U. Geothermal Trening Programme, lecture notes, Reykjavik, Iceland, 1993;
48. Jura, C., Mirel, I., Giurconiu, M., Păcurariu, M., Retezan, A., Preluscek, E., Sârbu, I., Mercea Catița, Jura Silvana, Gale, V., Banyai, L.: *Aspecte caracteristice ale valorificării complexe a resurselor geotermale*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
49. Jura, C., Mirel, I., Giurconiu, M., Păcurariu, M., Retezan, A., Preluscek, E., Sârbu, I., Mercea, C., Jura, S.: *Studiul transportului apelor termale în instalații de valorificare a resurselor geotermale*, Contract nr.155/1980, Beneficiar ICH București, faza I și II, 1981;
50. Jura, C., Mirel, I., Giurconiu, M., Păcurariu, M., Retezan, A., Preluscek, E., Sârbu, I., Mercea, C., Jura, S.: *Studiul transportului apelor termale în instalații de valorificare a resurselor geotermale*, Contract nr.6208/1981, Beneficiar ICH București, faza I și II, 1981;
51. Jura, C.: *Alimentări cu apă*, Capitole speciale. I.P.T.V. Timișoara, 1974;
52. Jura, C.: *Alimentări cu apă*, vol. I și II, Lito. I.P.T.V. Timișoara, 1984;
53. Karlsson, Th.: *Low Temperature Geothermal Energy Utilisation*, U.N.U. Geothermal Trening Programme, lecture notes, Reykjavik, Iceland, 1993;
54. Kontra, J.: *Considerații privind sistemele de exploatare a apei geotermale*, Revista Tehnica Instalațiilor nr.6, 2003;
55. Leu, D., Logigan I., Nistor A.: *Tehnologii de tratare a apei*, Litografia UTI, Iași, 1998;
56. Maghiar, T.: *Surse noi de energie*, Editura Universității din Oradea, 1995;
57. Mănescu, A., Sandu, M., Ianculesu, O.: *Alimentări cu apă*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1994;
58. Mihăileanu, C.: *Preocupări privind conservarea și valorificarea surselor noi de energie din România*, Referat CNIT, 1979;

59. Mirel I., Florescu, C.: *Instalație de deferizare-demanganizare pentru agenți economici și cvartale de locuințe*, Conferința Instalații pentru Construcții și Confort Ambiental, Ed.8, Timișoara, 1999;
60. Mirel I. ș.a.: *Stații de deferizare pentru alimentarea cu apă a unei unități industriale*, Conferința Instalații pentru Construcții și Confort Ambiental, Lucrările simpozionului național, Ed.3 AIIR, Timișoara, 1994;
61. Mirel I., Ionescu, Gh., Nacu, Anca, Mitrașcă, Mihaela: *Consideration regarding the wastewater biological treatment*, Conferința Internațională din Debrețin, 28-29 oct. 1999;
62. Mirel, I., Ionescu, Gh., Mitrașcă, Mihaela, Creț Zorița: *Geothermal resources in Romania*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, Oradea, 2000;
63. Mirel, I., Ionescu, Gh., Mitrașcă, Mihaela, Creț, Zorița: *Protecția resurselor de suprafață*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, Oradea, 2000;
64. Mirel, I., Ionescu, Gh., Mitrașcă, Mihaela: *Considerații asupra apelor geotermale din perimetrul Săcuieni, jud. Bihor*, Analele Universității din Oradea, Fascicula „Construcții și instalații hidroedilitare”, Oradea, 2003;
65. Mirel, I., Ionescu, Gh., Mitrașcă, Mihaela: *Considerații cu privire la tratarea apelor geotermale*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, Oradea, 2001;
66. Mirel, I., Ionescu, Gh., Mitrașcă, Mihaela: *Surse și mecanisme de poluare a apei subterane*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, Oradea, 1999;
67. Mirel, I., Mitrașcă Mihaela: *Considerații asupra apelor geotermale din perimetrele Salonta și Ciumeghiu, jud. Bihor*, Analele Universității din Oradea, Fascicula „Construcții și instalații hidroedilitare”, Oradea, 2003;
68. Mirel, I., Mitrașcă Mihaela: *Dedurizarea apelor geotermale*, Analele Universității din Oradea, Fascicula „Construcții și instalații hidroedilitare”, Oradea, 2004;
69. Mitrașcă, Mihaela, Mirel I. ș.a.: *Utilizarea apelor geotermale la complexele hoteliere*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, Oradea, 2005;
70. Mitrașcă, Mihaela, Mirel I. ș.a.: *Degazarea apelor geotermale*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, Oradea, 2005;

71. Mitrașcă, Mihaela, Prichici, Mariana: *Influența temperaturii asupra comportării conductelor și recipientilor din oțel*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, Oradea, 1999;
72. Mitrașcă, Mihaela, Prichici, Mariana: *Rezistența conductelor și recipientilor din oțel în procesul de cavitație și eroziune*, Analele Universității din Oradea, Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, Oradea, 1999;
73. Mitrașcă, Mihaela: *Procese de transport – transformare în mediile lichide – noțiunea de dispersie*, Analele Universității din Oradea, Fascicula „Construcții și instalații hidroedilitare”, Oradea, 1998;
74. Mocsy, Ildiko, Fulea, Corina, Uray, Ildiko, Sălăjan, Ștefania: *Implicațiile sanitare ale utilizării apelor minerale și termale*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
75. Negru, D.: *Considerații teoretice privind utilizarea pompelor de căldură pentru recuperarea căldurii din apele geotermale de temperatură scăzută, în scopuri de încălzire*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
76. Panu, D., Sârbulescu, M.: *The present state of the survey, evaluation and exploration of geothermal resources in Romania*, Report at the Geothermal Seminar, France, 1991;
77. Poporski, K.: *Geothermal corrosivity clasification*, International summer school on Direct Application of Geothermal Energy, Skopje, Macedonia, 1993;
78. Popovici, V.: *Aspecte specifice în alimentarea cu apă geotermală pentru încălzirea locuințelor și serelor din județul Timiș*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
79. Purica, I.: *Energia astăzi și mâine*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1979;
80. Romocea, Tamara, Mitrașcă, Mihaela ș.a.: *Impactul utilizării apelor geotermale din nord-vestul României asupra activității social-economice și asupra mediului*, Contract de cercetare, cod C.N.C.S.I.S. 677, Terma 2, 2003;
81. Romocea, Tamara: *Studiu asupra apelor geotermale din județul Bihor și a caracterului lor agresiv*, Referat pentru Doctorat, Timișoara, 1998, Facultatea de Chimie Industrială și Protecția Mediului;
82. Romocea, Tamara: *Studii privind acțiunea corozivă a apelor geotermale din județul Bihor la exploatare, transport și utilizare*, Teză de Doctorat, Timișoara, 2005, Facultatea de Chimie Industrială și Protecția Mediului;
83. Roșca, M.: *Contribuții la modelarea transferului de căldură în sonde geotermale*, Teză de Doctorat, Universitatea din Oradea, 1998;

84. Roșca, M.: *Geotermalism și centrale geotermale*, Editura Universității din Oradea, Oradea, 1999;
85. Sârbu, I., Kalmar, F.: *Criterii de optimizare a soluțiilor și sistemelor de încălzire a clădirilor*, Conferința „Instalații Pentru Construcții și Confortul Ambiental”, Timișoara, 2001;
86. Sârbu, I.: *Resurse regenerabile de energie*, Revista Tehnica Instalațiilor nr.4, 2003;
87. Sârbulescu et al.: *Geothermal Energy utilization for Tomnatec (Timis County) Greenhouses heating* (WGC 1995 Report), 1994;
88. Simuț, O.D.: *Domenii de utilizare ale apelor termominerale din Câmpia Banatului*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
89. Spătaru, M., Stoici, S., Peic, T.: *Radioactivitatea apelor geotermale din Câmpia de Vest a României*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, 17-18 iunie 1982;
90. Stoianovici, Ș., Robescu, D.: *Procedee și echipamente mecanice pentru tratarea și epurarea apei*, Editura Tehnică, București, 1982;
91. Szücs, L., Bako, A., *Recuperarea căldurii apelor termominerale*, a V-a Conferință de Instalații „Realizarea și exploatarea economică a instalațiilor din ansamblurile de clădiri” – Sinaia, 1971;
92. Șandru, E., Minea, V., *Metode de transfer de căldură în utilizarea energiei geotermale*, a XV-a Conferință de Instalații „Utilizarea energiilor neconvenționale în instalațiile pentru construcții” – Sinaia, 1981;
93. Tenu, A.: *Zăcămintele de ape hipertermale din Nord-Vestul României*, Ed. Academiei R.S.R, București, 1981;
94. Teodorescu, M.: *Optimizarea deferizării și demanganizării apei*, Editura Tehnică, București, 1979;
95. Teodosiu, Carmen: *Tehnologia apei potabile și industriale*, Editura Matrix Rom, București, 2001;
96. Tomescu, C-tin.: *Resursele de apă subterane potabile și efectele poluării în România*, Măsuri non – structurale în gospodărirea apelor, Editura H*G*A*, București, 1997;
97. Trofin, P.: *Alimentări cu apă*, Editura Didactică și Pedagogică București, 1983;
98. Varduca, A.: *Hidrochimie și poluarea chimică a apelor*, Editura H*G*A*, București, 1997;
99. Vevera, C., Stamo, V.: *Utilizarea energiei geotermale în complexe de sere*, Referat pentru schimbul de experiență „Utilizarea apelor geotermale”, Timișoara, iunie 1982;

100. Vișan, S. ș.a.: *Mediul înconjurător. Poluare și protecție*, Editura Economică, București, 2000;
101. *** - Contract de cercetare nr.14581/1997: *Utilizarea apei geotermale în orașul Beiuș*, Oradea, 1997;
102. *** - Contract de cercetare nr.49/1968: *Cercetări preliminare hidrogeologice, hidrochimice și radiogeologice asupra surselor de apă termală de la Băile Felix – 1 Mai*, Institutul de Studii și Cercetări Pentru Îmbunătățiri Funciare și Gospodărirea Apelor, București, 1969;
103. *** - Contract de cercetare nr.525/1977: *Stabilirea materialelor optime pentru conductele de transport a apelor geotermale*, Institutul de Învățământ Superior din Oradea, Oradea, 1977;
104. *** - Contract de cercetare nr.6318/1981: *Stații de recuperare a căldurii din apele geotermale evacuate de la bazinele de tratamente la Băile Felix, pentru prepararea apei calde de consum cu pompe de căldură*, Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice, București, 1981;
105. *** - Contract de cercetare nr.6555/1982: *Studiu de stabilire a soluției pentru stația de recuperare a căldurii din apele geotermale uzate, cu pompe de căldură GPCF – 315,2 pentru prepararea apei calde de consum la Băile Felix*, Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice, 1982;
- 106.*** - Manualul de instalații – *Încălzire*, Editura Artecno, București, 2002;
107. *** - *Normative privind proiectarea și executarea lucrărilor de instalații de canalizare*, vol. I și II, Editura Matrix Rom, București, 2003;
108. *** - Proiecte tip: *Instalații de utilizare a energiei geotermale în ansambluri urbane*, Centrul de Proiectare Județean Bihor, Oradea, 1982;
109. *** - *Raport informativ privind apele termale din zona cuprinsă între Crișul Negru și Valea Ierului, cu privire specială asupra valorii lor energetice*, Ministerul Industriei Miniere și Geologiei, București, 1970;
110. *** – *NTPA 001/2002*;
111. *** – *NTPA 002/2002*;
112. *** – *Legea protecției mediului*;
113. *** – *Legea nr.458/2002, modificată și completată cu legea nr.311/2004*;
114. *** – *H.G. 101/97 – Protecția surselor de apă*;
115. *** – *NTPA 013/2002*;
116. ***– www.dow.com .