

Sisteme rezidențiale de pompe termice. Eficiență, preț și confort

Residential Heat Pump Systems. Efficiency, Price and Comfort

Ioan Boian¹, Alexandru Șerban¹, Florin Chiriac²

¹Universitatea Transilvania din Brașov
Str. Turnului Nr.5, 500413 Brașov, Romania

²Universitatea de Construcții București
Blvd. Pache Protopopescu Nr.66, Romania

E-mail: florin_chiriac2001@yahoo.com

Rezumat. *Lucrarea prezintă instalația de încălzire realizată la Catedra de Instalații a Universității din Brașov bazată pe pompa termică împreună cu evaluări energetice și de eficiență estimate în faza de concepție în vederea asigurării confortului termic din laborator precum și unele rezultate experimentale obținute în perioada de testare. Pompa termică cu comprimare mecanică asigură temperatura necesară din laboratorul de la subsolul clădirii, care nu beneficiază de aport solar fiind astfel „izolată” de influențele atmosferei și de cele solare. Din această cauză furnizarea de căldură în laborator este necesară și în sezonul cald, însă cu o pondere mai redusă. Pompa termică este asistată și de un panou solar-termic cu tuburi vidate.*

Cuvinte cheie: sistem bazat pe pompa termică, colector solar, testare in situ

Abstract. *A heat pump system designed and realized in the the Building Facilities Department at Transylvania University of Brașov is presented together with some evaluations concerning the energy efficiency and comfort specific for the design phase. Results from testing carried out in a below the grade laboratory, having low solar gain, with hydronic heating system show the cycling operation of the heat pump. The heat pump operating all around the year is solar assisted by an evacuated solar collector.*

Key words: heat pump system, solar collector, in situ tests

1. Introducere

Sistemul de încălzire bazat pe pompa termică conceput și realizat în laboratorul Catedrei de Instalații al Facultății de Construcții din Brașov servește la studiul parametrilor de confort specifici unei încăperi cu consum redus de energie. Această

încăperea situată la subsolul clădirii se află în mare parte - peste 75% - sub nivelul solului, ceea ce îi conferă o caracteristică de consum redus de căldură pe timpul sezonului rece, dar necesită o ușoară încălzire și în sezonul cald, ca urmare a aportului solar redus. Prin comparație, restul clădirii se află în contact cu aerul ambiant și are un aport solar însemnat. Prin urmare pompa termică furnizează căldură pe tot parcursul anului, dar cu intensități diferite funcție de sezon, ceea ce conduce la o eficiență sporită a sistemului, atunci când este evaluată pe perioada întregului an. Sistemul considerat în acest caz constă din clădire și din pompa termică alături de sursa de căldură, desemnat în continuare ca *CPTSC*; el va fi analizat în cele ce urmează în contextul condițiilor climatice, al confortului termic, precum și al prețului energiei electrice.

2. Structura laboratorului de pompe termice

Sistemul *CPTSC* este prezentat în Figura 1 și are ca sursă termică de joasă temperatură aerul exhaustat din clădire de către ventilconvectorul amplasat în holul clădirii situat la parter. Cu toate că pompa termică este de tipul apă-apă s-a optat pentru aerul exhaustat ca sursă de căldură pentru a valorifica energia sa termică evitându-se în acest fel forajul puțurilor de alimentare și de reinjecție care ar fi ridicat substanțial costurile de instalare, mai ales că nivelul pânzei freatice se află la aproximativ 35 m.

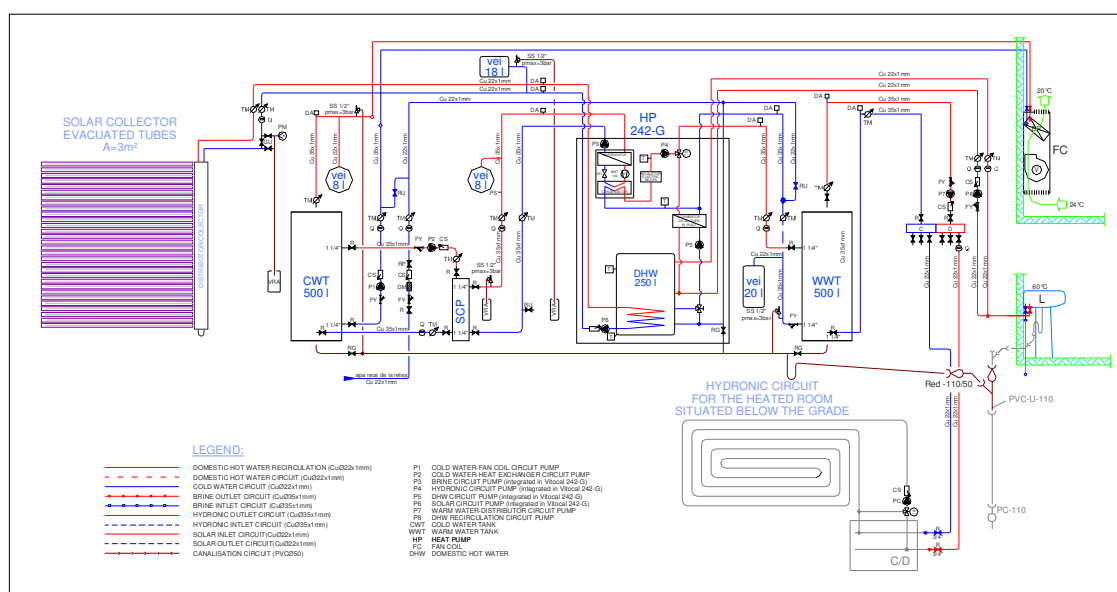


Fig. 1. Schema funcțională a sistemului bazat pe pompa termică *CPTSC*.

Căldura recuperată din aerul exhaustat cu ajutorul ventilconvectorului, prezentat în Figura 2, este, fiind transferată cu ajutorul circuitului de apă către rezervorul de stocare amplasat în imediata vecinătate a pompei termice, înaintea schimbătorului de căldură cu plăci. Din observațiile anterioare instalării se cunoștea faptul că temperatura

aerului din holul aflat la parterul clădirii are o temperatură relativ constantă, de circa 15 ± 1 °C, prin comparație cu apa freatică care la Brașov are temperatura de 8 ± 1 °C; aceasta conduce la sporirea coeficientului de performanță COP al pompei termice.



Fig.2. Ventiloconvectorul care recuperează căldura din aerul exhaustat

Rezervorul de stocare având o capacitate de 500 l, Figura 3, are rolul de a atenua oscilațiile de temperatură, în vreme ce schimbătorul de căldură cu plăci (solicitat de producătorul pompei termice prin instrucțiunile de proiectare) separă circuitul cu antigel care transferă căldura către pompa termică de circuitul de apă provenind de la ventiloconvector.



Fig.3. Pompa termică amplasată între cele două rezervoare de stocare este separată de circuitul de apă rece prin intermediul schimbătorului de căldură în plăci

În acest fel este protejat vaporizatorul pompei termice de pericolul depunerilor precum și de cel al înghețării, conform prescripțiilor firmei producătoare. Apa caldă preparată de către pompa termică la temperatura de 30...40 °C este distribuită în circuitul aflat în pardoseala laboratorului amplasat în subsolul clădirii, la cca 2,5 m sub nivelul solului, conform Figurii 4.



Fig.4. Imaginea termografică a circuitului de distribuție a căldurii amplasat în pardoseala laboratorului de la subsolul clădirii

Pompa termică este dotată din construcție cu un rezervor de stocare a apei calde preparate de către aceasta și care este situat la partea inferioară a ansamblului. În acest rezervor este preluată și căldura colectată de panoul solar cu tuburi vidate amplasat pe peretele exterior sud-vestic al clădirii (azimut 15 °C), prezentat în Figura 5.



Fig.5. Panoul solar amplasat pe peretele sudic al clădirii

În afara sistemului de control automat al pompei termice aflat în dotarea acesteia au fost prevăzute și elemente de măsură (termorezistențe PT100, termocuple K) și precum un sistem de achiziție a datelor (data logger OPUS 208 cu 8 , respectiv 2 canale), arătate în Figura 6.

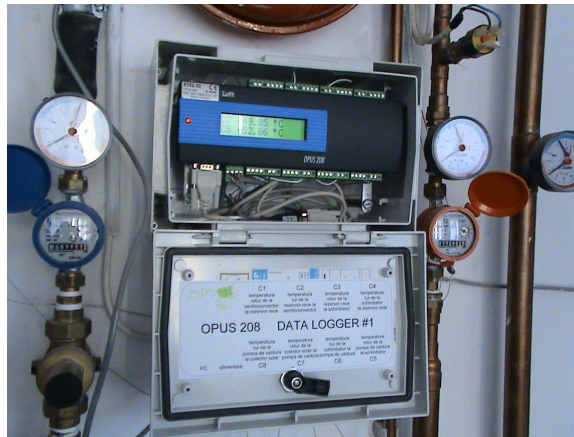


Fig.6. Sistemul de achiziție a datelor, OPUS 208

3. Eficiența sistemului și prețul energiei distribuite

Adaptarea pompei termice la sarcina variabilă de încălzire/răcire a clădirii se realizează prin funcționarea sa ciclică pornit/oprit. Acestă ciclare atrage după sine pierderi datorate reducerii diferenței de presiune între condensatorul și vaporizatorul pompei termice; la opriri mai îndelungate ale electromotorului de antrenare a compresorului această diferență de presiune tinde spre zero prin migrarea agentului termic din condensator către vaporizatorul pompei termice. Drept urmare, în primele minute după repornirea electromotorului pompei termice funcționarea acesteia este caracterizată de o eficiență redusă, până ce se reface valoarea nominală a diferenței de presiune.

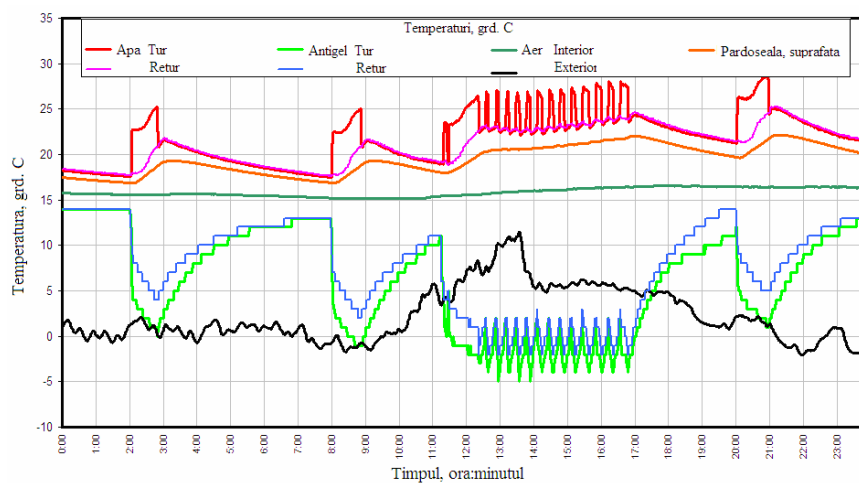


Fig.7. Funcționarea ciclică exagerată a pompei termice

Aceste situații de ciclare exagerată trebuie evitate pentru a putea beneficia de un COP mai ridicat (factorul de ajustare a capacității datorat ciclării se reduce odată cu timpul de funcționare). De aceea adaptarea capacității pompei termice la necesarul de căldură al clădirii este o condiție importantă în faza de concepție și de proiectare a sistemului CPTSC.

Distribuția căldurii către laboratorul aflat la subsolul clădirii atrage după sine un necesar de căldură mai redus pe timpul sezonului rece, similar cu situația izolării anvelopei clădirii. Efectul izolării termice a anvelopei, prin scăderea necesarului de căldură al clădirii, conduce la deplasarea punctului de echilibru spre temperaturi exterioare mai mici, așa cum se arată în Figura 8.

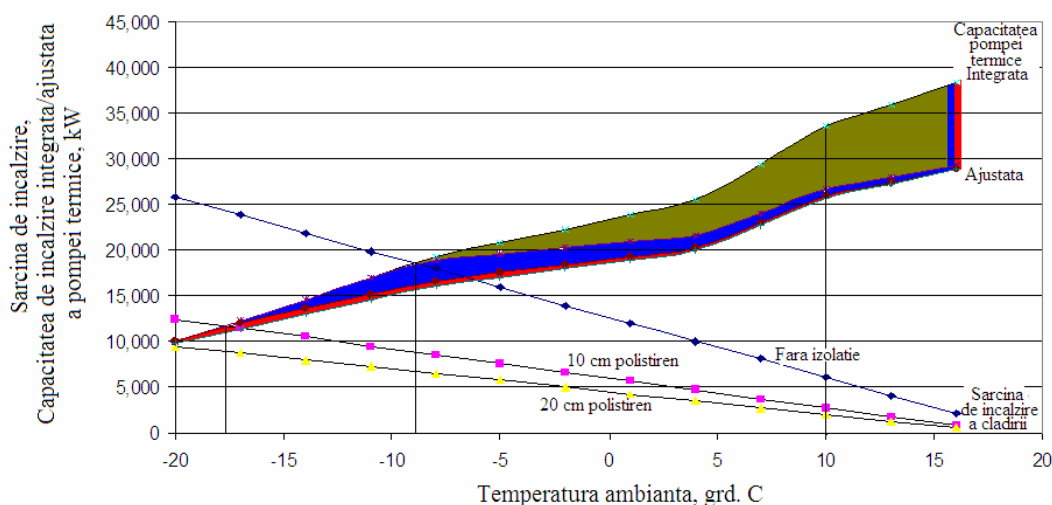


Fig.8. Capacitatea integrală/ajustată a pompei termice și necesarul de căldură al clădirii funcție de temperatura ambiantă pentru trei situații a anvelopei: înainte de izolare, 10 cm, respectiv 20cm polistiren

Analiza efectuată înaintea alegerii capacității pompei termice a vizat tocmai acest efect legat de corelarea dintre necesarul de căldură al clădirii și capacitatea pompei termice: ciclarea mai pronunțată și pierderile asociate acestora survin de la temperaturi mai scăzute, contribuind la o eficiență de funcționare mai redusă (capacitatea ajustată a pompei termice este inferioară capacității integrale determinată pe standul de încercări în condiții staționare de funcționare și furnizată de producător în fișa tehnică a produsului) [1]. Distribuția căldurii furnizate de pompa termică către o incintă amplasă în subsolul clădirii a avut ca scop tocmai reducerea sarcinii de încălzire pe timpul sezonului rece, situație similară cu izolarea suplimentară a anvelopei. Simularea condițiilor reale s-a făcut prin luarea în considerare a unei incinte asupra căreia s-a efectuat o izolare cu polistiren expandat cu grosimea de 10 cm, respectiv de 20 cm [2]. Din Figura 8 se poate observa că, prin izolarea anvelopei cu 10 cm de polistiren expandat, punctul de echilibru se deplasează de la temperatura exterioară de +8,5 °C la cea de -18 °C. Păstrând aceeași pompă termică ciclarea începe de la această temperatură mai coborâtă și pierderile asociate acestei funcționări sunt mai mari decât în situația dinainte de izolare termică. În cazul izolării cu polistiren expandat gros de 20 cm efectul este și mai pronunțat, ciclarea survenind încă de la

temperatura exterioară de -21°C , iar pierderile fiind proporționale cu suprafața poșată. De aceea este indicat să se execute lucrările de îmbunătățire termică a anvelopei înainte de alegerea capacității pompei termice și după un calcul de optimizare [2].

Tendința de a alege o pompă termică de capacitate sporită în vederea reducerii, sau eliminării aportului de căldură furnizat de sursa auxiliară de energie (de regulă un cazan pe combustibil fosil) conduce la pierderi datorate ciclării care sunt cu atât mai mari cu cât capacitatea pompei termice este mai mare, așa cum se arată în Figura 9.

Se poate observa ca pompa termică de 5,5 kW va începe să cicleze de la o temperatură exterioară de aproximativ $+5^{\circ}\text{C}$, în vreme ce pompa termică având capacitatea de 34 kW va cicla începând de la temperatura de -18°C , ceea ce va implica pierderi corespunzător mai mari. Însă trebuie arătat că pompa termică de 5,5 kW va necesita o asistență substanțial mai mare din partea sursei auxiliare de căldură (suprafața poșată din stânga punctului de echilibru) comparativ cu cea de 34 kW (suprafața neagră). Reducerea capacității pompei termice de la valoarea obținută la testarea pe stand în condiții de funcționare neîntreruptă la valoarea ajustată datorată funcționării ciclice exagerate este cu atât mai pronunțată cu cât punctul de echilibru se află la o temperatură mai coborâtă.

Pentru condițiile din laboratorul nostru calculele de estimare a capacității nominale au condus la o valoare de 6,5 kW pompa termică aleasa asigurând 6,4 kW. La aceasta se adauga și aportul solar al colectorului cu tuburi vidate având o suprafață utilă de 3m^2 .

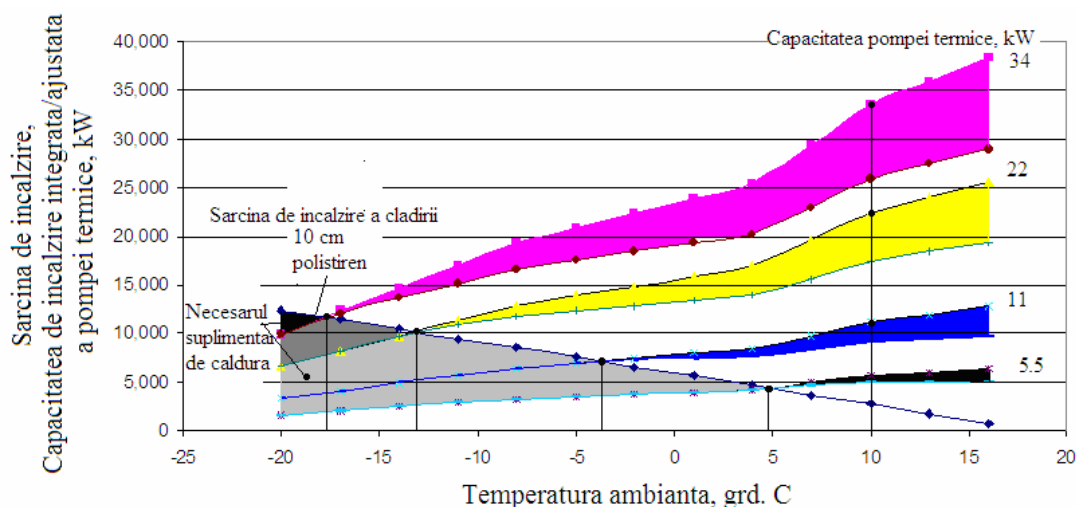


Fig.9. Pierderile aferente ciclării pentru pompa termică având diferite capacități și pentru o anvelopă izolată cu 10 cm de polistiren expandat

De regulă, se impune o anumită temperatură pentru apa furnizată de pompa termică, ceea ce conduce la un ecart pe care trebuie să-l realizeze aceasta în raport cu temperatura sursei de căldură. De aceea, prețul energiei furnizate de pompa termică depinde de doi parametri primari și anume de temperatura apei furnizate, ca agent primar, precum și de prețul energiei electrice cu care este alimentat electromotorul pompei termice.

Pentru a beneficia de avantajul unei temperaturi mai ridicate a apei la intrarea în pompa termică s-a renunțat la utilizarea apei din pânza freatică, ca agent primar, (+7...+9) în favoarea aerului, mai cald, evacuat din clădire (holul de la primul nivel) (+14...+16 °C). Ca urmare coeficientul de performanță COP sporește cu 10...20%, ceea ce se reflectă direct în costul energiei electrice consumate pentru funcționarea pompei termice.

Data fiind tendința din ultimii ani din țara noastră, de creștere a prețului energiei electrice s-a analizat efectul pe care îl are acesta asupra costului energiei termice furnizate de pompa termică.

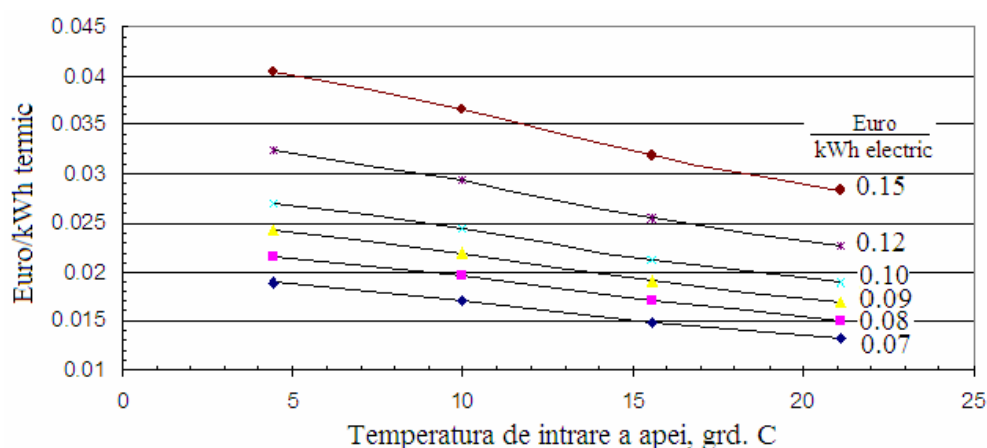


Fig.10. Prețul energiei termice furnizate de pompa termică funcție de temperatura de intrare a apei și de prețul energiei electrice distribuite

Din Figura 10 se observă că o reducere cu câțiva eurocenți a prețului energiei electrice are un efect mai pronunțat decât o creștere substanțială a temperaturii apei cu care este alimentată pompa termică: prețul energiei termice furnizate de pompa termică scade cu circa 33% prin reducerea costului specific al energiei termice cu 0,05 € (de ex. de la 0,15 € la 0,10 €), însă numai cu 15...20% prin creșterea cu 10 °C a temperaturii de intrare a apei în pompa termică.

4. Eficiența de producere a energiei electrice și confortul termic

De regulă, evaluarea performanței pompei termice se face prin raportarea energiei termice (căldura) furnizată de aceasta la energia electrică folosită în acest scop, așa-numitul coeficient de performanță COP. Având în vedere eficiența de producere a energiei electrice, cuprinsă în mod uzual între 30 și 40% capătă sens evaluarea căldurii furnizate de pompa termică în raport cu energia primară folosită la producerea energiei electrice. Din Figura 11 se observă că odată cu creșterea ecartului de temperatură realizat de pompa termică scade căldura furnizată de aceasta pentru unitatea de energie primară folosită la producerea energiei electrice (utilizată de către pompa termică); totodată se remarcă și influența semnificativ mai mică pe care o are temperatura sursei reci: o creștere de 25 °C (de la -10 °C la +15 °C) are același efect ca și o scădere cu 3...5 °C a ecartului de temperatură realizat de pompa termică.

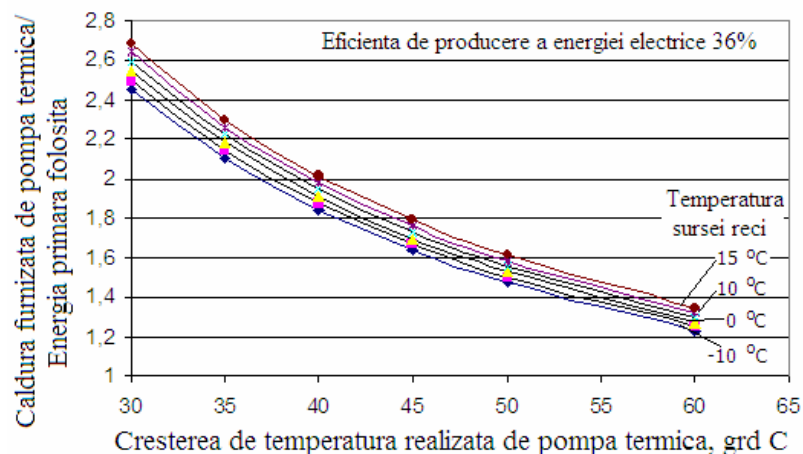


Fig. 11. Influența creșterii de temperatură realizată de pompa termică asupra căldurii furnizate de aceasta pentru unitatea de energie primară folosită și având temperatura sursei drept parametru. Evaluarea s-a făcut pentru o eficiență de producere a energiei electrice de 36%.

Din aceste considerente rezultă că este favorabilă o creștere de temperatură care să nu depășească 40 °C mai ales pentru temperaturile uzuale ale sursei reci cuprinse în intervalul 0...10 °C.

Producătorii de pompe termice fac eforturi constante de îmbunătățire a performanței acestora prin adoptarea unor soluții constructiv-funcționale mai eficiente; aceste eforturi conduc la sporirea coeficientului de performanță COP, tinzând spre valoarea sa maximă corespunzătoare unui ciclu ideal –Carnot- desfășurat între aceleași limite de temperatură. Raportând COP al pompei termice la valoarea sa maxim realizabilă în aceleași condiții de temperatură se poate evalua și efectul perfecționărilor aduse acestuia asupra performanței de producere a căldurii [3].

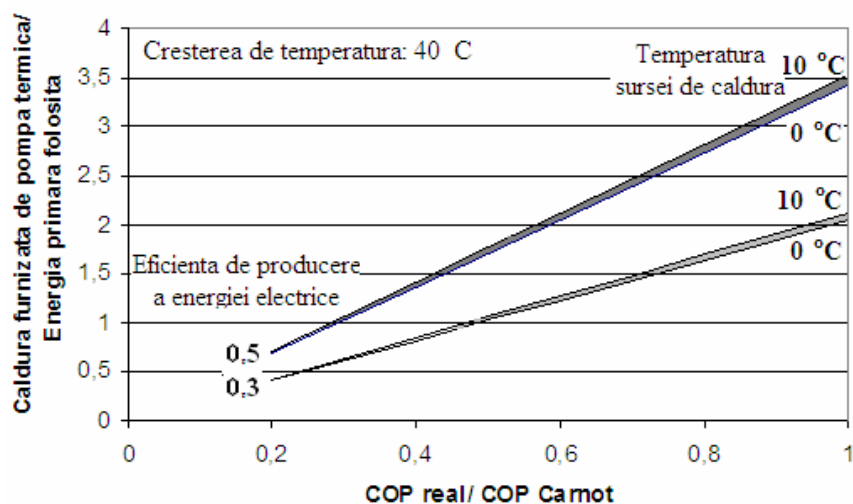


Fig. 12. Căldura furnizată de pompa termică pentru unitatea de energie primară folosită de aceasta în funcție de gradul de perfecționare al echipamentului și avînd ca parametri eficiența de producere a energiei electrice precum și temperature sursei de căldură. Evaluarea s-a făcut pentru o creștere de temperatură realizată de pompa termică de 40 °C

În Figura 12 se arată că în condițiile actuale de eficiență a producerii energiei electrice, o pompă termică (ideală) poate furniza o cantitate de căldură de cel mult 2,5 ori mai mare decât energia primară utilizată în scopul producerii de energie electrică.

Situația se poate îmbunătăți prin creșterea eficienței de producere a energiei electrice: la o valoare a eficienței de 0,5 pompa termică (ideală) ar putea furniza de cel mult 3,5 ori mai multă căldură față de energia primară utilizată la producerea energiei electrice.

Temperatura sursei de căldură are o influență minoră în raport cu ceilalți parametri, așa cum reiese din Figura 12.

Eficiența de producere a energiei electrice se reflectă atât în prețul acesteia cât și în performanța pompei termice prin căldura furnizată de aceasta în raport cu energia electrică utilizată.

Din Figura 13 rezultă că la valori scăzute ale eficienței de producere a energiei electrice (0,3) căldura furnizată de o pompă termică este inferioară energiei primare chiar și la un grad de perfecționare ridicat al pompei termice raportat la ciclul ideal (Carnot); această observație este valabilă indiferent de ecartul de temperatură realizat de pompa termică.

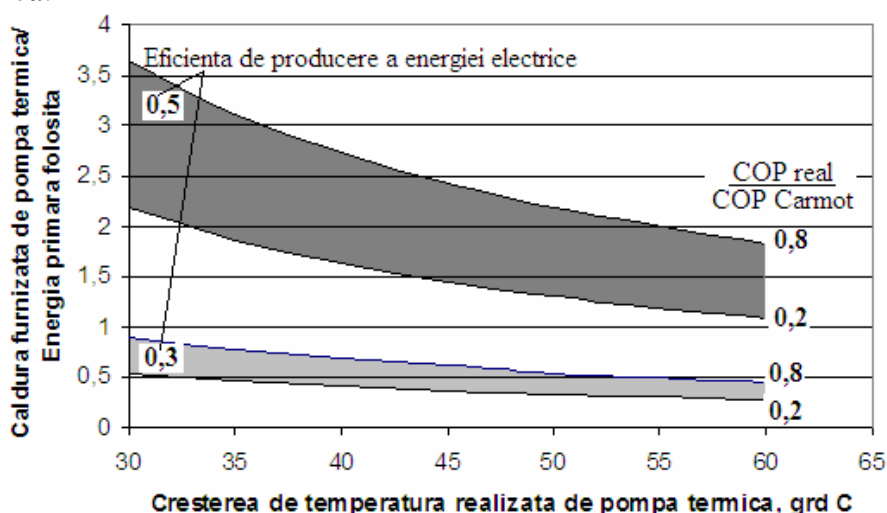


Fig.13. Căldura furnizată de pompa termică raportată la energia primară furnizată corelată cu creșterea de temperatură realizată și cu eficiența de producere a energiei electrice pentru diverse valori ale performanței acesteia.

Creșterea cantității de căldură furnizate de pompa termică la valori supraunitare în raport cu energia primară folosită survine doar la majorări ale eficienței de producere a energiei electrice; în acest caz se remarcă și efectul mai accentuat al îmbunătățirii performanței ciclului de funcționare, precum și reducerea ecartului de temperatură realizat de pompa termică. Sporirea eficienței de producere a energiei electrice cu 66% (de la 30% la 50%) induce o creștere de 3...4 ori a căldurii furnizate pentru aceeași cantitate de energie primară furnizată. Prin urmare o sporire a eficienței de producere a energiei electrice permite utilizarea unor surse de căldură cu temperatură mai scăzută. O îmbunătățire a coeficientului de performanță al pompei termice cu 33% induce o creștere a energiei termice furnizate de aceasta în raport cu

energia primară folosită în acest scop de 14% pentru o eficiență de producere a energiei electrice de 30%; aceeași îmbunătățire a COP (33%) atrage o creștere a energiei termice furnizate de aceasta în raport cu energia primară folosită în acest scop de 28% pentru o eficiență de producere a energiei electrice de 50%.

Scăderea pronunțată a COP al pompei termice este de regulă rezultatul unei ridicări exagerate a nivelului de temperatură la 55 °C și chiar peste 60 °C necesar pentru evitarea pericolului apariției legioneloziei.

Eficiența sistemului *CPTSC* depinde și de consumul de energie electrică asociat pompelor care asigură circulația agentului termic [4] și care pot contribui la sporirea semnificativă a cheltuielilor printr-o funcționare neîntreruptă și inutilă, sau printr-o corelare inadecvată a debitelor vehiculate cu necesarul de energie, atât de la sursa de căldură, cât și către suprafața radiantă de distribuție a căldurii.

În privința pompei care asigură circulația fluidului de la sursa de căldură, chiar dacă puterea acesteia reprezintă mai puțin de 5% din capacitatea pompei termice, totuși energia totală consumată de aceasta poate reprezenta o fracțiune importantă din consumul sistemului în ansamblul său, respective 15...48% atunci când funcționarea sa este neîntreruptă. În multe cazuri s-a asigurat un debit de 0,036...0,054 l/(s.kW), însă valorile din gama 0,018...0,031 l/(s.kW) se dovedesc a fi suficiente. Creșterea debitului peste aceste valori nu mai atrage după sine o majorare a COP al *CPTSC*.

Corelarea debitului cu necesarul de căldură conduce la valori optime ale acestuia determinate de atingerea unui maxim pentru COP. De regulă valorile uzuale pentru distribuția căldurii în pardoseala radiantă variază între 0,045 și 0,054 l/(s.kW). Setarea intervalului de reglaj al termostatlui care asigură confortul termic din laborator se poate face și din considerentul păstrării COP al sistemului *CPTSC* între anumite limite prestabilite.

Confortul termic din incinta laboratorului încălzit cu ajutorul pompei termice este afectat de condițiile climatice: fiind situat predominant sub nivelul solului aportul solar este semnificativ redus, iar temperatura pereților se menține în limite mai restrânse și la valori mai ridicate în sezonul rece, prin comparație cu restul clădirii.

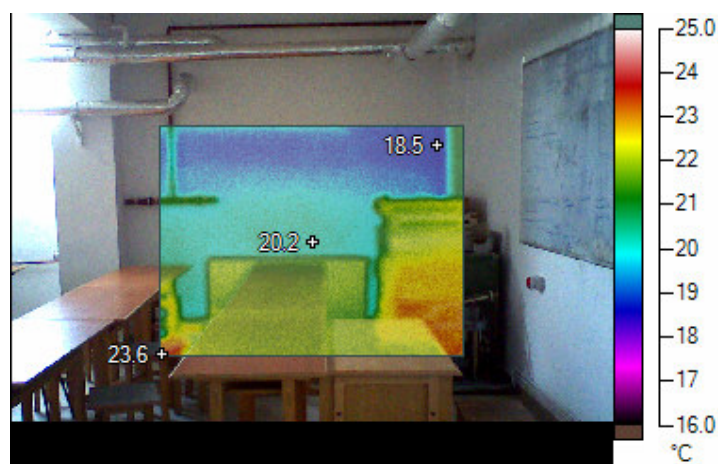


Fig.14. Imaginea termografică a pereților laboratorului amplasat la subsolul clădirii

Drept urmare suprafața interioară a pereților aferenți se menține la temperaturi mai ridicate în zonele unde se află sub nivelul zero, așa cum se vede în Figura 14.

Temperatura medie radiantă se menține la valoarea de $20,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ în partea aflată în contact cu solul față de $18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ caracteristică porțiunii amplasate deasupra acestuia (temperatura aerului exterior în momentul măsurării a fost de $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$). Temperaturile mai ridicate pe suprafața interioară sunt caracteristice pereților izolați termic fiind însoțite și de oscilații cu amplitudine mai mică. Rezultatul se manifestă în pierderi de căldură mai mici pe perioada sezonului rece afectând pozitiv necesarul de căldură, iar în timpul verii menținându-se o ambianță răcoroasă.

Pe de altă parte, în cazul menținerii temperaturii pereților la valori mai ridicate este adecvată o reducere corespunzătoare a temperaturii aerului interior [5] în concordanță cu nivelul de activitate precum și cu izolarea corpului uman prin îmbrăcăminte.

În această situație, pompa termică care acoperă pierderile de căldură în vederea menținerii condițiilor de confort, a funcționat neîntrerupt timp de o oră și zece minute urmată de un repaos de o oră și treizeci și cinci de minute, conform Figurii 15, prezentând un COP de 4,3.

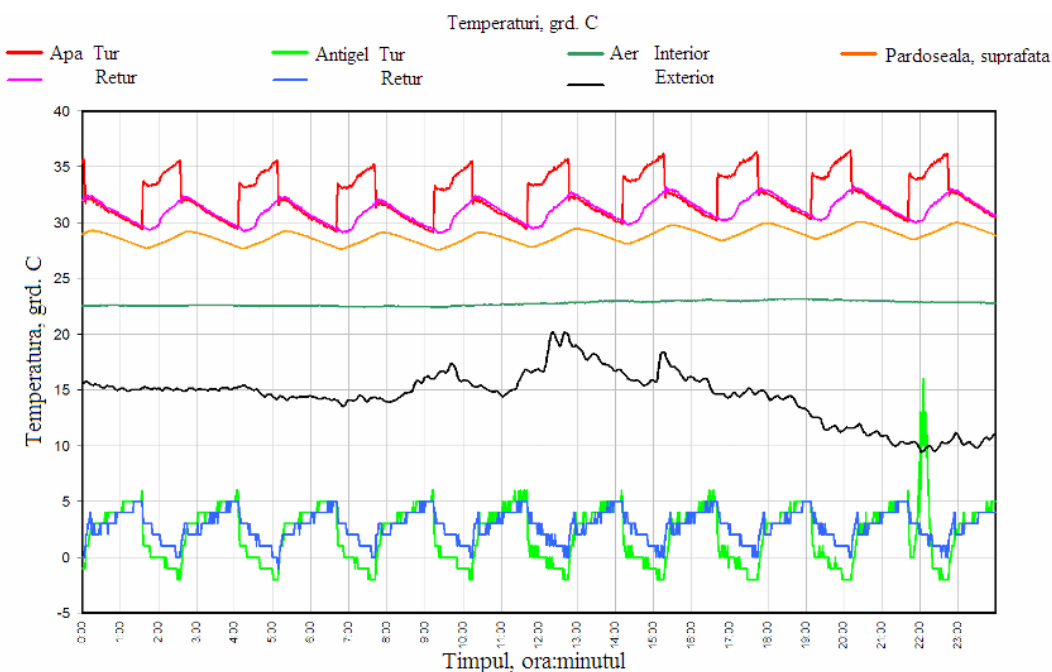


Fig.15. Înregistrarea ciclului de funcționare al pompei termice

Aceeași ciclicitate se manifestă și în ceea ce privește temperaturile pe turul/returul pompei termice. Temperatura aerului interior din laborator a fost menținută constantă la $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ în vreme ce temperatura pe pardoseala radiantă a variat în jurul valorii de $28\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ cu aceeași periodicitate de 2 ore și 45 minute.

Temperatura apei (antigel) la intrarea în pompa termică s-a menținut în limitele $0\ldots+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, iar la ieșire a fost între $+5\ldots-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pe perioada de oprire a compresorului

aceste două temperaturi tind să se egalizeze, iar în timpul funcționării există o diferență de circa 2 °C.

Apa încălzită de pompa termică s-a menținut în limitele 33 ± 3 °C la ieșire, respectiv 31 ± 3 °C la revenirea în echipament.

Temperatura aerului exterior a variat între 10 și 20 °C.

5. Concluzii

Pompele termice sunt considerate drept echipamente foarte eficiente pentru condiționarea aerului. Însă cheltuielile ce se adaugă odată cu escavarea, sau cu forajul puțurilor precum și cele rezultate în timpul unei exploatare neeconomice nu fac din acestea o alternativă imediată și atractivă pe scară largă. Cu toate că țările nordice și regiunile sărace în resurse au pus un accent deosebit pe dezvoltarea acestei tehnologii începând încă din anii șaptezeci ai secolului trecut continuând să le promoveze, totuși o răspândire pronunțată nu este încă predictibilă. Diverse soluții avantajoase au rezultat din experiența practică acumulată, însă acestea trebuie analizate într-un context mai larg asociat întregului sistem.

Studiile de fezabilitate trebuie precedate de o izolare termică a anvelopei având ca scop reducerea sarcinii de încălzire/răcire a clădirii. În cazul laboratorului de pompe termice realizat la Catedra de instalații a Universității Transilvania din Brașov a fost aleasă o incintă amplasată în subsolul clădirii pentru a beneficia de pierderi de căldură mai reduse asemănător situațiilor de izolare termică a anvelopei.

Capacitatea necesară a pompei termice depinde într-o mare măsură de nivelul de izolare termică a clădirii. O capacitate redusă a pompei termice conduce la cheltuieli mai mici cu achiziția, dar și a celor de exploatare. Dimensionarea corectă a pompei termice, adecvată cu sarcina termică a clădirii va conduce la pierderi mai mici, corespunzător cu funcționarea ciclică. Costul încălzirii cu ajutorul sursei suplimentare, pe perioada temperaturilor inferioare celei a punctului de echilibru trebuie menținute la valori reduse în vederea obținerii unei eficiențe corespunzătoare pentru întregul sistem. Deasemenea, energia electrică asociată pompelor de circulație trebuie menținută la un nivel rezonabil din punctul de vedere al eficienței economice.

Economiile de energie dintr-o clădire cu încălzire prin pardoseala se situează între 20 și 40% comparativ cu sistemele bazate pe aer cald insuflat cu condiția corelării debitelor (către sursa de căldură, respectiv către sistemul de distribuție prin clădire) cu regimul de funcționare. Convertoarele de frecvență (care permit variația turației electromotoarelor de curent alternativ) au devenit uzuale, chiar la puteri reduse, iar costul lor este mic în comparație cu cel al întregului sistem.

Intervalul de creștere a temperaturii realizat de către pompa termică, este esențial pentru sistemul *CPTSC*, el fiind cel care va determina valoarea necesară a temperaturii sursei de căldură pentru o anumită temperatură solicitată a apei calde furnizate (acc, sau încălzirea prin pardoseală).

Evoluțiile constructiv-tehnologice ale pompelor termice vor conduce implicit la creșterea performanțelor atât a echipamentului în sine cât și a sistemului în ansamblul său, respectiv la o creștere a eficienței acestei soluții.

Funcționarea ciclică exagerată trebuie evitată printr-o dimensionare precisă a necesarului de căldură-frig precum și prin setarea adecvată a termostatlui.

În concluzie, dezvoltarea sistemelor de pompe termice depinde de mai mulți factori, nu numai de cei aferenți pompei termice în sine.

Referințe

- [1] ASHRAE Fundamentals. Chapter 32. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc. 2005
- [2] *I.Boian, G.Dragomir*, “Reabilitarea termică a anvelopei clădirilor de locuit. Măsurători și rezultate.” Instalatorul **XVIII**, 6, pp. 14-17, 2010.
- [3] *P. Lundquist*, “System thinking for efficient use of heat pumps. Part 2-Experiences and perspectives from Sweden.” The REHVA European HVAC Journal, **47**, 4, pp.48-53, July 2010
- [4] *K.D. Rafferty*, “Commercial Open Loop Heat Pump Systems.” ASHRAE Journal, **51**, 3, pp.52-62 2009
- [5] *V.E. Dombi, M. Moldovan, I.Boian, I.Visa*, “Thermal Comfort in an Office Room.” Proceedings of 10th REHVA World Congress Clima 2010.Abstract Book R7-TS55-OP06, P307, 2010.