



RVS Energy Romania SRL - Oradea, Onestiilor 11

Pompe de căldură industriale
Pompe de căldură rezidențiale
Stocare energie termică
Automatizări

Prepararea apei calde menajere cu surse regenerabile de energie

2024

Considerații generale privind prepararea apei calde menajere

Prepararea apei calde menajere (a.c.m.), reprezintă o componentă importantă a necesarului de căldură al unui imobil, prezentând ca și caracteristică importantă faptul că *este relativ constantă tot timpul anului*.

În cazul utilizării surselor regenerabile de energie, cum este energia geotermală utilizată în pompele de căldură, temperatura a.c.m. preparate, va fi de cca. 45 °C. În cazul în care căldura pentru prepararea apei calde se obține cu ajutorul energiei solare sau prin arderea unor combustibili clasici solizi, lichizi sau gazoși, biomasă solidă, biogaz, etc., temperatura apei va fi de (60 ... 65) °C. În ambele cazuri, temperatura apei la utilizare va fi de cca. 40 °C, această temperatură fiind reglată prin adaus de apă rece.

Prepararea apei calde menajere cu ajutorul energiilor regenerabile, se realizează în regim de acumulare. Nu se utilizează niciodată regimul “instant” de preparare a apei calde, deoarece acesta din urmă, presupune sarcini termice mari, deci echipamente scumpe. Astfel, cu ajutorul surselor regenerabile de energie, apa caldă menajeră este preparată în rezervoare de stocare (denumite oarecum „abuziv” boilere, deoarece *boiler* înseamnă cazan în limba engleză). Volumele de acumulare trebuie determinate în funcție de consumul zilnic de apă pe care trebuie să îl asigure.

O problemă importantă a preparării a.c.m. la temperaturi sub 60 °C, este că în boilerele aflate sub această temperatură, se poate dezvolta o bacterie, denumită *Legionella Pneumophila*. Această bacterie nu afectează sistemul digestiv, dar este extrem de agresivă pentru sistemul respirator, afectând plămâni și poate provoca inclusiv moartea pacienților. În băi, bacteria menționată poate să ajungă din apă în aer, iar de aici poate să fie inhalată în plămâni. Denumirea bacteriei este legată de legiunile romane, deoarece membrii acestora au fost primii oameni care au contractat boala, intrând în contact cu apă contaminată. Datorită acestei bacterii, cel puțin rezervoarele de stocare pentru prepararea apei calde menajere la temperaturi sub 60 °C, trebuie prevăzute și cu o rezistență electrică, sau cu o altă sursă de căldură, deoarece *a.c.m. din rezervor trebuie încălzită pentru cel puțin pentru o oră pe zi, până la temperatura de 60 °C*, la care această bacterie este distrusă. O soluție alternativă pentru distrugerea acestei bacterii, este reprezentată de dezinfectarea cu clor.

Calculul necesarului de căldură pentru prepararea apei calde menajere

Calculul necesarului de putere termică și calculul de dimensionare a rezervoare de stocare pentru a.c.m., trebuie să țină seama de volumul zilnic necesar de apă caldă.

În tabelele alăturate, conforme cu normele internaționale, se observă că în cazul preparării a.c.m. la temperatura de 45 °C cantitatea de apă trebuie să fie mai mare decât în cazul preparării apei la 60 °C, pentru a acoperi integral, consumul zilnic.

Consumuri de apă caldă menajeră în locuințe

Temperatura	Tipul de consum		
	Confort redus [l/pers/zi]	Confort normal [l/pers/zi]	Confort sporit [l/pers/zi]
60°C	10...20	20...40	40...70
45°C	15...30	30...60	60...100

Consumuri de apă caldă menajeră în unități hoteliere, pensiuni și cămine

Temperatura	Tipul de cameră			
	cu baie și duș [l/pers/zi]	cu baie [l/pers/zi]	cu duș [l/pers/zi]	pensiuni, cămine [l/pers/zi]
60°C	115...175	90...135	50...90	25...50
45°C	170...260	135...200	75...135	40...75

Pentru dimensionarea orientativă, din punct de vedere termic, a sistemului de preparare a a.c.m. pentru locuințe, în cazul utilizării surselor regenerabile de energie, se poate considera un consum normal de apă caldă de 50 l/pers/zi, la temperatura de 45 °C, sau de 30 l/pers/zi la temperatura de 60 °C. În cazul în care beneficiarul estimează că va depăși consumul normal de apă caldă indicat în tabel, se va ține seama de acest lucru și se va dimensiona de preparare pentru consumul de apă indicat de beneficiar.

Puterea termică \dot{Q}_{acm} [kW] necesară pentru prepararea a.c.m. se determină cu relația:

$$\dot{Q} = \frac{m \cdot c_w \cdot (t_c - t_r)}{\tau \cdot 3600}$$

unde:

- m [kg] este cantitatea de apă caldă preparată;
- $c_w = 4.186$ kJ/kgK este căldura specifică a apei;
- t_c [°C] este temperatura apei din rezervorul de stocare, deci temperatura până la care este încălzită apa;
- t_r [°C] este temperatura apei reci, având o variație sezonieră și în funcție de poziția geografică - în general vara $t_r=(12...17)$ °C, iar iarna $t_r=(5...10)$ °C. Pentru calcule orientative se poate considera $t_r= 10$ °C;
- τ [h] este durata perioadei în care este preparată apa.

Considerând valoarea consumului zilnic pentru o persoană de 50 l, respectiv 50 kg, temperatura apei calde din rezervor $t_c=45\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura apei reci $t_r=10\text{ }^\circ\text{C}$ și durata perioadei de preparare a apei calde $\tau=8\text{ h}$, puterea termică necesară pentru prepararea a.c.m. pentru o persoană devine:

$$\dot{Q}_{\text{acm,p}} = \frac{50 \cdot 4.186 \cdot (45 - 10)}{8 \cdot 3600} = 0.254\text{ kW} \approx 0.25\text{ kW} = 250\text{ W}$$

Astfel s-a arătat că pentru calcule rapide și orientative se poate considera că *puterea termică necesară pentru prepararea apei calde menajere necesare zilnic pentru o persoană, într-un interval de 8 h, este de cca. 250 W = 0.25 kW*. Corespunzător, puterea termică necesară pentru prepararea apei calde necesare unei familii constituite din 4 persoane, este de 1 kW.

În acest calcul s-a considerat că durata perioadei de preparare a apei calde este de 8 h.

Căldura Q_{acm} [kJ] necesară pentru prepararea apei calde menajere se poate calcula cu relația:

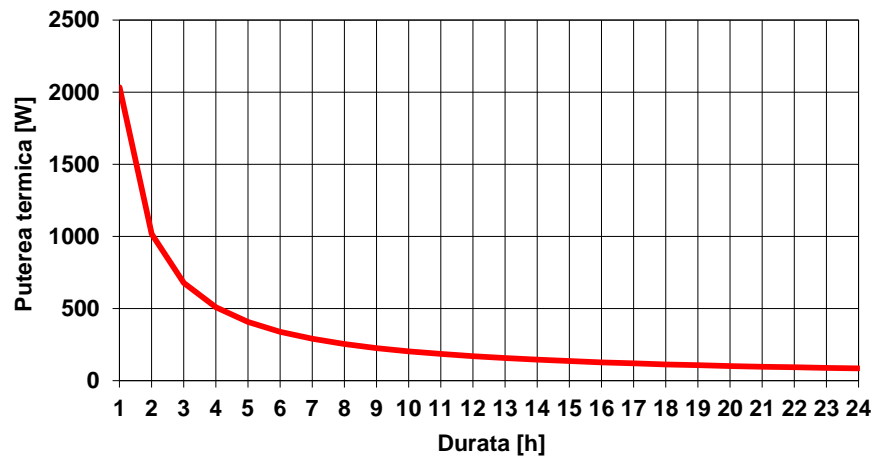
$$Q_{\text{acm}} = \dot{Q}_{\text{acm}} \cdot \tau \cdot 3600$$

În contextul unor eventuale calcule economice, poate fi utilizată aceeași relație scrisă sub forma care să furnizeze rezultatul exprimat în kWh:

$$Q_{\text{acm}} = \dot{Q}_{\text{acm}} \cdot \tau \quad [\text{kWh}]$$

Analizând aceste relații, se observă că pentru calculul puterii termice necesare în vederea încălzirii apei, este foarte importantă durata perioadei în care este preparată apa caldă.

În figura alăturată este prezentată influența timpului pentru prepararea apei calde menajere asupra puterii termice necesare pentru încălzire, în aceleași condiții considerate și pentru calculele efectuate anterior.



Influența timpului de încălzire asupra puterii termice necesare încălzirii a.c.m. ($m=50\text{l/zi}$; $t_a=45\text{ }^\circ\text{C}$; $t_r=10\text{ }^\circ\text{C}$)

Pentru a calcula puterea termică necesară încălzirii apei în regim “instant” și a compara această valoare cu cele determinate anterior, respectiv cu cele reprezentate în figura anterioară, se va analiza un exemplu numeric. Se va considera că regimul “instant” echivalează cu încălzirea unei cantități de apă de 10 l (10 kg), de la temperatura de 10 °C, la temperatura de 45 °C, într-un interval de 1 minut. De fapt, aspectul exemplului corespunde încălzirii în regim continuu a apei, de la 10 °C la 45 °C, cu un debit de 10 l/min. Acest debit se poate transforma în sistemul internațional:

$$\dot{m} = 10 \frac{\text{l}}{\text{min}} = \frac{10 \text{ l}}{60 \text{ s}} = \frac{10 \text{ kg}}{60 \text{ s}} = 0,166 \text{ kg/s}$$

Puterea termică \dot{Q}_{acm} necesară pentru încălzirea acestui debit este:

$$\dot{Q}_{\text{acm}} = \dot{m} \cdot c_w \cdot (t_b - t_r) = 0,166 \cdot 4,186 \cdot (40 - 10) = 24,32 \text{ kW} \approx 24 \text{ kW}$$

Observație: Această valoare a puterii termice necesare pentru încălzirea în regim “instant” a apei calde menajere, corespunde puterii termice a microcentralelor murale de apartament, aceasta având valoarea de 24 kW.

Comparând valoarea de 24 kW a sarcinii termice necesare pentru încălzirea apei în regim instant, cu valoarea de 0.25 kW necesară pentru a încălzi în 8h întreaga cantitate de apă necesară unei persoane într-o zi, se observă că în cazul preparării a.c.m. în 8 h, se reduce puterea termică necesară a echipamentului de încălzire, de aproape 100 ori față de puterea termică necesară în regim “instant”. Acesta este principalul motiv pentru care echipamentele pentru prepararea a.c.m. cu ajutorul surselor regenerabile de energie, sunt dimensionate pentru regimul de “acumulare” și nu pentru regimul “instant”, cu atât mai mult cu cât costurile echipamentelor de conversie a surselor regenerabile de energie în căldură este mult mai mare decât costul echipamentelor clasice de același tip.

Calculul de dimensionare a rezervoarelor pentru prepararea apei calde

Volumul minim al rezervorului pentru stocarea a.c.m. V_{\min} [l], se poate calcula cu relația:

$$V_{\min} = \frac{n \cdot c_{zn} \cdot (t_{acm} - t_{ar})}{(t_c - t_{ar})}$$

unde:

- n – numărul de persoane;
- c_{zn} – consumul zilnic normat pe persoană, luat în considerare (cf. tabelelor prezentate);
- t_{acm} – temperatura acm la punctul de consum;
- t_{ar} – temperatura apei reci la intrarea în rezervor;
- t_c – temperatura apei calde din boiler

În cazul utilizării energiei solare, sau energiei geotermale (pompe de căldură) rezervoarele se vor supradimensiona față de volumul minim de apă, cu un factor de supradimensionare $f = (1.5 \dots 2)$.

În cazul preparării a.c.m. la 45 °C, această supradimensionare are scopul ca în timpul utilizării apei calde, să nu fie sesizată o scădere progresivă evidentă a temperaturii apei, datorate pătrunderii treptate în rezervor a apei reci care completează apa caldă consumată. În cazul rezervoarelor cu volumul minim calculat după relația matematică prezentată anterior, pe măsură ce s-ar consuma apa caldă din boiler și aceasta ar fi înlocuită de apă rece, s-ar sesiza scăderea treptată a temperaturii apei calde, ceea ce ar crea un fenomen de disconfort evident în cazul utilizării unor cantități mai mari de apă caldă, la un moment dat (ex. în timpul dușului).

În cazul preparării apei calde menajere la 60 °C, dar cu ajutorul energiei solare, caracterizată printr-o intensitate a radiației foarte variabilă, supradimensionarea rezervorului este necesară pentru a se putea acumula o cantitate mai mare de apă decât cea minimă necesară, în vederea reducerii consumului de energie pentru prepararea a.c.m., în zilele cu radiație solară este mai puțin intensă. Astfel dacă factorul de supradimensionare este $f=2$, într-o zi cu radiație solară intensă se va putea prepara și acumula gratuit (folosind energia solară), o cantitate dublă de apă caldă menajeră, care va acoperi integral consumul și pentru ziua următoare, în cazul în care acea zi nu va beneficia de un nivel ridicat al radiației solare (ex. o zi ploioasă sau înnorată). În acest fel, sursa alternativă de energie pentru prepararea a.c.m., nu va funcționa a doua zi după una însorită, ceea ce reprezintă o economie importantă de energie și o reducere semnificativă a costurilor de exploatare a unei asemenea instalații de preparare a a.c.m..

În cazul instalațiilor de preparare a a.c.m. cu ajutorul combustibililor clasici, a biomasei solide, a biogazului sau a energiei electrice, nu este necesară supradimensionarea rezervorului.

Ținând seama de cele menționate anterior, volumul rezervorului V , se va calcula cu relația:

$$V = f \cdot V_{\min}$$

unde:

- $f = (1.5 \dots 2)$ în cazul utilizării energiei solare sau a pompelor de căldură;
- $f = 1$ în cazul utilizării combustibililor clasici, a biomasei solide, a biogazului sau a energiei electrice.

În continuare vor fi analizate câteva cazuri particulare de dimensionare a rezervorului pentru a.c.m., considerând o locuință cu 4 persoane, un consum normal de apă caldă $m = 50$ l/pers/zi și diverse surse de energie.

Energie electrică

Volumul boilerului, considerând temperatura apei din rezervor $t_c=60$ °C și factorul de supraîncălzire $f=1$, va fi:

$$V = \frac{4 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{60 - 10} = 140 \text{ l}$$

În acest caz se va alege un rezervor de (140...150) l, prevăzut cu o *rezistență electrică*.

Biomasă solidă

Volumul rezervorului, considerând temperatura apei din rezervor $t_c=60$ °C și factorul de supraîncălzire $f=1$, va fi:

$$V = \frac{4 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{60 - 10} = 140 \text{ l}$$

În acest caz se va alege un rezervor de (140...150) l, prevăzut cu o *serpentină* racordată la cazan.

Energie solară și biomasă solidă

Volumul rezervorului, considerând temperatura apei din rezervor $t_c=60$ °C și factorul de supraîncălzire $f=2$, va fi:

$$V = 2 \cdot \frac{4 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{60 - 10} = 280 \text{ l}$$

În acest caz se va alege un rezervor de (280...300) l, prevăzut cu *două serpentine*, una racordată la instalația solară și una la cazan.

Pompă de căldură

Volumul rezervorului, considerând temperatura apei din rezervor $t_c=45$ °C și factorul de supraîncălzire $f = (1.5 \dots 2)$, va fi:

$$V = (1.5 \dots 2) \cdot \frac{4 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{60 - 10} = (300 \dots 400) \text{ l}$$

În acest caz se va alege un rezervor de (300 ... 400) l, prevăzut cu o *serpentină* racordată la pompa de căldură și o *rezistență electrică* pentru ridicarea zilnică a temperaturii până la 60 °C.

Energie solară și pompă de căldură

Volumul rezervorului, considerând temperatura apei din rezervor $t_c=45$ °C și factorul de supraîncălzire $f = (1.5 \dots 2)$, va fi:

$$V = (1.5 \dots 2) \cdot \frac{4 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{60 - 10} = (300 \dots 400) \text{ l}$$

În acest caz se va alege un rezervor de (300 ... 400) l, prevăzut cu două *serpentine*, una racordată la instalația solară și una la pompa de căldură, respectiv o *rezistență electrică* pentru ridicarea zilnică a temperaturii până la 60 °C. În zilele în care radiația solară este intensă, încălzirea până la 60 °C, poate fi realizată cu energie solară, fără utilizarea pompei de căldură.

Observație: În funcție de natura sursei de energie utilizată pentru prepararea a.c.m., diferă atât dimensiunea rezervoarelor, cât și construcția acestora.

RVS: aprilie 2024