



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2017

EFICIENȚA UNUI SISTEM TERMO SOLAR ÎN CONTEXTUL ECONOMIC ACTUAL. CAZ PARTICULAR

Ferenc GÁSPÁR, Levente-Botond KOCSIS,
Ioan Aurel CHERECHEȘ

ECONOMIC EFFICIENCY OF A THERMOSOLAR SYSTEM. A CASE STUDY

Integration costs of a thermal solar system for domestic hot water preparation are a decisive factor regarding the implementation of the system. Integration cost depends on the size, capacity, complexity and the type of the thermal solar system. The payback period is directly influenced by the costs of conventional energy prices. Thus, this paper estimates the economic efficiency or the payback period of a thermal solar system for a household with three persons. The thermal solar system is chosen based on the three-year average monthly water consumption. The payback period is estimated based on the last three year monthly average costs of natural gas consumption.

Keywords: thermal solar system, integration costs, economic efficiency, solar thermal collector, solar energy

Cuvinte cheie: sistem termo solar, costuri de instalare, eficiență economică, captator termo solar, energie solară

1. Introducere

Preocupările diverse privind implementarea și eficiența surselor alternative pentru obținerea unor forme de energii utile cum ar fi energia mecanică (din biocombustibili lichizi) [1,2], energia electrică

(din surse geotermale, eoliene, solar etc.), energia termică (din surse solare și biocombustibili) reprezintă o direcție de interes și de actualitate în domeniul cercetărilor științifice actuale.

În momentul actual apa caldă menajeră la o locuință se poate obține prin prepararea în centrale termice folosind ca sursă de energie combustibili fosili, gaze naturale, biocombustibili [3], energie electrică sau în instalații termo solare folosind energia solară [4].

Utilizarea energiei solare ca sursă de energie termică poate reprezenta o soluție viabilă având în vedere contextul economic actual.

Aspectele economice pozitive care încurajează implementarea sistemelor termo solare în România este Programul Casa Verde. Prin acest program, Administrația Fondului pentru Mediu acordă finanțări nerambursabile până la 3.000 de lei pentru instalarea panourilor termosolare nepresurizate și până la 6000 de lei pentru instalarea sistemelor presurizate [5].

Un alt aspect economic important este creșterea prețurilor la sursele de energie convenționale. De exemplu creșterea prețului la gazele naturale. Odată cu aderarea țării la Uniunea Europeană, România s-a angajat în fața instituțiilor internaționale să elimine prețurile reglementate și să se alinieze la prețurile gazelor naturale din țările membre ale uniunii.

Astfel, prețul de achiziție al gazului natural din producția internă, în anul 2015 era 60 lei/MWh, care urmează să ajungă la 84 lei/MWh până în anul 2019 [6].

Implementarea unui sistem termosolar la o casă unifamilială presupune evaluarea prețului de achiziții și instalare a instalației, respectiv estimarea perioadei de amortizare a investiției.

Prezenta lucrare propune analiza economică pentru implementarea unei instalații termosolare pentru o locuință unifamilială cu trei persoane. În vederea dimensionării instalației s-a luat în calcul consumul de apă medie lunară pe ultimii trei ani. Pentru estimarea perioadei de amortizare a investiției s-a luat în calcul costul mediu lunar pentru prepararea apei calde menajere cu centrala termică cu combustibil gaze naturale.

2. Evaluarea costurilor lunare pentru prepararea apei calde

Pentru evaluarea costurilor lunare, legate de prepararea apei calde menajere consumată de membrii locuinței, s-a luat în considerare consumul lunar de energie din gazele naturale. Se menționează că încălzirea locuinței s-a realizat cu centrală pe lemne în procent de 90

%. Variația lunară a costurilor legate de consumului de energie din gaze naturale pe parcursul a trei ani este reprezentată în figura 1 [7].

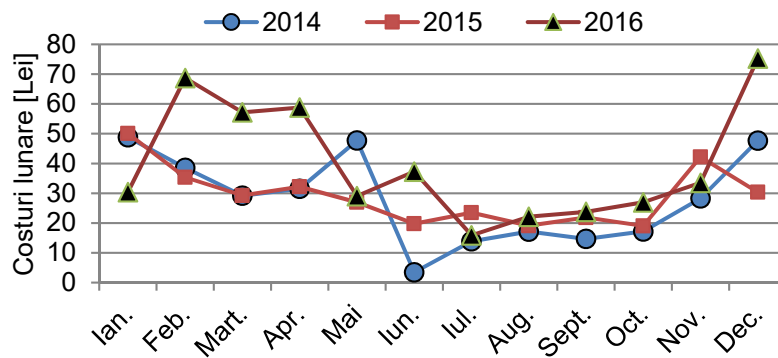


Fig. 1 Variația lunară a costurilor cu energia termică din gaze naturale

Reprezentative pentru consumul de energie termică necesară exclusiv preparării apei calde menajere sunt lunile mai, iunie, iulie, august și septembrie (figura 2). Pe aceste luni se poate considera că centrala termică a funcționat numai pentru prepararea apei calde menajere. Făcând media pe aceste luni pentru cei trei ani luați în calcul reiese o medie lunară a costurilor de 22,4 lei fără TVA.

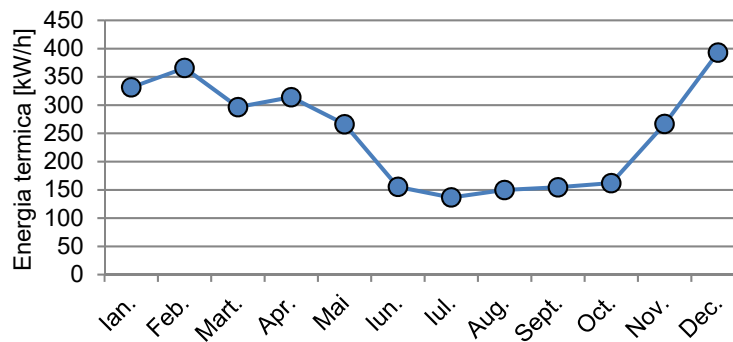


Fig. 2 Consumul lunar de energie termică din gaze naturale (medie lunară pe trei ani) [7]

Conform tarifulor practicate de E.ON (0,13 lei/kWh fără TVA) pentru energia din gaze naturale [7] costul determinat mai sus (22,4

lei/lună) reprezintă un consum mediu lunar de aproximativ 172 kWh energie pentru prepararea apei calde menajere.

3. Determinarea consumului mediu lunar de apă caldă

Determinarea consumului mediu lunar de apă caldă menajeră se poate realiza prin două metode:

- A. pe baza consumului de apă rece de la furnizorul local;
- B. pe baza consumului de energie termică din gaze naturale pentru prepararea apei calde menajere.

Analizând consumul de apă rece pe parcursul a trei ani (figura 3) s-a constatat că consumul mediu lunar pentru această perioadă este de 4,88 m³.

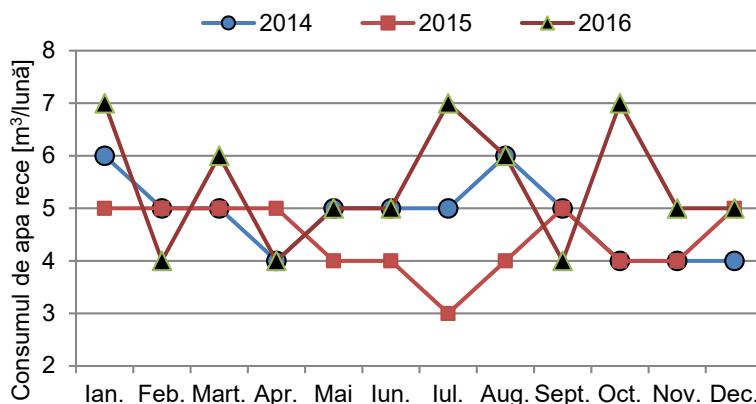


Fig. 3 Consumul mediu lunar de apă rece de la furnizorul local [8]

A. Pentru determinarea consumului de apă caldă menajeră se scade din consumul mediu lunar de apă rece (4,88 m³) cantitatea de apă consumată de mașina de spălat vase (0,245 m³/lună) [9], mașina de spălat rufe (0,825 m³/lună) [10]. Consumul de apă rece la punctul sanitar nu se asigură de la furnizorul local, deci nu se i-a în calcul.

Ținând cont de cele menționate mai sus rezultă un consum de apă caldă menajeră de 3,81 m³/lună.

B. Cunoscând consumul de energie termică din gaze naturale, respectiv specificațiile tehnice ale centralei termice (28 kW) și temperatura apei calde menajere se poate estima consumul de apă caldă menajeră după cum urmează:

$Q_{acm} = 172 \text{ kWh/lună}$ - consumul mediu lunar de energie termică folosită pentru prepararea apei calde menajere la temperatura $t_{acm} = 323 \text{ °K}$ de la temperatura $t_{ar} = 283 \text{ °K}$;

$P_{cent} = 28 \text{ kW}$ – puterea nominală a centralei termice murale, care corespunde cu sarcina termică \dot{Q}_{ac} , necesară încălzirii apei calde menajere în regim instant;

Timpul de funcționare (τ) pe o lună al centralei termice se poate determina cu formula (1):

$$\tau = \frac{Q_{acm}}{P_{cent}} = \frac{Q_{acm}}{Q_{ac}} \text{ [ore/lună]} \quad (1)$$

- astfel timpul de funcționare al centralei termice pe lună este de 6,14 ore.

Cunoscând formula pentru sarcina termică (2) necesară preparării apei calde în regim instant [11] se poate determina debitul de apă (3) prin centrala termică.

$$\dot{Q}_{ac} = \dot{m} \cdot c_a \cdot (t_{acm} - t_{ar}) \text{ [kW]} \quad (2)$$

$$\dot{m} = \dot{Q}_{ac} / [c_a \cdot (t_{acm} - t_{ar})] \text{ [kg/s]} \quad (3)$$

unde $c_a = 4,186 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$ – căldura specifică a apei.

Raportând debitul masic al apei calde prin centrala termică la numărul de ore de funcționare și ținând cont de densitatea apei ($\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$) va rezulta debitul volumic (\dot{v}) lunar prin centrala termică, astfel:

$$\dot{v} = (\dot{Q}_{ac} \cdot \tau \cdot 3600) / [c_a \cdot (t_{acm} - t_{ar}) \cdot \rho_a] \text{ [m}^3\text{/lună]} \quad (4)$$

rezultând un debit volumic prin centrala termică, respectiv un consum de apă caldă menajeră de $3,7 \text{ m}^3\text{/lună}$.

Analizând valorile obținute pentru consumul de apă caldă menajeră determinate pe baza consumului de apă rece, respectiv pe baza consumului de energie termică, se constată ce cele două valori sunt apropiate ($3,81 \text{ m}^3\text{/lună}$, respectiv $3,7 \text{ m}^3\text{/lună}$), ca urmare aceste valori pot fi luate în considerare la dimensionarea și alegerea sistemului termosolar pentru prepararea apei calde menajere.

4. Dimensionarea și alegerea instalației termosolare

Pentru dimensionarea boilerului se are în vedere consumul mediu lunar de apă caldă raportat la numărul de persoane (n_{pers}) și consumul zilnic. Astfel din consumul mediu lunar de $3,8 \text{ m}^3/\text{lună}$ rezultă un consum zilnic de apă caldă menajeră $v_{ac} = 42 \text{ l}/(\text{pers} \cdot \text{zi})$.

Având în vedere că intensitatea radiației solare are un caracter variabil, atât pe parcursul zilei cât și pe parcursul anului [4], se ține cont de zilele în care nu este radiație solară. La dimensionarea volumului boilerului (V_{bo}) de la instalația termo solară (5) se introduce un factor de siguranță ($f = 1,5 - 2$) [11].

$$V_{bo} = v_{ac} \cdot n_{pers} \cdot f \cdot (t_{acm} - t_{ar}) / (t_{ab} - t_{ar}) \text{ [l]} \quad (5)$$

în care $t_{ab} = 333,15 \text{ °K}$ este temperatura apei din boiler.

Luând factorul de siguranță $f = 1,5$ rezultă volumul boilerului $V_{bo} = 151,2 \text{ l} \cong 150 \text{ l}$.

La dimensionarea captatoarelor solare se ține cont de faptul că instalația solară încălzește apa în regim de acumulare pe tot parcursul zilei [11]. Formula de calcul pentru determinarea puterii totale a captatoarelor solare (P_{cap}) se poate determina cu formula (6):

$$P_{cap} = [V_{bo} \cdot c_a \cdot (t_{ab} - t_{ar})] / (\tau_{cap} \cdot 3600) \text{ [kW]} \quad (6)$$

în care τ_{cap} este durata de funcționare în ore a panourilor solare pe parcursul unei zile.

Pentru încălzirea volumul de 150 l apă menajeră, la o durată de funcționare medie pe zi $\tau_{cap} = 8 \text{ ore}$, puterea totală a panourilor solare trebuie să fie, conform formulei (6), de $P_{cap} = 1,09 \text{ kW}$.

Per total captatoarele termo solare trebuie să absoarbă o energie de $1,09 \text{ kW} \times 8 \text{ ore} = 8,72 \text{ kWh}$ pe zi ca să încălzească volumul de 150 litri apă.

Ținând cont de energia solară disponibilă pentru Cluj-Napoca (medie zilnică pe ultimii 10 ani) [4] (figura 3) se constată că dimensionarea suprafeței de captare a panourilor după energia

disponibilă pe lunile de vară ($\sim 5 \frac{kWh}{m^2}/zi$) presupune o suprafață de captare de cel puțin doi metri pătrați, necesari pentru acoperirea consumului zilnic de energie de 8,72 kWh.

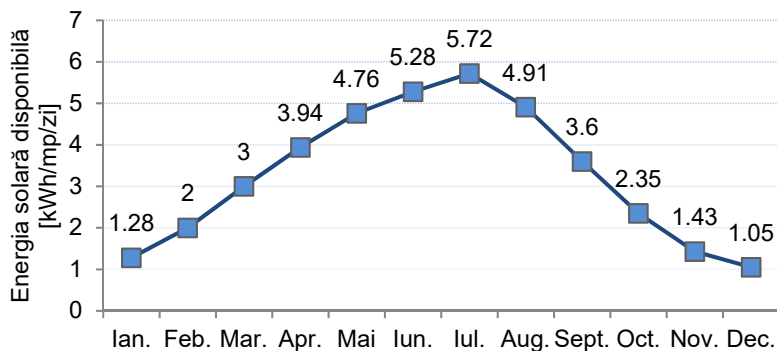


Fig. 3 Energia solară medie zilnică disponibilă în Cluj-Napoca, medie pe 10 ani [4]

Ca urmare la alegerea sistemului s-a ținut cont de faptul ca boilerul trebuie sa aibă cel puțin 150 litri și suprafața de captare să aibă cel puțin doi metri pătrați.

În tabelul 1 (Variante de sisteme termo solare presurizate) se prezintă câteva variante de sisteme termo solare presurizate. Acestea acoperă necesarul de apă caldă în proporție de 50 % pe perioada anului.

Tabelul 1

Model	Preț cu TVA [lei]	Cost instalare Preț cu TVA [lei]
Pachet panou solar SIU 1x22-150.1BS [12]	6.345,68	~750
C 290, Colector solar cu 15 tuburi [13]	5.199	~750
PC 150 L, Panou solar presurizat 150 L (3-5 persoane) [14]	2.799	~750
ESOL CY1858-18 Inox Sistem 160 L [15]	6600	inclus
KIT23P1, pachet solar complet, 2-3 persoane, 150 litri (ITechSol® Termo 23P1, [16]	5.599	~750

În urma analizei ofertei de piață privind sistemele termo solare presurizate, pentru acoperirea necesarului de apă caldă menajeră pentru 3-4 persoane, s-a constatat că prețul de achiziție a acestora este apropiată de valoarea finanțării oferită de Administrația Fondului pentru Mediu, adică în jur de 6.000 de lei.

5. Interpretarea datelor și concluzii

■ Având la dispoziție un istoric pe trei ani a consumului de apă rece și a consumului de energie termică din gaze naturale s-a putut determina consumul mediu lunar de apă caldă menajeră și costurile lunare aferente preparării acestuia. Astfel s-a stabilit un consum mediu lunar de apă caldă menajeră de $3,8 \text{ m}^3/\text{lună}$ pentru trei persoane, costurile aferente preparării acestui volum de apă caldă este de 22,4 lei/lună + TVA, adică în 26,6 lei/lună cu TVA.

■ Ținând cont de consumul mediu lunar de apă caldă menajeră reiese un consum zilnic de 150 litri.

Prețul sistemelor solare presurizate, care asigură necesarul zilnic de apă menajeră stabilit, este în jurul valorii de 6.000 de lei.

■ În cazul în care se obține finanțarea de 6.000 lei de la Administrația Fondului pentru Mediu pentru instalarea sistemului termo solar presurizat, atunci sistemul este eficient economic din prima zi de funcționare.

■ În cazul în care nu se obține finanțarea atunci se calculează perioada de amortizare a costurilor ($Perioada_{am}$), astfel (7):

- prețul de achiziție considerat ($Pret_a$), cu instalare inclusă, este 6.000 lei;
- costurile care se acoperă lunar ($Cost_l$) de sistemul termo solar este de 26,6 lei;
- sistemul termo solar dimensionat la 150 l capacitate asigură necesarul de apă menajeră caldă pe parcursul anului în procent de 50 % ($f_{solar} = 50\%$), adică 6 luni;
- se i-a în considerare evoluția posibilă a prețului la gazele naturale pentru consumatorii casnici ($f_{pgn} = 14,28\%$, creșterea cu 14,28 % a prețului gazelor naturale la consumatorii casnici în 2019 față de 2017) [4].

$$Perioada_{am} = \frac{(1-f_{pgn})P_{ret_a}}{Cost_{12} \cdot f_{solar}} \quad [ani] \quad (7)$$

■ Perioada de amortizare a costurilor privind instalarea unui sistem termo solar presurizat, care asigură necesarul de apă caldă menajeră în proporție de 50 % pe perioada anului, pentru cazul particular considerat, este de aproximativ 32 de ani.

■ În concluzie, cel mai mare impediment pentru integrarea sistemelor termo solare în structura unui locuințe este prețul de achiziție a acestora.

■ În condițiile în care locuința dispune de un sistem de încălzire și preparare a apei calde menajere cu centrale murale perioada de amortizare a costurilor la instalațiile termo-solare este foarte mare, deci eficiența economică foarte mică.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Băldean, D.L., Burnete, N., *Posibilități de cercetare a arderii biodieselului în motoarele cu aprindere prin comprimare* part. I, *Ingineria Automobilului*, Vol. 6, Nr. 1, Martie, 2012, București, Romania, pag. 16-18.
- [2] Moldovanu, D., Burnete, N., *Computational fluid dynamics simulation of a single cylinder research engine working with biodiesel*. *Thermal Science*, 17(1), 2013, pp.195-203.
- [3] Deac, T., Ros, V., Mariasiu, F., Savan, E., Borza, G., *Analysis of energy efficiency for sawdust briquetting process*, 2011, *Proceeding of the 39 International Symposium on Agricultural Engineering*, Opatia, Croatia, ISSN 1333-2651.
- [4] Gaspar, F., Roș, V., *Studiu privind dimensionarea eficientă a suprafeței de captare pentru un sistem termo-solar de încălzire a apei menajere*, *Știință și inginerie*, An XII. Vol. 21, Editura AGIR, București, 2012, pag. 443-450.
- [5] * * * *Programul CASA VERDE*, http://www.afm.ro/casa_verde-pf.php, accesat în data de 12.03.2017, ora 15:30.
- [6] * * * *Prețuri reglementate gaze naturale*, <https://www.engie.ro>, accesat în data de 11.03.2017, ora 11:30.
- [7] * * * *Facturi E.ON Energie România S.A*, Cod abonat 1001560918, perioada de facturare ianuarie 2014 – ianuarie 2017.
- [8] * * * *Facturi Compania de Apă Someș S.A*, Cod abonat 76140210P, perioada de facturare ianuarie 2014 – ianuarie 2017.

- [9] * * * *Specificații tehnice mașina de spălat vase ADG 175*, http://icecat.ro/en_sg/p/whirlpool/adg-175/dishwashers-ADG+175-19443944.html, accesat în data de 13.03.2017, ora 08:47.
- [10] * * * *Specificații tehnice mașina de spălat rufe AWOC 70100*, http://icecat.ro/en_in/p/whirlpool/awo-c-70100/washing-machines-AWO-C+70100-20854977.html, accesat în data de 13.03.2017, ora 08:50.
- [11] Bălan, M. *Energii Regenerabile*, Editura UT Press, Cluj Napoca, 2007, ISBN: 978-973-662-350-9.
- [12] * * * *Sistem termo solar 1*, <https://www.esolar.ro/pachet-panou-solar-ieftin-produs-in-china-siu-1x22-150.1bs.html>, accesat în data de 13.03.2017, ora 12:50.
- [13] * * * *Sistem termo solar 2*, <http://www.panourisolare.com/produs/sistem-solar-cu-antigel-150/>, accesat în data de 10.03.2017, ora 12:50.
- [14] * * * *Sistem termo solar 3*, <http://www.panourisolare.com/produs/panou-solar-presurizat-150/>, accesat în data de 12.03.2017, ora 18.31.
- [15] * * * *Sistem termo solar presurizat 4*, <http://energie-verde.ro/Oferta%20ROMSIR%20sisteme%20solare%20la%20cheie.pdf>, accesat în data de 05.03.2017, ora 13.31.
- [16] * * * *Sistem termo solar 5*, <https://www.panourisolare365.ro/cumpara/pachet-solar-kit-complet-casa-verde-pentru-apa-calda-menajera-pentru-2-394>, accesat în data de 09.03.2017, ora 18:10.

Dr.Ing. Ferenc GÁSPÁR,
Dr.Ing. Levente-Botond KOCSIS
Dr.Ing. Ioan Aurel CHERECHEȘ
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca,
Facultatea de Mecanică
e-mail: ferenc.gaspar@auto.utcluj.ro