

## **3.6. STUDIU PRIVIND INFLUENȚA CONDIȚIILOR DE LUCRU, ASUPRA PERFORMANȚELOR POMPELOR DE CĂLDURĂ**

### **3.6.1. Noțiuni introductive**

În continuare sunt prezentate câteva informații relevante privind principiul de funcționare a pompelor de căldură geotermale și un studiu, realizat cu ajutorul unui program original de calcul, utilizat pentru analiza influenței condițiilor de lucru, asupra performanțelor pompelor de căldură. Studiul include și câteva considerații relevante privind condițiile de mediu din România și potențialul energiei geotermale, ca importantă sursă de energie geotermală, în vederea utilizării acesteia în domeniul încălzirii caselor familiale cu ajutorul pompelor de căldură. Numai aceste echipamente pot să ridice potențialul termic al energiei geotermale disponibile la nivelul suprafeței Pământului, până la un nivel utilizabil în vederea încălzirii și preparării apei calde menajere.

Programul de calcul original, a fost scris în limbajul Engineering Equation Solver, pentru care Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, deține licență academică, pe termen nelimitat, pentru un număr nelimitat de calculatoare. Acest mediu de programare, permite realizarea de programe de calcul, adaptate pentru evaluarea influenței unui număr mare de parametri, asupra performanțelor pompelor de căldură. Între parametrii cei mai importanți, care au fost studiați, pot fi menționați: amplasamentul pompelor de căldură, tipul pompelor de căldură, calitatea izolației locuinței, tipul aplicațiilor în care sunt utilizate pompele de căldură.

*Unul din principalele motive pentru care a fost realizat acest studiu, este că cei mai mulți furnizori de pompe de căldură, nu indică în cataloagele comerciale ale acestor echipamente, în ce condiții sunt calculate eficiențele indicate și în general există o lipsă de informații în ceea ce privește eficiența reală a pompelor de căldură, în diferite condiții de lucru.*

Din punct de vedere termodinamic, energia geotermală, poate fi clasificată în două categorii:

- De potențial termic ridicat;
- De potențial termic scăzut.

Se poate spune că 99% din interiorul pământului, se găsește la peste 1000°C, iar 99% din rest, se găsește la peste 100°C.

În aplicațiile casnice de încălzire, se utilizează energia geotermală de la suprafața Pământului, disponibilă la temperaturi scăzute și variabile, așa cum se arată în figura 3.87.

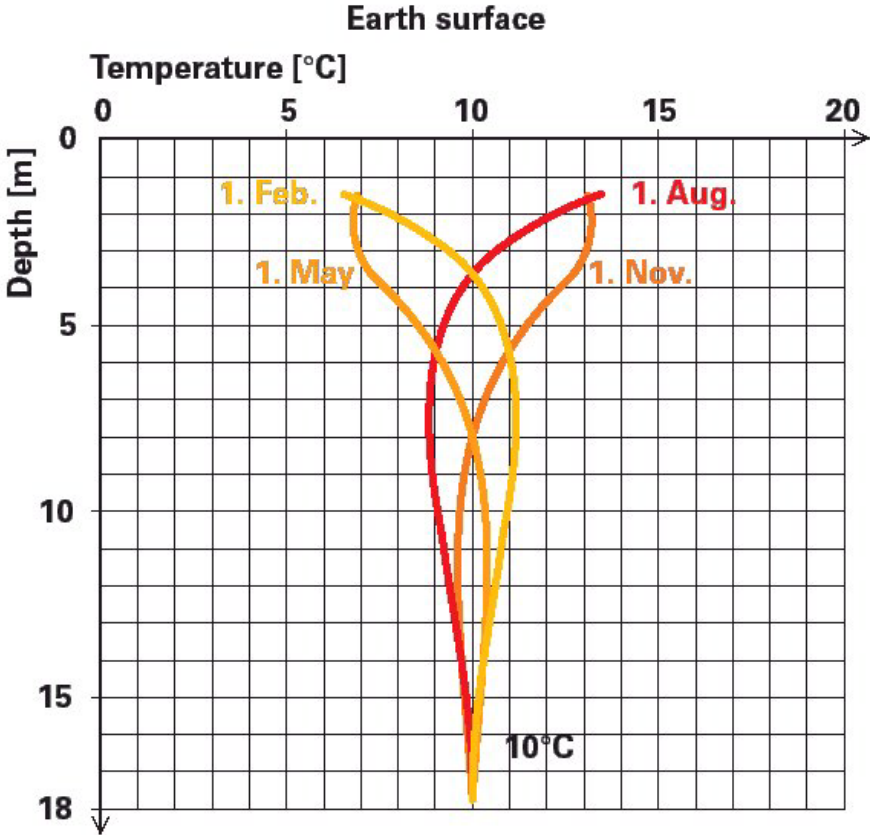
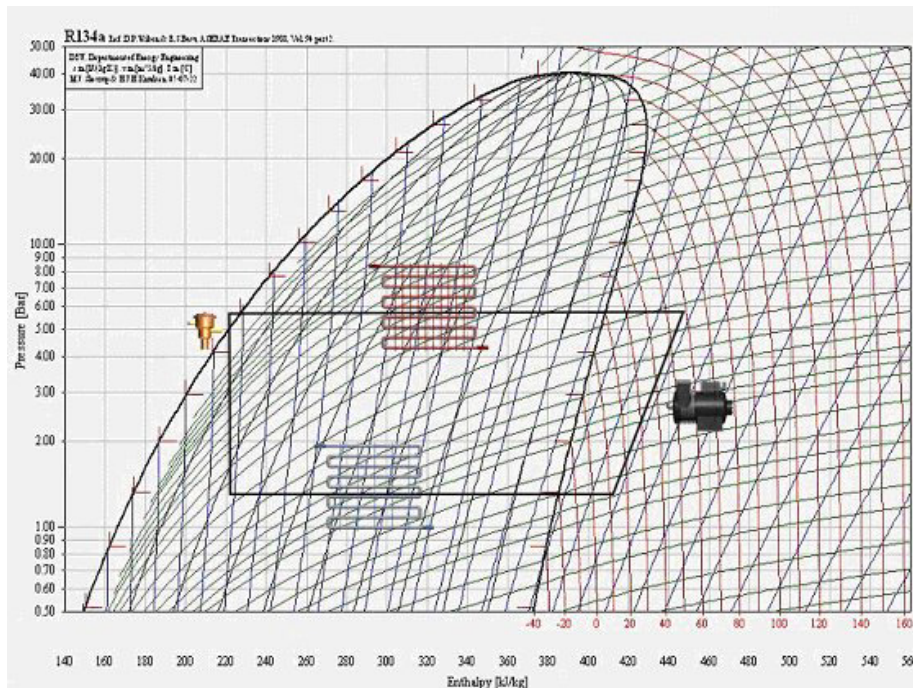


Fig. 3.87. Variație tipică a temperaturii, la suprafața Pământului

Pentru a se ridica nivelul de temperatură al energiei geotermale, disponibile la suprafața solului, în mod uzual, se utilizează pompe de căldură, având principalele componente și diagrama funcțională, prezentate în figura 3.88.



**Fig. 3.88.** Principalele componente și diagrama funcțională a unei pompe de căldură

Pompele de căldură tipice, utilizează ca surse de căldură, energia geotermală din sol, din apă sau din aer și furnizează căldură sursei calde, reprezentate de apă sau aer. În acest context, energia termică a tuturor surselor reci, inclusiv apă sau aer, este considerată de asemenea, energie geotermală. Temperaturile la care este disponibilă energia geotermală diferă de la o locație la alta și influențează performanțele pompelor de căldură.

În tabelul alăturat, sunt prezentate, valorile temperaturilor medii ale aerului, în diferite localități din România.

Valori medii ale temperaturilor, în câteva localități din Romania

	<b>Bistrita</b>	<b>București</b>	<b>Cluj</b>	<b>Constanta</b>	<b>Iasi</b>	<b>Timisoara</b>
ian	-5	-2	-3	1	-4	-2
feb	-2	0	-2	2	-2	1
mar	3	5	4	5	3	6
apr	9	11	9	10	10	11
mai	14	17	14	16	16	16
iun	17	20	17	20	19	19
iul	18	22	18	22	21	21
aug	18	21	18	22	20	20
sep	14	17	15	18	16	17
oct	8	11	9	13	10	11
noi	3	5	3	8	4	6
dec	-2	0	-1	3	-1	1

Temperaturile indicate în tabel, sunt implementate în programe de dimensionare ale companiilor Copeland (care citează baza de date Meteosat) și Weishaupt.

Valorile acestor temperaturi influențează în mod direct valorile temperaturilor de vaporizare ale agentului frigorific din pompele de căldură de tip aer-aer și aer-apă. Temperaturile solului și ale

apelor freatice, sunt mai puțin dependente de locul în care se amplasază pompele de căldură, dar sunt de asemenea importante.

Destinația pompelor de căldură, determină valorile temperaturilor la care este livrată energia termică utilă a pompelor de căldură. În tabelul alăturat sunt indicate câteva valori tipice pentru temperaturile la care se livrează energia termică utilă, în funcție de destinația pompelor de căldură.

Temperaturi tipice la care pompele de căldură furnizează căldura utilă

Destinație	Temperaturi [°C]
Încălzire în pardosea	25...29
Încălzire cu veltilo-convectoare	32...35
Apă caldă menajeră	~ 45
Piscine	25...29

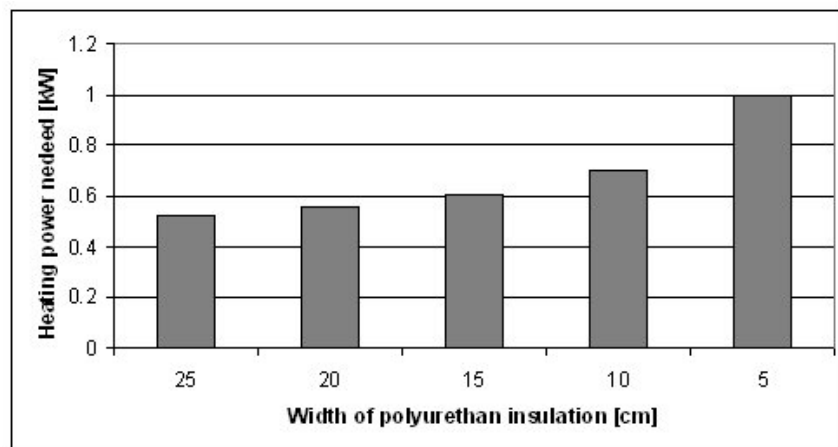
*Temperaturile de condensare ale agentului frigorific din pompele de căldură, sunt influențate de destinația acestora.*

În principiu, performanțele pompelor de căldură, sunt determinate de diferența dintre temperaturile de condensare și de vaporizare ale agentului frigorific.

Un parametru important al pompelor de căldură, în special pentru aplicații casnice, este reprezentat de sarcina termică utilă, sau puterea termică utilă. Acest parametru este determinant pentru investiția în sistemul de încălzire cu energie geotermală.

Un rol determinant, pentru reducerea sarcinii termice, sau puterii termice a pompelor de căldură, este prezentat de izolația termică a clădirii. Practic, pompele de căldură se utilizează întotdeauna, în combinație cu izolații termice deosebit de eficiente.

În figura 3.89, sunt prezentate rezultatele obținute pentru cazul unei case unifamiliale tipice, cu suprafața de 150m<sup>2</sup>, realizată din panouri Sandwich, de diferite grosimi, între 5...25cm.



**Fig. 3.89.** Influența grosimii izolației asupra puterii termice necesare

În tabelul alăturat, sunt prezentate caracteristicile principale ale locuinței analizate.

Caracteristicile principale ale locuinței

Parametrul	Valoare
Temperatură interioară	25°C
Temperatură exterioară	-5°C
Nr. persoane	4
Durata perioadei de preparare a.c.m.	8h
Lungime	10m
Lățime	6m
Înălțime	7.5m
Suprafața pe sol	80m <sup>2</sup>
Suprafața ferestrelor	36m <sup>2</sup>
Tipul ferestrelor	Float-Float

Pentru a se studia influența unor parametri importanți, asupra performanțelor pompelor de căldură, a fost scris un program de calcul original, utilizând mediul de programare Engineering Equation Solver (EES), considerat lider mondial în domeniul calculului termic.

Principalele funcții ale programului original de calcul sunt:

- Selecția informațiilor despre pompa de căldură:
  - Destinație;
  - Tip;
  - Locație;
- Calcule:
  - Ciclul de funcționare al pompei de căldură;
  - Eficiența pompei de căldură.

A fost studiată influența următorilor parametri:

- Tipul pompei de căldură;
- Destinația pompei de căldură;
- Agentul frigorific.

Au fost considerate următoarele tipuri de pompe de căldură:

- Sol-apă cu colectori orizontali;
- Sol-apă cu colectori verticali;
- Sol-apă cu vaporizare directă în sol;
- Apă-apă;
- Aer-apă.

Au fost considerate următoarele destinații ale pompelor de căldură:

- Încălzire în podea;
- Încălzire cu ventilo-convectoare;
- Preparare apă caldă menajeră iarna;
- Preparare apă caldă menajeră vara.

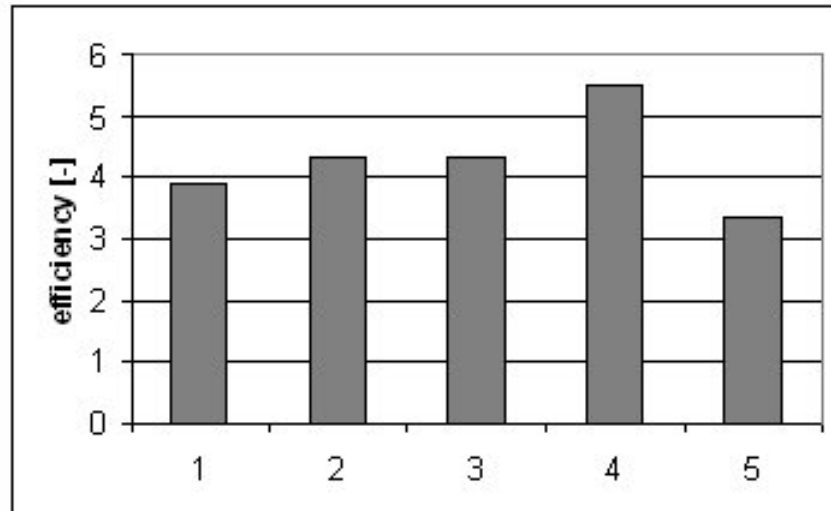
Au fost considerate următorii agenți frigorifici:

- R407C;
- R290 (Propan);
- R404A.

### 3.6.2. Rezultate și discuții

Singurul parametru de performanță analizat, a fost eficiența pompelor de căldură, calculată ca raport între sarcina termică sau puterea termică utilă și puterea electrică absorbită.

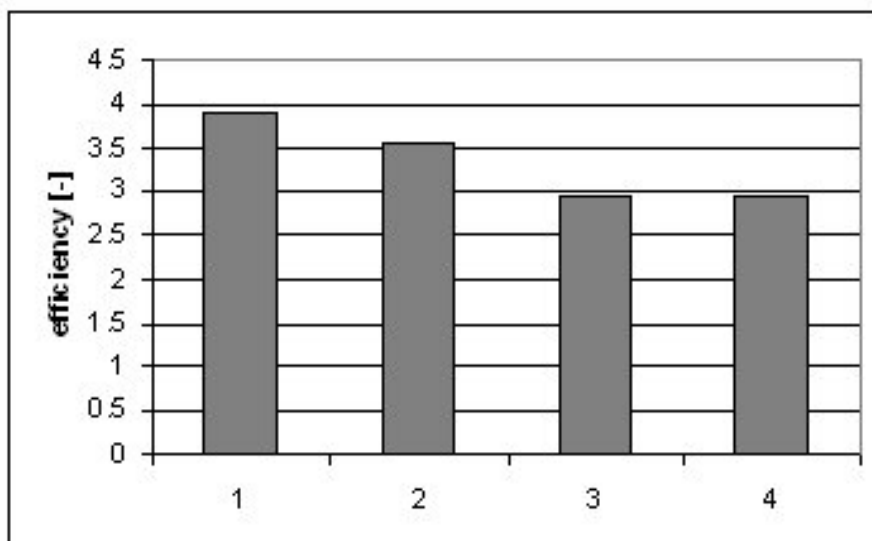
În figura 3.90, este prezentată influența tipului pompei de căldură asupra eficienței pompei de căldură, utilizată pentru încălzirea în pardosea, cu R407C.



**Fig. 3.90.** Influența tipului pompei de căldură asupra eficienței  
1 - sol-apă cu colectori orizontali; 2 - sol-apă cu colectori verticali;  
3 - sol-apă cu vaporizare directă; 4 - apă-apă; 5 - aer-apă

Se poate observa că cea mai ridicată eficiență corespunde pompei de căldură apă-apă. Pompa de căldură cu colectori verticali și cea cu vaporizare directă prezintă valori similare ale eficienței. Între ultimele două tipuri de pompe de căldură, prima prezintă avantajul unei exploatare și întrețineri mai ușoare, iar a doua, prezintă avantajul unor costuri de instalare mai reduse.

În figura 3.91 este prezentată influența destinației pompei de căldură, asupra eficienței, pentru pompă de căldură cu colectori orizontali și R407C.



**Fig. 3.91.** Influența destinației pompei de căldură, asupra eficienței  
1 - încălzire în podea; 2 - încălzire cu ventiloconvectoare;  
3 - preparare apă caldă menajeră iarna, 4 - preparare apă caldă menajeră vara

Cea mai ridicată eficiență, se obține pentru încălzire în podea. Valori similare se vor obține pentru încălzirea piscinelor, care prezintă condiții de funcționare identice cu încălzirea în podea. În aceste condiții, încălzirea piscinelor, reprezintă una dintre cele mai interesante aplicații ale pompelor de căldură, în special pentru cele de tip aer-apă, care pe timp de vară prezintă valori cu adevărat ridicate ale eficienței.

În figura 3.92 este prezentată influența agentului frigorific, asupra eficienței pompelor de căldură, pentru pompă de căldură cu colectori orizontali, utilizată pentru încălzirea în pardosea.

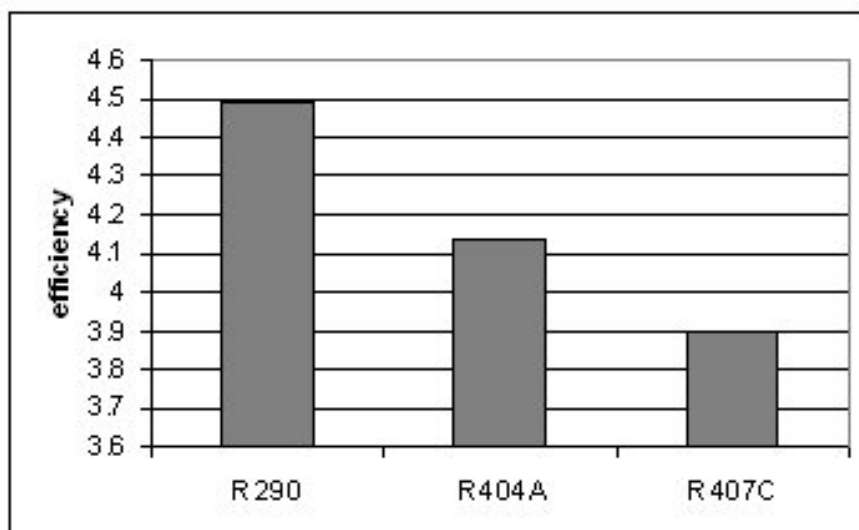


Fig. 3.92. Influența agentului frigorific, asupra eficienței

Cu toate că R290 (propan) asigură cea mai mare eficiență frigorifică, acest agent frigorific este foarte inflamabil și în numeroase țări din UE, dar nu și în SUA, este interzisă amplasarea în interiorul clădirilor, a echipamentelor care conțin cantități semnificative de propan. Aceste restricții diminuează popularitatea acestui agent frigorific, care tinde totuși să devină tot mai utilizat în ultimii ani.

În figura 3.93 este prezentată influența combinată a destinației și tipului pompei de căldură, asupra eficienței.

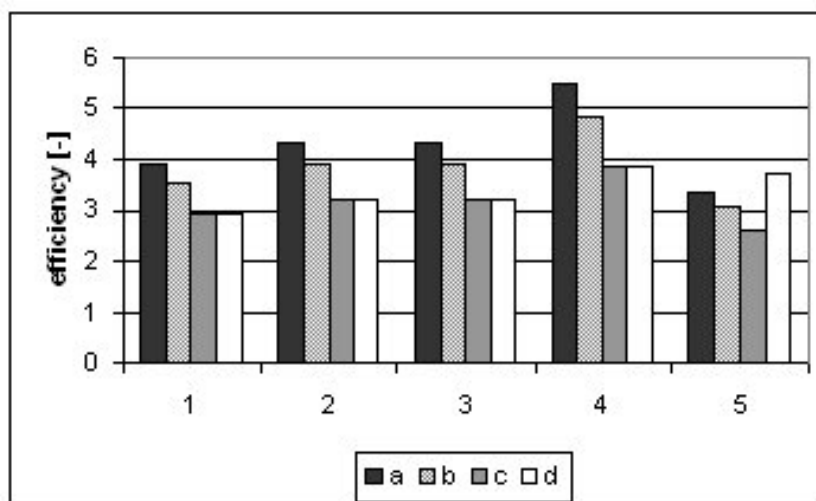
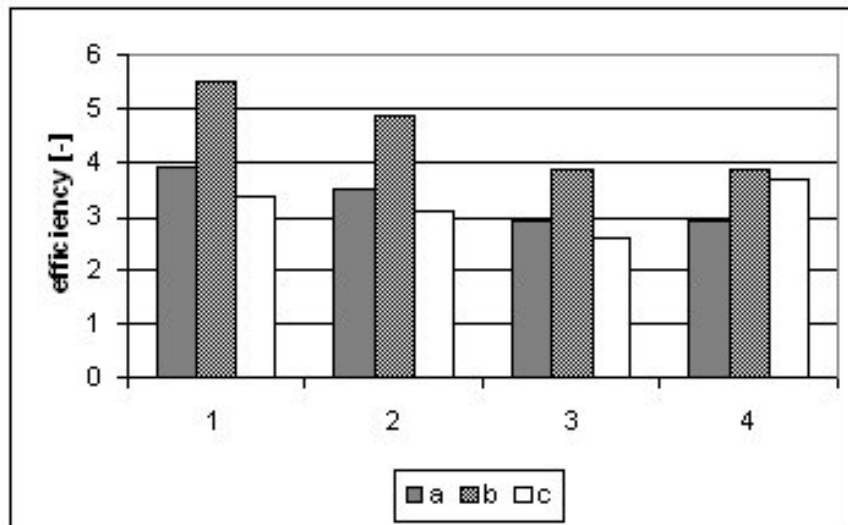


Fig. 3.93. influența combinată a destinației și tipului pompei de căldură, asupra eficienței

1 – sol-apă cu colectori orizontali; 2 - sol-apă cu colectori verticali; 3 – sol apă cu vaporizare directă; 4 – apă-apă; 5 – aer-apă;

a – încălzire în podea; b – încălzire cu ventiloconvectoare; c – preparare apă caldă menajeră iarna; d – preparare apă caldă menajeră vara

Figura 3.94 prezintă influența destinației pompei de căldură, pentru trei tipuri de asemenea echipamente, asupra eficienței.

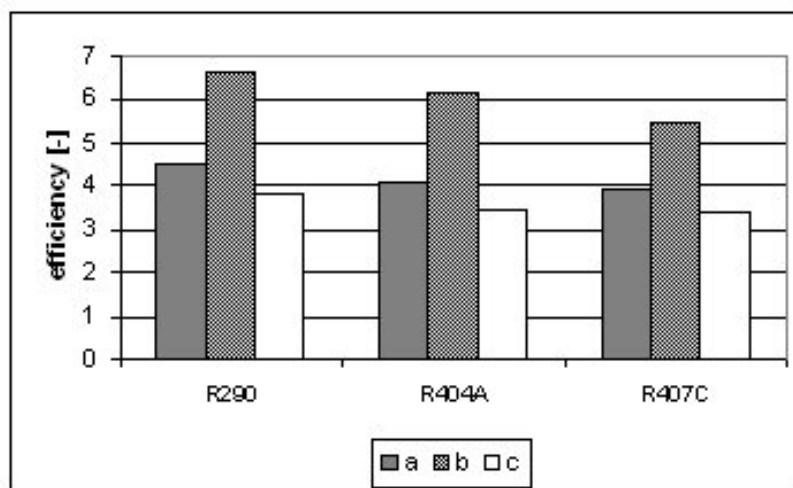


**Fig. 3.94.** Influența destinației pompei de căldură, pentru trei tipuri de asemenea echipamente, asupra eficienței

1 – sol-apă cu colectori orizontali; 2 - sol-apă cu colectori verticali; 3 – sol apă cu vaporizare directă; 4 – apă-apă; 5 – aer-apă;  
a – sol-apă cu colectori orizontali; b – apă-apă, c – aer-apă

Se poate observa că în cazul pompelor de căldură aer-apă, eficiența preparării apei calde vara, este mai mare decât iarna. În cazul celorlalte tipuri de pompe de căldură, nu există diferențe pentru această destinație a pompelor de căldură, deoarece temperatura solului, și temperatura apei freatice, se menține relativ constantă, tot anul.

În figura 3.95 este prezentată influența agentului frigorific, asupra eficienței, pentru câteva tipuri de pompe de căldură.



**Fig. 3.95.** Influența combinată a agentului frigorific și a tipului pompei de căldură, asupra eficienței

a – sol-apă cu colectori orizontali; b – apă-apă, c – aer-apă



### 3.6.3. Concluzii

Amplasamentul sau locația pompelor de căldură, destinația acestora, tipul și agentul frigorific, reprezintă câțiva parametri foarte importanți, care prezintă influențe semnificative asupra eficienței pompelor de căldură.

Agentul frigorific, este ales de producător, dar ceilalți parametri reprezintă condițiile de lucru ale pompelor de căldură și influența acestora este determinantă asupra eficienței cu care este utilizată energia geotermală în pompele de căldură.

În aceste condiții, alegerea soluției tehnice, trebuie să reprezinte obiectul unei analize tehnico-economice detaliate, care poate fi bazată pe studiul eficienței pompelor de căldură.

R290 (propan), prezintă valorile cele mai ridicate ale eficienței frigorifice, dar acest agent frigorific este foarte inflamabil și poate fi utilizat numai în condiții foarte restrictive, de exemplu pompele de căldură cu acest agent, nu pot fi amplasate în interiorul casei.

Pompele de căldură apă-apă și sol-apă cu vaporizare directă, prezintă valori apropiate ale eficienței, dar este dificil de găsit apă freatică la debitele necesare și cu o compoziție chimică adecvată acestei utilizări.

Chiar dacă pompele de căldură aer-apă, prezintă în general, valori reduse ale eficienței, aceste echipamente sunt cele mai ieftine și reprezintă cea mai eficientă soluție pentru încălzirea piscinelor pe timp de vară.