

## **POMPA DE CĂLDURĂ - SOLUȚIE FEZABILĂ PENTRU UTILIZAREA EFICIENTĂ A ENERGIEI ÎN CLĂDIRI?**

**Dr. ing. Dumitru CHISĂLIȚĂ<sup>1</sup>, dr. ing. Mihai - Marius VORONCA<sup>2</sup>**

### **REZUMAT**

Pompele de căldură, ca sisteme de conversie a energiei, sunt mașini termice care pot ridica calitatea căldurii de la un potențial termic coborât până la un potențial termic ridicat. Pompele de căldură pot fi utilizate pentru producerea căldurii sau a frigului. Transferul de căldură în ambele cazuri este efectuat prin intermediul unui agent de lucru care își schimbă ciclic starea de agregare. Prin utilizarea pompei de căldură este posibilă preluarea energiei termice solare înmagazinată în apă, sol sau aer și utilizarea ei în scopul acoperirii necesarului termic pentru încălzirea locuințelor. Toate aceste surse de căldură anterior menționate reprezintă un acumulator al energiei solare, astfel încât utilizând aceste surse se utilizează, de fapt, indirect, energia solară. În cazul concret al unui proiect de investiții pentru încălzirea clădirilor, pentru stabilirea fezabilității alternativelor de încălzire și/sau răcire care pot fi avute în vedere, se recomandă stabilirea variantelor tehnico-economice și cuantificarea atractivității unei investiții prin realizarea analizei cost-beneficiu. În studiul de oportunitate se consideră comparativ o soluție de echipare cu pompă de căldură pentru acoperirea necesarului de energie termică pentru încălzirea / răcirea aerului unei clădiri și o soluție de echipare cu centrală termică funcționând cu gaze naturale și 4 aparate de condiționare a aerului funcționând cu energie electric, pentru acoperirea unui necesar de 48,8 kWh pentru încălzire și de 3,8 kWh pentru răcire.

### **1. INTRODUCERE**

Pompele de căldură, ca sisteme de conversie a energiei, sunt mașini termice care pot ridica calitatea căldurii de la un nivel scăzut până la un nivel ridicat de temperatură. Acestea pot furniza, în mod obișnuit energia termică până la temperaturi de 120 °C.

Pompele de căldură pot fi utilizate pentru producerea căldurii sau a frigului. Transferul de căldură în ambele cazuri este efectuat prin intermediul unui agent de lucru care își schimbă ciclic starea de agregare.

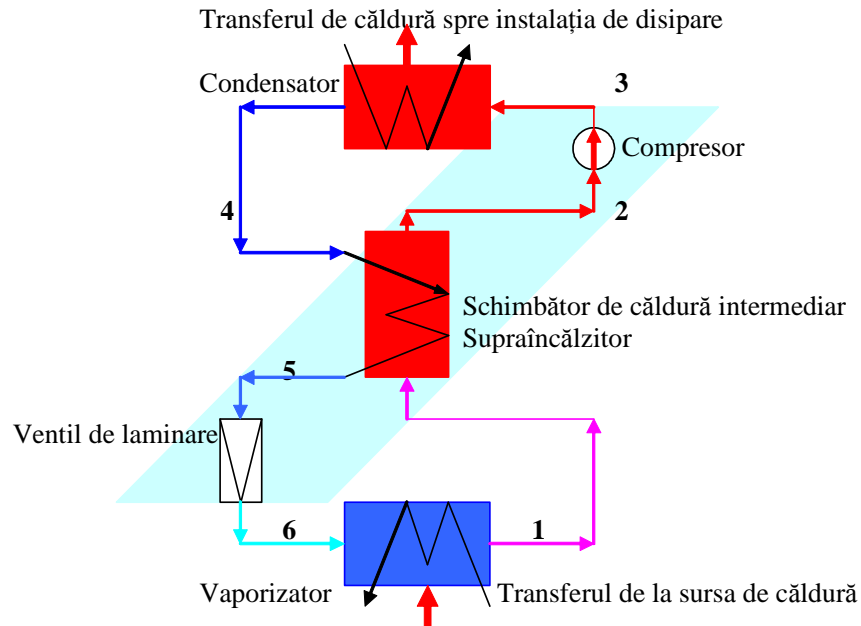
După felul surselor de căldură utilizate, pompele de căldură pot fi:

- pompe de căldură de tip aer-aer, care au ca sursă de căldură aerul atmosferic și folosesc aerul ca agent purtător de căldură în clădirile în care sunt montate; la acest tip de instalații, inversarea ciclului este deosebit de ușoară, în sezonul rece echipamentul putând funcționa în regim de încălzire iar în sezonul cald în regim de condiționare;
- pompe de căldură de tip apă-aer, care folosesc ca sursă de căldură apa de suprafață sau de adâncime, apa caldă evacuată din industrie, agentul purtător de căldură fiind aerul;
- pompe de căldură de tip sol-aer, care folosesc ca sursă de căldură solul iar agentul purtător de căldură este aerul;
- pompe de căldură de tip soare-aer, care folosesc ca sursă de căldură energia termică provenită prin radiație de la soare iar agentul purtător de căldură este aerul;
- pompe de căldură de tip aer-apă, care folosesc ca sursa de căldură aerul, iar ca agent purtător de căldură apa;
- pompe de căldură de tip apă-apă, care folosesc ca sursă de căldură apa, iar ca agent purtător de căldură tot apa;
- pompe de căldură de tip sol-apă, care folosesc ca sursă de căldură solul, iar ca agent purtător de căldură apa;
- pompe de căldură de tip soare-apă, care folosesc ca sursă de căldură radiația solară, iar ca agent purtător de căldură apa.

---

<sup>1</sup> Vicepreședinte, Asociația „Energia noastră”, str. Păltiniș nr. 43, Târgu Mureș, tel: 072 372 83 65; fax: 026 983 89 97; e-mail: [consultenerg@casaeconomica.ro](mailto:consultenerg@casaeconomica.ro), <http://www.casaeconomica.ro/>

<sup>2</sup> Director executiv, Fondul Român pentru Eficiența Energiei, str. Johann Strauss 2A, sector 2, ROU - 020312 București 30, tel: 021 233 88 01; fax: 021 233 88 02; e-mail: [office@free.org.ro](mailto:office@free.org.ro), <http://www.free.org.ro/>



**Figura 1** Modul de funcționare al pompei de căldură (sursa: Chisăliță, D., Pompe de căldură energie verde pentru clădiri, Editura Universității 'Transilvania', ISBN 978-973-635-908-8, Brașov, 2007)

## 2. UTILIZAREA POMPELOR DE CĂLDURĂ PENTRU ÎNCĂLZIREA CLĂDIRILOR

Înțelegerea funcționării pompei de căldură are la bază principiul al doilea al termodinamicii, conform căruia căldura nu trece de la sine, de la un mediu cu un potențial termic scăzut la un mediu cu un potențial termic ridicat. Trecerea căldurii de la un mediu cu un potențial termic scăzut la un mediu cu un potențial termic ridicat devine posibilă numai prin aport de lucru mecanic.

Prin utilizarea pompei de căldură este posibilă preluarea energiei termice solare înmagazinată în apă, sol sau aer și utilizarea ei în scopul acoperirii necesarului termic pentru încălzirea locuințelor. Toate aceste surse de căldură anterior menționate reprezintă un acumulator al energiei solare, astfel încât utilizând aceste surse se utilizează, de fapt, indirect, energia solară.

În mod obligatoriu, în componența unei pompei de căldură se regăsesc un compresor, un vaporizator, un condensator și un ventil de laminare. În funcție de specificul instalației o pompă de căldură mai poate conține și alte echipamente cum ar fi schimbătoarele de căldură intermediare (figura 1), folosite din ce în ce mai des și elemente de automatizare care realizează o creștere a randamentului global al pompei de căldură precum și o mai mare ușurință în utilizare.

Elementul esențial în procesul de captare și cedare a energiei este agentul termic din circuitul interior al pompei de căldură. Acesta are proprietatea de a trece din stare lichidă în stare de vapori reci la temperaturi scăzute.

## 3. METODOLOGIA DE ANALIZĂ A FEZABILITĂȚII POMPELOR DE CĂLDURĂ PENTRU ÎNCĂLZIREA CLĂDIRILOR

În practica economică, instituțiile financiare utilizează metodologii proprii de evaluare a viabilității tehnice și rentabilității economice a proiectelor de investiții.

În cazul concret al unui proiect de investiții pentru încălzirea clădirilor, pentru stabilirea fezabilității alternativelor de încălzire și/sau răcire care pot fi avute în vedere, se recomandă etapele prezentate sintetic în continuare.

### **3.1. Stabilirea variantelor tehnico-economice**

În această etapă se realizează analiza costurilor pe totalul ciclului de viață (life-cycle costs analysis) a fiecărei variante considerate. Evaluarea unor proiecte alternative ia în considerare volumele ale investițiilor, costurile și duratele de viață și conduce la identificarea alternativei cu costuri minime pe întreaga durată de viață (costuri minime).

### **3.2. Cuantificarea atractivității unei investiții prin realizarea analizei cost-beneficiu**

Atractivitatea unei investiții se poate stabili folosind analiza cost-beneficiu. Analiza cost-beneficiu permite identificarea acelor investiții care maximizează beneficiile economice și sociale și ajută la stabilirea ordinii priorităților conform căreia vor fi realizate proiectele. Realizarea analizei cost-beneficiu presupune:

- identificarea costurilor și a beneficiilor financiare (economii și/sau costuri evitate) și stabilirea orizontului de studiu (așezarea costurilor și veniturilor pe axa timpului);
- stabilirea schemei de finanțare și a costurilor asociate;
- stabilirea ipotezelor de lucru - prognozele privind aceste costuri și veniturile pe întreaga durată de viață a proiectului;
- calculul fluxului de lichidități și actualizarea (scontarea) fluxului de lichidități;
- calcularea indicatorilor de profitabilitate și interpretarea lor în comparație cu investiții similare și cu așteptările investitorilor;
- identificarea factorilor critici (cu impact considerabil), a căror evoluție afectează indicii de profitabilitate, analiza de sensibilitate, reprezentând 'rezistența' investiției la variația factorilor critici, probabilitate și risc, considerate în analiza de scenarii;
- luarea deciziei de a investi, nu investi sau a amâna investiția.

Identificarea tuturor costurilor necesare analizei presupune și compararea costurilor investiționale și a costurilor operaționale cum ar fi cele legate de achiziții, proiectare și construcții, costurile reziduale (cedare, lichidare), costurile de înlocuire a activelor, costuri de exploatare, întreținere și reparații, costurile cu utilitățile. Tot în această fază sunt comparate costurile inițiale cu costurile viitoare și costurile unice cu costurile recurente.

Relevante pentru prezenta lucrare sunt moduri de realizare a beneficiilor financiare care pot apărea după implementarea unei investiții în domeniul încălzirii clădirilor:

- beneficii financiare rezultate în urma reducerii cheltuielilor aferente consumurilor de energie termică, gaze naturale, energie electrică, apă etc.;
- beneficii financiare obținute prin costuri evitate (producerea energiei electrice prin valorificarea surselor regenerabile, cheltuieli de exploatare și întreținere mai reduse, cheltuieli cu reviziile și reparațiile efectuate la intervale mai mari de timp, cheltuieli de personal mai reduse prin folosirea sistemelor de automatizare etc.).

La stabilirea schemei de finanțare pot fi avute în vedere resursele financiare proprii, în măsura în care acestea sunt disponibile și finanțările prin credite, caz în care în evaluarea costurilor sunt luate în considerare perioada de grație, dobânzile și comisioanele aferente plății serviciului datoriei, costurile aferente garanțiilor de acoperire a riscurilor de creditare, anvergura și ritmicitatea rambursărilor etc.

Pentru stabilirea ipotezelor de lucru sunt luate în considerare perioada de derulare a investiției, durata normată de viață a investiției, amortizarea investiției (pentru care se consideră amortizării liniare), valoarea reziduală a investiției după amortizarea integrală și prognoza evoluției costurilor și veniturilor pe durata de viață a proiectului

Prima etapă în determinarea fluxului de lichidități presupune deducerea costurilor din beneficiile financiare obținute în urma economiilor realizate prin implementarea investiției. Din totalul beneficiilor obținute înainte de impozitare se deduc cheltuielile financiare aferente creditării și amortizarea, rezultând beneficiile financiare impozabile.

Deducerea impozitului din beneficiile financiare impozabile duce la obținerea beneficiilor financiare nete după impozitare. Adăugarea la acestea din urmă a cheltuielilor cu amortizarea duce la obținerea fluxului de lichidități. Deducerea din fluxul de lichidități a plății serviciului datoriei duce la obținerea fluxului net de lichidități.

Calculul indicatorilor de profitabilitate presupune determinarea ratei interne de rentabilitate, a perioadei brute de recuperare a investiției, a perioadei actualizate de recuperare a investiției și a indicelui de profitabilitate. Investiția este cu atât mai profitabilă cu cât rata internă de rentabilitate are o valoare mai mare și superioară ratei de actualizare folosită la actualizarea fluxului net de lichidități, cu cât perioada brută de recuperare a investiției este mai mică perioadei de recuperare aleasă și cu cât indicele de profitabilitate este mai mare.

Analiza de sensibilitate și risc ține seama de faptul că analiza economică se bazează pe ipoteze de lucru referitoare la evenimente viitoare incerte. Prețurile și tarifele mărfurilor și serviciilor, dar mai ales a energiei sunt fluctuante și pot înregistra variații semnificative pe perioada de analiză a proiectului care coincide, de regulă cu durata normată de viață a investiției. Elementele de risc sunt luate în considerare ori de câte ori există probabilitatea ca o investiție să genereze rezultate diferite de cele prognozate.

Concret, analiza de sensibilitate și risc presupune:

- identificarea variabilelor critice care influențează semnificativ indicatorii investiției la modificări în limite rezonabile a acestor variabile;
- determinarea pragului critic de rentabilitate a investiției în condițiile modificării variabilelor critice și stabilirea punctelor slabe și identificarea ariilor de risc;
- estimarea probabilităților de apariție a unor evenimente favorabile sau adverse și corelațiile dintre variabile;
- determinarea riscurilor externe proiectului (riscuri sistemice, riscuri de piață etc.).

#### **4. STUDIU DE OPORTUNITATE: MONTAREA UNUI SISTEM DE ÎNCĂLZIRE/RĂCIRE PENTRU O CLĂDIRE CU UN NECESAR ANUAL DE 48,8 kWh PENTRU ÎNCĂLZIRE ȘI 3,8 kWh PENTRU RĂCIRE**

Studiul de oportunitate pentru încălzirea / răcirea unei clădiri în care există sobe de teracotă și 4 aparate de condiționare a aerului funcționând cu energie electrică, ia în considerare două posibile soluții pentru acoperirea necesarului de energie:

- o soluție de ‚producere separată’: echipare cu o centrală termică funcționând cu gaze naturale pentru acoperirea unui necesar anual de energie termică pentru încălzire de 48,8 kWh/an, și cu 4 aparate de condiționare a aerului funcționând cu energie electrică pentru acoperirea unui necesar anual de energie termică pentru condiționare de 3,8 kWh/an; centrala termică este de tip Viessmann Vitopend 100 [1], cu puterea nominală de 18 kW iar cele 4 aparate de condiționare a aerului sunt de tip Calor CLAKFR25, cu puterea de 2,5 kW [2];
- o soluție de ‚producere combinată nesimultană’: echipare cu pompă de căldură pentru acoperirea unui necesar anual de energie termică pentru încălzire de 48,8 MWh/an și pentru răcire de 3,8 MWh/an; pompa de căldură este de tip Ochsner Apă – Sol Combi Patent 3in1 [3], care este compusă din aparatul Ochsner CP 320, COP de catalog 5,4, modul de ventilație LM, vas tampon de 100 l pentru încălzire și 200 l pentru prepararea apei calde.

Ipotezele avute în vedere la analiza comparativă a celor două soluții de echipare pentru acoperirea necesarului de energie pentru încălzire și răcire sunt:

- perioada de analiză este de 20 de ani iar rate de actualizare este de 12%;
- perioada de utilizare a sobelor de teracotă este de 3250 ore/an iar randamentul acestora este de 40%;
- perioada de operare a centralei murale Viessmann este de 3.250 ore/an iar randamentul acesteia este de 85%; centrala termică este folosită exclusiv pentru încălzirea locuinței; conform datelor de catalog Viessmann, durata normată de viață a centralei termice este de 10; la sfârșitul perioadei de viață vechile instalații se înlocuiesc cu alte instalații similare noi;
- perioada de operare a aparatelor de condiționare a aerului este de 1.500 ore/an;

- nu există nici o altă sursă de încălzire pentru clădirea care este încălzită cu pompa de căldură; conform datelor de catalog Ochsner, durata normată de viață a pompei de căldură este de 20 de ani;
- există racorduri de energie electrică și gaze naturale;
- prețul gazelor naturale este de 320 euro/1000 Nm<sup>3</sup> iar prețul energiei electrice este de 250 euro/MWh; prețurile sunt considerate constante pe întreaga perioadă de analiză.

Centrală termică încălzire și 4 aparate condiționare aer	Investiție	Reparație capitală	Tabelul 1 Total
Proiecte și avize	800	500	1.300
Achiziție materiale (exclusiv sistemul de încălzire)	1.000	700	2.000
Achiziție aparate	3.200	3.200	6.400
Manopera, transport și PIF aparatura	500	500	1.000
Achiziție materiale sistem de distribuție energie termică	1.500	1.500	3.000
Manopera sistem de încălzire	400	400	800
<b>Total*</b>	<b>7.400</b>	<b>6.800</b>	<b>14.200</b>

\* toate prețurile sunt exprimate în euro și includ TVA

Pompă de căldură pentru încălzire / răcire de tip sol - apă	Investiție	Tabelul 2 Total
Proiecte și avize	300	300
Achiziție materiale circuit captare energie și alte elemente auxiliare	4.200	4.200
Achiziție aparate	6.000	6.000
Manopera transport și PIF aparatura	1.500	1.500
Achiziție materiale sistem de distribuție energie termică	1.500	1.500
Manopera sistem de încălzire	1.000	1.000
<b>Total*</b>	<b>14.500</b>	<b>14.500</b>

\* toate prețurile sunt exprimate în euro și includ TVA

În contextul ipotezelor adoptate, volumul total al investiției este explicat în tabelul 1 și tabelul 2 indicii de performanță tehnică și financiară ai investiției, calculați luând în considerare exclusiv beneficiile financiare rezultate în urma economiilor de energie în cele două cazuri, sunt prezentați în tabelul 3.

	Soluția de echipare cu centrală termică pentru încălzire și 4 aparate de condiționare a aerului*	Soluția de echipare cu pompă de căldură pentru încălzire/răcire de tip sol - apă	Tabelul 3
<b>Volumul total investiție</b>	14.200 (tabelul 1)	14.500 (tabelul 2)	
<b>Cost finanțare</b>	0	0	
<b>Indicatori de performanță</b>			
<b>Economii gaze naturale</b>	6.506 Nm <sup>3</sup> /an	12.290 Nm <sup>3</sup> /an	
<b>Economii energie electrică</b>	0 MWh/an	- 6,0 MWh/an	
<b>Economii resurse energetice primare</b>	5,5 tep/an	8,8 tep/an	
<b>Reduceri emisii CO<sub>2</sub></b>	13,2 tone CO <sub>2</sub> /an	18,3 tone CO <sub>2</sub> /an	
<b>Indicatori de fezabilitate</b>			
<b>TRB</b>	6,8 ani	5,9 ani	
<b>TRA</b>	15,1 ani	9,5 ani	
<b>VNA</b>	1.000 euro	3.700 euro	
<b>RIR</b>	13 %	16 %	

Legendă: TRB – termen brut de recuperare a investiției; TRA – termen de recuperare actualizat; VNA – venit net actualizat; RIR – rata internă de rentabilitate

Nota:

\* Investiția ia în considerare efectuarea unei reparații capitale la 10 ani de la PIF

\*\* Analiza ia în considerare o durată de viață a instalației de 20 de ani

În contextul ipotezelor avute în vedere pentru analiza comparativă a celor două tipuri de investiții rezultă că deși mai costisitoare, soluția de echipare cu pompă de căldură pentru încălzire/răcire de tip sol - apă prezintă indicatori de performanță tehnică și fezabilitate mai buni decât cei aferenți soluției de echipare cu centrală termică pentru încălzire și 4 aparate de condiționare a aerului

Analiza de sensibilitate a fost realizată considerând ca variabile relevante prețul gazelor naturale și prețul energiei electrice. Creșterea exclusivă a prețului gazelor naturale (tabelul 4), îmbunătățește performanțele financiare ale soluțiilor de echipare, mai puțin în cazul primei soluție de echipare, și mai mult

**Tabelul 4**

Preț gaze naturale (euro/1000Nm <sup>3</sup> )	Preț energie electrică (euro/MWh)	Soluția de echipare cu centrală termică pentru încălzire și 4 aparate de condiționare a aerului				Soluția de echipare cu pompă de căldură pentru încălzire/răcire de tip sol - apă			
		TRB (ani)	TRA (ani)	VNA (euro)	RIR (%)	TRB (ani)	TRA (ani)	VNA (euro)	RIR (%)
<b>320.0</b>	250.0	6.8	15.1	1.4	13.5	5.9	11.0	3.7	16.0
<b>336.0</b>	250.0	6.5	13.3	2.1	14.3	5.5	9.5	5.2	17.5
<b>352.0</b>	250.0	6.2	12.0	2.9	15.2	5.1	8.4	6.7	18.9
<b>368.0</b>	250.0	5.9	11.0	3.7	16.0	4.8	7.5	8.1	20.4
<b>384.0</b>	250.0	5.7	10.1	4.5	16.8	4.5	6.8	9.6	21.8

în cazul cele de a doua soluții de echipare.

Creșterea exclusivă a prețului energiei electrice (tabelul 5), menține constante performanțele financiare ale primei soluții de echipare și înrăutățește performanțele cele de a doua soluții de echipare. Și într-o astfel de

**Tabelul 5**

Preț gaze naturale (euro/1000Nm <sup>3</sup> )	Preț energie electrică (euro/MWh)	Soluția de echipare cu centrală termică pentru încălzire și 4 aparate de condiționare a aerului				Soluția de echipare cu pompă de căldură pentru încălzire/răcire de tip sol - apă			
		TRB (ani)	TRA (ani)	VNA (euro)	RIR (%)	TRB (ani)	TRA (ani)	VNA (euro)	RIR (%)
320.0	<b>250.0</b>	6.8	15.1	1.4	13.5	5.9	11.0	3.7	16.0
320.0	<b>262.5</b>	6.8	15.1	1.4	13.5	6.1	11.7	3.2	15.4
320.0	<b>275.0</b>	6.8	15.1	1.4	13.5	6.3	12.6	2.6	14.8
320.0	<b>287.5</b>	6.8	15.1	1.4	13.5	6.5	13.6	2.1	14.2
320.0	<b>300.0</b>	6.8	15.1	1.4	13.5	6.8	14.8	1.5	13.6

situație, în care prețul gazelor naturale rămâne constant, pentru o creștere de 20% a prețului energiei electrice, performanțele soluției de echipare cu pompă de căldură rămân superioare.

În fine, creșterea simultană a prețurilor gazelor naturale și energiei electrice (tabelul 6), menține superioritatea celei de a doua soluție de echipare în raport cu prima, îmbunătățirea performanțelor în primul caz fiind mai rapidă decât în cel de al doilea caz.

**Tabelul 6**

Preț gaze naturale (euro/1000Nm <sup>3</sup> )	Preț energie electrică (euro/MWh)	Soluția de echipare cu centrală termică pentru încălzire și 4 aparate de condiționare a aerului				Soluția de echipare cu pompă de căldură pentru încălzire/răcire de tip sol - apă			
		TRB (ani)	TRA (ani)	VNA (euro)	RIR (%)	TRB (ani)	TRA (ani)	VNA (euro)	RIR (%)
<b>320.0</b>	<b>250.0</b>	6.8	15.1	1.4	13.5	5.9	11.0	3.7	16.0
<b>336.0</b>	<b>262.5</b>	6.5	13.3	2.1	14.3	5.7	10.0	4.6	16.9
<b>352.0</b>	<b>275.0</b>	6.2	12.0	2.9	15.2	5.4	9.2	5.5	17.8
<b>368.0</b>	<b>287.5</b>	5.9	11.0	3.7	16.0	5.2	8.5	6.5	18.7
<b>384.0</b>	<b>300.0</b>	5.7	10.1	4.5	16.8	5.0	8.0	7.4	20

## 5. CONCLUZII

Prin studiul de oportunitate considerat, a fost realizată o analiză comparativă a performanțelor tehnice și financiare ale unei soluții de echipare cu pompă de căldură pentru acoperirea necesarului de energie termică pentru încălzirea / răcirea aerului unei clădiri și a unei soluții de echipare cu centrală termică funcționând cu gaze naturale și 4 aparate de condiționare a aerului funcționând cu energie electrică, pentru acoperirea unui necesar de 48,8 kWh pentru încălzire și de 3,8 kWh pentru răcire. În ambele cazuri, situația inițială considerată a fost aceea a unei clădiri echipate cu sobe de teracotă glazurată funcționând cu gaze naturale și cu 4 aparate de condiționare a aerului funcționând cu energie electrică.

În contextul ipotezelor considerate, soluția de echipare cu pompă de căldură prezintă indici de performanță tehnică și financiară superiori cele cu centrală termică și 4 aparate de condiționare a aerului.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] \* \* \*, Centrale termice Viessmann Vitopend 100 TF, <http://www.calorserv.ro/>, 2007.
- [2] \* \* \*, Aparat aer condiționat Calor KFR25 - ROP, <http://www.calorserv.ro/> 2007.
- [3] \* \* \*, Combi - Patent 3in1, OCHSNER Wärmepumpen, <http://www.ochsner.at/>, 2007.