

30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky



22.-24.6. 2011

Špindlerův Mlýn

Jednotlivý příspěvek ze sborníku



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Znižovanie energetickej náročnosti vyhrievania bazénov

Mária Tatarová¹

¹ Ing. Mária Tatarová, Strojnícka fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava 1, maria.tatarova@stuba.

Abstrakt: Tepelná bilancia otvorených bazénov je dôležitým faktorom určenia tepelného výkonu na ohrev vody v bazéne. Potrebu tepelnej energie na ohrev vody môžeme počítať aj v závislosti na dostupnosti slnečného žiarenia v čase slnečného svitu. V závere článku sú priebehy množstva tepla získaného kolektormi s rôznymi plochami a potreby tepla na ohrev vody v bazéne.

1. Úvod

Ohrev vody v bazéne slúži na zvýšenie komfortu a predĺženie kúpacej sezóny v exteriéri. V našich klimatických podmienkach, pri ktorých je bežné kolísanie teplôt vzduchu, treba počítať s temperovaním vody v bazéne.

Na dopadajúce slnečné žiarenie vplyvajú klimatické podmienky uvažovanej lokality, čistota ovzdušia, stupeň oblačnosti, teplota vzduchu a orientácia budúceho zariadenia vzhľadom na svetové strany.

2. Skutočné množstvo energie dopadajúce na oslnenú plochu

Teoreticky možné množstvo energie $Q_{S,den,teor}$ dopadne na oslnenú plochu len v slnečných dňoch, kedy Slnko svieti nepretržite po celý teoreticky možný (astronomický) čas slnečného svitu. Toto množstvo energie sa zistí buď graficky planimetrom plochy pod krivkou priebehu intenzity celkového žiarenia v závislosti od času, alebo číselne, ako súčet hodnôt celkovej intenzity žiarenia pre dané časové úseky.

Tento prípad je však v našich klimatických podmienkach pomerne vzácný. Najčastejšie sa počas dňa (v čase medzi východom a západom Slnka) strieda jasná obloha s oblohou zamračenou. Pri jasnej oblohe pôsobí na oslnenú plochu intenzita celkového

žiarenia $I = I_p + I_D$, pri zatiahnutej oblohe pôsobí len difúzne žiarenie I_D .

Ďalším zidealizovaným prípadom by bolo striedanie fáz „jasno“ a „zamračené“, kedy by sme vedeli z grafickej závislosti získať množstvo energie dopadajúcej na oslnenú plochu za deň $Q_{S,den}$.

Pre výpočty solárnych sústav však má väčší význam skutočná energia dopadajúca na oslnenú plochu za mesiac [1]

$$\begin{aligned} Q_{S,mes} &= n Q_{S,den} = \\ &= n \bar{\tau} Q_{S,den,teor} + n (1 - \bar{\tau}) Q_{D,den} \end{aligned} \quad (1)$$

kde n je počet dní v mesiaci (–),

$\bar{\tau}$ – pomerný čas slnečného svitu (–),

$Q_{D,den}$ – energia difúzneho žiarenia (kWh/m²).

Pre každé miesto osobitne je však treba poznať hodnoty pomerného času slnečného svitu $\bar{\tau} = \tau_{skut} / \tau_{teor}$. V našich klimatických podmienkach je celkový čas slnečného svitu 1 700 až 2 200 h/rok; smerom k východu sa čas slnečného svitu predlžuje. Tento čas je však na jednotlivé mesiace rozdelený veľmi nerovnomerne. V zimných mesiacoch je skutočný čas slnečného svitu veľmi krátky. To súvisí nie len so skráteným teoreticky možným časom slnečného svitu, ale aj s oblačnosťou, ktorá je v zime veľká [1].

3. Energetická účinnosť kolektorov

Pomer hustoty tepelného toku \dot{q}_k (W/m^2) zachytávaného na povrchu kolektora a hustoty sálavého toku z dopadajúceho slnečného žiarenia \dot{q}_s (W/m^2) vyjadruje energetickú účinnosť kolektora η_k [1], [2]

$$\eta_k = \frac{\dot{q}_k}{\dot{q}_s} = \frac{Q_k}{Q_s} = (1-r) - \frac{(k_1 + k_2)(t_k - t_e)}{\dot{q}_s} \quad (2)$$

Vzhľadom na premenlivosť dopadajúceho tepelného toku \dot{q}_s (t.j. intenzity žiarenia) a teploty okolitého vzduchu t_e má účinnosť kolektora premenlivú hodnotu. Pri činnosti kolektorov je vhodné zohrievať pracovnú látku na nižšiu teplotu (napr. príprava TV), a to v čase, keď je teplota okolitého vzduchu najvyššia.

Pri stálej reflexnej schopnosti r a stálom súčiniteli prechodu tepla k je účinnosť kolektora tým väčšia, čím väčší je dopadajúci tepelný tok \dot{q}_s a čím menší je rozdiel teplôt $\Delta t = t_k - t_e$ [1], [3].

4. Energia zachytávaná kolektorom

Aby som stanovila množstvo energie zachytenej kolektorom čo najpresnejšie, počítam túto hodnotu za určitý čas, a to za celý mesiac podľa vzťahu [1]:

$$Q_{k,den} = \eta_k Q_{S,mes} = \eta_k n \left[\bar{\tau} Q_{S,den,teor} + (1 - \bar{\tau}) Q_{D,den} \right] \quad (3)$$

kde $Q_{S,den,teor}$ je teoreticky možné množstvo energie dopadajúce za deň (kWh/m^2), pre uhol azimutu oslnenej plochy $a_s = \pm 0^\circ$ (orientácia na juh),

$Q_{D,den}$ – energia difúzneho žiarenia (kWh/m^2),

$Q_{S,mes}$ – priemerná energia dopadajúca za mesiac (kWh/m^2),

$\bar{\tau}$ – pomerná doba slnečného svitu (–), (hodnoty sú pre Bratislavu),

n – počet dní v mesiaci,

η_k – účinnosť kolektora (%).

5. Výpočet množstva tepla získaného kolektorom

Tepló získané kolektorom závisí od plochy kolektora, jeho účinnosti, ktorá je definovaná ako pomer medzi zachyteným a dopadajúcim tepelným tokom, a množstva energie zachytenej kolektorom.

Tepló poskytované kolektorom určujem podľa vzťahu [1]:

$$Q_{kol} = Q_{k,mes} \eta_k S_k \quad (4)$$

6. Príklad, spracovanie údajov a výsledky riešenia

Pre výpočet som si zvolila oblasť Bratislava, jej najveternejšiu časť, kde sa nachádza Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) a príslušná klimatologická stanica, ktorá mi poskytla údaje k spracovaniu tepelnej bilancie bazénu.

Vychádzam zo zvolených parametrov pre rodinný nekrytý bazén s vodnou plochou 25 m^2 , objemom vody 30 m^3 , požadovanou teplotou vody 24°C , teplotou vody v zdroji 10°C a kúpeľnou sezónou máj – september. Údaje zo SHMÚ sú za rok 2009 a obsahujú hodnoty poveternostných podmienok pre jednotlivé dni a hodiny v kúpeľnej sezóne; sú to hodnoty teploty vzduchu, relatívnej vlhkosti vzduchu a rýchlosti vetra. Keďže boli získané v najvyšších miestach danej lokality a merali sa vo vyšších úrovniach ako predpokladám umiestnenie bazénu, na výpočet som použila hodnoty rýchlosti vetra znížené o polovicu. Predpokladám aj, že bazén je súčasťou rodinného domu, ktorý je v radovej zástavbe; naokolo sa nachádza zeleň, ktorá tvorí veternú zábranu; bazén sa bude zakrývať.

Za týchto predpokladov môžeme počítať s tým, že tepelnú záťaž pre určenie výkonu solárneho zariadenia môžeme znížiť.

Potreba tepla na ohrev vody pre bazén podľa výpočtu tepelnej bilancie zvoleného bazénu je v nasledujúcej tabuľke 1.

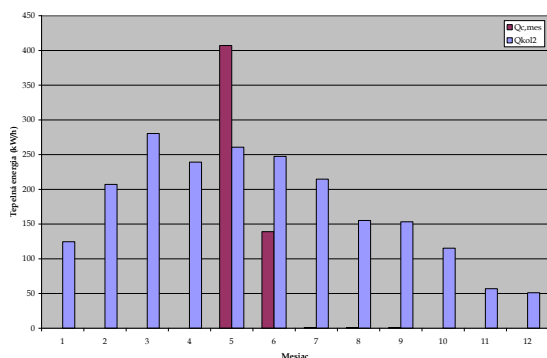
Mesiac	Potreba tepla $Q_{C,mes}$ (kWh/mes)
V.	407
VI.	139
VII.	-1481
VIII.	-1357
IX.	-272

Tabuľka 1

Z údajov v uvedenej tabuľke vyplýva, že vodu treba ohrievať v mesiacoch máj a jún. V ostatných mesiacoch kúpeľnej sezóny ohrev vody v bazéne v dostačujúcej miere pokrývajú zisky zo slnečného žiarenia, čo vyjadrujú záporné hodnoty potreby tepla.

Na výpočet množstva tepla dodávaného kolektormi na ohrev vody v bazéne som si vybrala z vyrábaných kolektorov *plochý kolektor s absorpčnou plochou 2,32 m²*.

V nasledujúcich tabuľkách uvádzam výsledné hodnoty množstva tepla získaného kolektormi v závislosti od množstva zachytenej slnečnej energie a požadovanej plochy kolektorov.



Graf 1: Priebek množstva tepla získaného kolektormi s plochou 4,64 m² a potreby tepla na ohrev vody v bazéne

Množstvo energie zachytenej kolektorom pre každú kolektorovú plochu uvádzam pre každý

mesiac v roku; z týchto hodnôt som zostrojila graf na zobrazenie priebehu množstva tepla poskytovaného kolektormi.

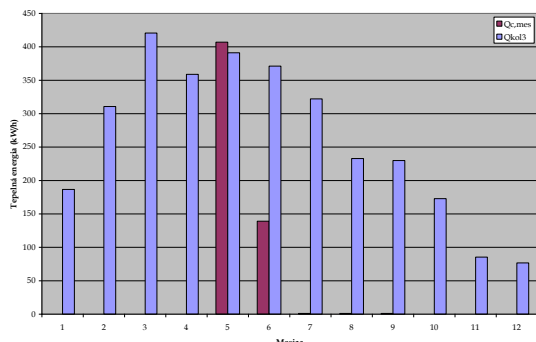
Mesiac	$Q_{k,mes}$ [kWh/m ²]	$Q_{C,mes}$ [kWh/m ²]	η_k [%]	$Q_{kol,2}$ [kWh/2kol]
I.	31,255		86	124,440
II.	53,526		83	207,053
III.	82,348		73	280,416
IV.	83,878		61	239,156
V.	102,010	407	55	260,669
VI.	100,253	139	53	247,449
VII.	98,705	-1481	47	214,697
VIII.	76,302	-1357	44	155,179
IX.	67,500	-272	49	153,235
X.	46,764		53	115,150
XI.	20,794		59	56,916
XII.	17,123		64	51,149

Tabuľka 2: Teplo poskytované kolektormi s plochou $S_{k2}=4,64 \text{ m}^2$

Vychádzajúc z týchto výsledkov som zistila, že pokrytie potreby tepla na ohrev vody 2-ma kolektormi je nepostačujúce.

Mesiac	$Q_{k,mes}$ [kWh/m ²]	$Q_{C,mes}$ [kWh/m ²]	η_k [%]	$Q_{kol,2}$ [kWh/2kol]
I.	31,255		86	186,661
II.	53,526		83	310,579
III.	82,348		73	420,625
IV.	83,878		61	358,734
V.	102,010	407	55	391,004
VI.	100,253	139	53	371,173
VII.	98,705	-1481	47	322,045
VIII.	76,302	-1357	44	232,769
IX.	67,500	-272	49	229,852
X.	46,764		53	172,726
XI.	20,794		59	85,375
XII.	17,123		64	76,724

Tabuľka 3: Teplo poskytované kolektormi s plochou $S_{k3}=6,96 \text{ m}^2$



Graf 2: Priebeh množstva tepla získaného kolektormi s plochou 6,96 m² a potreby tepla na ohrev vody v bazéne

Ako vidieť z grafu 2, takto navrhnutá kolektorová plocha vykazuje pre mesiac máj takmer 100 % pokrytie a v mesiaci jún veľký prebytok tepla. V oboch prípadoch (graf 1 i graf 2) by tento prebytok slúžil napríklad na predohrev TV.

7. Záver

Samotná voľba správnej veľkosti kolektorovej plochy by si vyžadovala zistiť využitie získaného tepla pomocou kolektorov počas celého roka.

8. Literatúra

- [1] CIHELKA J.: SOLARNÍ TEPELNÁ TECHNIKA, PRAHA, NAKLADATELSTVÍ T. MALINA, 1994
- [2] PETRAS D. A KOL.: NIZKOTEPLNÉ VYKUROVANIE A OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE, BRATISLAVA, JAGA GROUP, 2001
- [3] PETRAS D. A KOL.: OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE PRE NIZKOTEPLNÉ SYSTEMY, BRATISLAVA, JAGA GROUP, 2009