

Jak dobrać kolektory, aby dobrze pracowały

Instalacje kolektorów słonecznych – istota szczegółów

Energetyka słoneczna stała się tematem, który już nie zaskakuje projektantów, wykonawców i ogólnie mówiąc fachowców branży grzewczej w naszym kraju. Kilka lat rozwoju tej dziedziny na naszym rynku przyniosło wiele cennych doświadczeń. Nie mniej jednak zaczęły pojawiać się nowe pytania. Szereg artykułów w prasie branżowej porusza szczegółowo zagadnienia celowości oraz możliwości zastosowania kolektorów słonecznych. Producenci dysponują zazwyczaj materiałami technicznymi ułatwiającymi dobór kompletnych układów wykorzystujących kolektory słoneczne. Szereg wskazówek prezentowanych jest w formie wskaźników czy też nomogramów, co czasem może wywoływać pewne wątpliwości przyzwyczajonych do wykonywania szczegółowych obliczeń projektantów. Dodatkowo specyfika pracy kolektora słonecznego nie pozwala przewidzieć w 100% efektów jego pracy, tak jak nie możemy zresztą w 100% zagwarantować korzystnej dla niego pogody. Ważne jest jednak uświadomienie sobie istoty szczegółów, jakie tkwią w doborze i pracy tego rodzaju instalacji tak, aby móc świadomie przekonać najpierw siebie, a następnie inwestora do konkretnego rozwiązania technicznego.

Czy kolektory pracują tak samo?

Oszacowania efektywności pracy kolektora słonecznego nie można dokonywać bezwarunkowo. Bardzo często można zetknąć się z problemem niejednoznacznej oceny, widząc tabelaryczne porównania kolektorów różnych producentów. W miejscu deklarowanej wydajności ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{rok}$) producenci zazwyczaj wpisują maksymalne szacowane uzyski energii kolektora w idealnych warunkach – niekoniecznie odpowiednich dla naszego kraju. Najwłaściwszym wyjściem byłoby wskazanie producentom, że powinni zadeklarować wartość uzyskaną z badań wykonywanych według tych samych założeń. Instytuty badawcze (np. Instytut SPF w Rapperswil, Szwajcaria) prowadzą badania kolektorów w jednolitych warunkach, co pozwala na porównanie wydajności w aspekcie różnic pomiędzy konstrukcjami. Szczegółowe wymagania badań określa norma



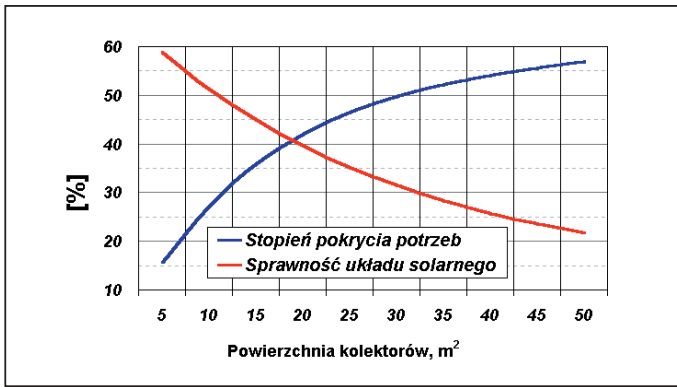
Kolektory rurowe próżniowe Vitosol 200

EN 12975-2, a od sierpnia 2002 roku również w Polsce jako PN-EN 12975-2 „Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy – Kolektory słoneczne – Część 2: Metody badań”. Wyniki badań są ogólnodostępne na stronie wspomnianego instytutu: www.solarenergy.ch. W praktyce wychwycenie różnic pomiędzy kolektorami jedynie na podstawie informacji producenta, gdy nie ma on narzuconych kryteriów badania, jest niemożliwe. Okazuje się bowiem, że nawet wydajność tego samego kolektora może przyjmować wartości z szerokiego zakresu – nawet w skrajnych przypadkach dla kolektora (płaskiego) od 200 do 600 (z reguły od 350 do 550) $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{rok}$. Wydajność ta, pomijając warunki meteorologiczne miejsca pracy i zabudowę kolektora (pochylenie, skierowanie), wynika bowiem w decydującej mierze z takich aspektów, jak:

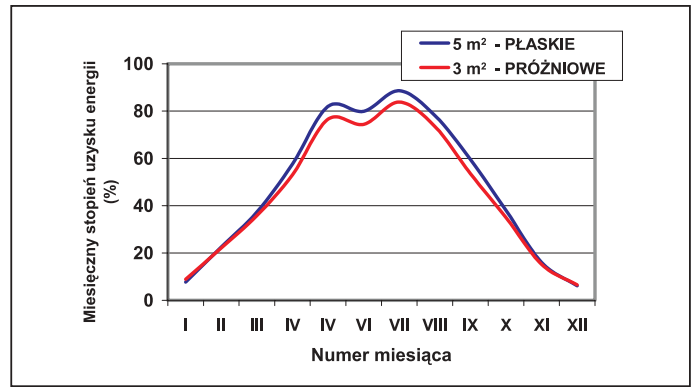
• temperatura po stronie wtórnej (woda użytkowa, basenowa, grzejna): im wyższa tym mniejsza ilość energii przekazanej przez instalację kolektorów słonecznych;

• stopień pokrycia potrzeb energii: im bardziej instalacja jest „oszczędna”

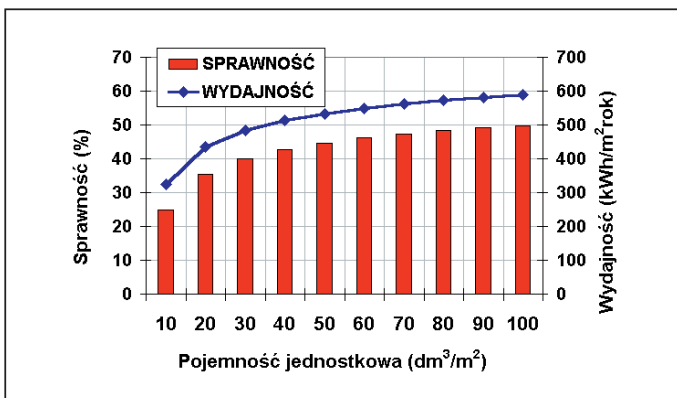
www.polskiinstalator.com.pl



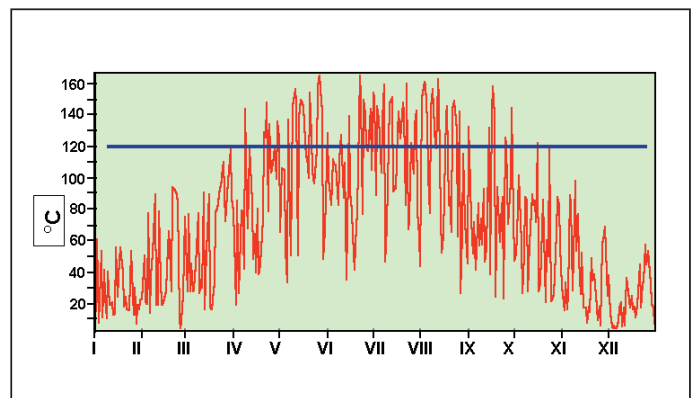
Wykres 1 Zależność stopnia pokrycia potrzeb energii i sprawności instalacji kolektorów słonecznych od zastosowanej powierzchni kolektorów (dla przykładowej instalacji podgrzewu c.w.u. i niezmienionej pojemności podgrzewacza)



Wykres 2 Porównanie miesięcznych stopni pokrycia potrzeb energii dla podgrzewu c.w.u. w ilości 300 dm³/d, dla tych samych warunków – dla dwóch rodzajów kolektora



Wykres 3 Wpływ pojemności podgrzewacza pojemnościowego na uzysk energii i sprawność całoroczną przykładowej instalacji płaskich kolektorów słonecznych o powierzchni 20 m²



Wykres 4 Maksymalna temperatura dzienna dla układu 20 m² kolektora płaskiego – współpraca z podgrzewaczem 200 dm³ (10 dm³/m²)

(pokrywa więcej potrzeb energii), tym mniej jest sprawna przede wszystkim z uwagi na podwyższone temperatury czynnika grzejącego w obiegu i zwiększone straty ciepłe (wykres 1). Instalacja niedowymiarowana wykazuje najwyższą sprawność, ale niestety efekty pracy (procentowe oszczędności) są mniej zauważalne dla użytkownika.

Jaki typ kolektora?

Zastosowanie typu kolektora powinno wiązać się ściśle z jego przeznaczeniem. To proste stwierdzenie oznacza, że jeżeli mamy do czynienia z pracą np. basenu otwartego pracującego w okresie letnim, to „ważniejsza” jest odpowiednia powierzchnia absorberów, a nie izolacyjność obudowy kolektora. Potwierdzają zresztą tę regułę wytyczne projektowe producentów zalecające dobór dla basenu otwartego takiej samej lub porównywalnej powierzchni kolektora słonecznego niezależnie od jego rodzaju. Wynika to ze zmniejszonych strat ciepła w warunkach wysokiej temperatury zewnętrznej

i mniejszego wtedy znaczenia izolacyjności obudowy kolektora.

W przypadku całorocznej pracy kolektora różnice w efektach ich pracy są już zauważalne. Tabela 1 przedstawia porównanie dla instalacji podgrzewu wody użytkowej wyposażonej w kolektory płaskie lub próżniowe. Porównanie wykazuje, jaką powierzchnię kolektorów należy zastosować, zakładając, że zapewnić chcemy jednakowy w obydwu przypadkach stopień pokrycia rocznych potrzeb energii (tu w przykładzie: ~ 50%). Z uwagi na wyższą sprawność całoroczną instalacji z kolektorami próżniowymi (tu w przykładzie: +45%) możliwe jest zastosowanie mniejszej powierzchni kolektora próżniowego.

Symulację z tabeli 1 wykonano dla średniej wielkości instalacji, dla pełniejszego wykazania różnic pomiędzy efektami pracy kolektorów. Podobne analogie dotyczą małych instalacji, gdzie np. 5 m² kolektora płaskiego można zastąpić 3 m² kolektora rurowego próżniowego (wykres 2).

Pojemność podgrzewacza

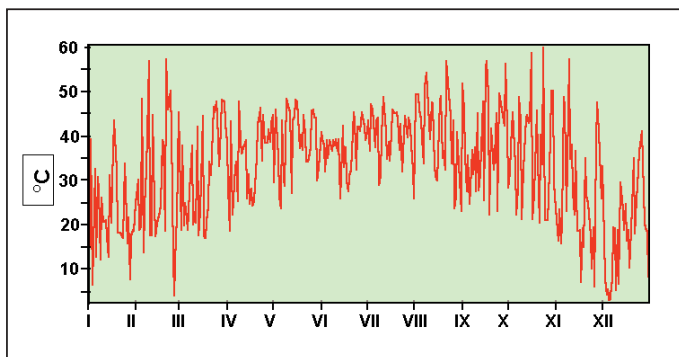
Wytyczne projektowe dla instalacji z kolektorami słonecznymi zazwyczaj przedstawiają jednoznaczne wskazówki dla doboru pojemności podgrzewacza. Im większa jest pojemność jednostkowa podgrzewacza wody użytkowej tym „większa jest przestrzeń do oddania energii cieplnej”, niższa temperatura czynnika grzejącego i wyższa sprawność całego układu (wykres 3). Oczywiście należy wziąć pod uwagę względy ekonomiczne, a także względy bezpieczeństwa. Szczególną uwagę trzeba zwrócić na duże instalacje (rzędu 50 m² kolektora i więcej), gdzie należy przewidzieć

Podgrzewacz a kolektor

W większości stosowany jest wskaźnik pojemności podgrzewacza w odniesieniu do powierzchni kolektora słonecznego. W ten sposób zaleca się z reguły pojemności jednostkowe 30 ÷ 50 dm³/m² dla kolektora płaskiego i 70 ÷ 100 dm³/m² dla kolektora próżniowego.

	wariant 1	wariant 2	odchyłka
Typ kolektora	plaski	rurowy próżniowy	—
Powierzchnia absorberów [m ²]	32,5	21,0	-35%
Stopień pokrycia potrzeb energii podgrzewu c.w.u. [%]	50,0	50,3	0%
Sprawność instalacji [%]	34,8	50,7	+45%
Uzysk energii kolektora [kWh/m ² rok]	434	638	+47%

Tabela 1 Porównanie wyników symulacji komputerowej dla instalacji z kolektorami płaskimi bądź rurowymi próżniowymi



Wykres 5 Maksymalna temperatura dzienna dla wariantu 2 z tabeli 2

znaczne pojemności podgrzewaczy lub zasobników. Zalecane są wtedy, w miejsce podgrzewaczy, bufony energii cieplnej gromadzące wodę grzejną a nie użytkową, między innymi z uwagi na eliminację ryzyka rozwoju bakterii (szczególnie *Legionelli*) w dużych zładach wody użytkowej.

Dobierając odpowiednią pojemność podgrzewacza, nie dopuszczamy równocześnie do ryzyka powstawania przegrzewów czynnika w samym kolektorze słonecznym. Sytuację współpracy powierzchni 20 m² kolektora płaskiego z zupełnie małym podgrzewaczem 200 dm³ (a więc 10 dm³/m²) przedstawia wykres 4. Notoryczne przegrzewy powyżej 120°C zostają zlikwidowane dopiero po zamontowaniu podgrzewacza o pojemności 800 dm³ (a więc 40 dm³/m²). Maksymalne temperatury dzienne nie przekraczają wtedy 90°C.

Ustawienie kolektora

Oczywistym faktem jest znaczący wpływ ustawienia kolektora na efekty jego pracy. Przedstawiane w literaturze wykresy lub tabele często wprowadzają współczynniki korekcyjne dla ustawienia kolektora innego niż optymalne. Przypomnijmy, że za optymalne w praktyce,

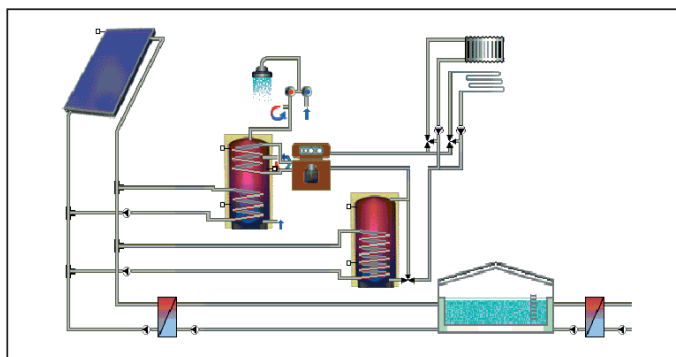
uznaje się ustawienie kolektora z pochYLENIEM 25÷45° i skierowaniem na południe z tolerancją ±45°. Można przyjąć, że zmniejszenie wydajności kolektora (wyrażonego np. w kWh/m²rok) w podanych wyżej zakresach nie przekracza maksymalnie 5%.

Rozważanym w niektórych przypadkach sposobem zabudowy jest montaż kolektorów na fasadzie budynku lub barierce tarasu czy balkonu, co wynika z ograniczeń montażowych na dachu bądź też wizji architektonicznej budynku. Ma to zresztą swoje zalety w okresie zimowym, zwłaszcza w strefach zwiększonych opadów śniegu. Kolektory próżniowe pochylone „standardowo” narażone są bowiem na długotrwałe zaleganie śniegu, a w jego topnieniu paradoksalnie przeszkadza skuteczna izolacja cieplna zmniejszająca straty ciepła do otoczenia. Należy się tu jednak liczyć z koniecznym do uwzględnienia na etapie projektu instalacji zmniejszeniem efektywności pracy w skali roku kolektora zamontowanego pionowo. W tabeli 2 porównano wyniki symulacji komputerowej dla zastosowania wysokiej klasy kolektora próżniowego rurowego.

Z oczywistych więc względów wytyczne projektowe producentów wskazują na konieczność zwiększania powierzchni kolektora dla ustawienia pionowego

	wariant 1	wariant 2	odchyłka
Kąt pochylenia	35°	90°	—
Nasłonecznienie (Warszawa)	1156	814	-30%
Nasłonecznienie dla pory ciepłej IV-X	836	513	-39%
Nasłonecznienie dla pory zimnej XI-III	320	301	-6%
Uzysk energii kolektora	720	477	-34%

Tabela 2 Porównanie wyników symulacji komputerowej – wpływ ustawienia na efektywność pracy kolektora



Rys. Schemat instalacji kolektorów słonecznych dla wspomaganie podgrzewu wody użytkowej, basenowej i grzejeje

o 20÷30%. Należy zaznaczyć, że sprawność kolektora w obydwu przypadkach jest niemal identyczna, a niższe efekty pracy są wynikiem mniejszego nasłonecznienia szczególnie w okresie pory ciepłej (-39%). Dla niektórych użytkowników tego typu instalacji, zaskoczeniem było osiągnięcie wyższej temperatury czynnika w kolektorach w okresie jesienno-zimowym niż w okresie letnim (wykres 5).

Znaczenie automatyki

Podstawą działania automatyki jest określenie różnicy temperatury pomiędzy czynnikiem grzejnym w układzie kolektorów, a czynnikiem powracającym do kolektora (np. na króćcu powrotnym z wężywnicy podgrzewacza c.w.u.), dla której zostaje włączana i wyłączana pompa obiegowa instalacji kolektorów słonecznych. Im dłuższe odcinki przewodów ma instalacja, tym nastawa tej różnicy staje się większa. Standardowo różnica $\Delta T = 8$ K ustawiana jest dla 20÷30 mb przewodów „typowej” instalacji kolektorów słonecznych. Dla większych długości nastawa różnicy ulega również zmianie na wyższą (zazwyczaj wtedy $\Delta T = 10\div 12$ K), w celu uwzględnienia głębszego schłodzenia czynnika na drodze kolektor-podgrzewacz zwłaszcza podczas startu pompy obiegowej. ▶

KME



Jak duży wpływ odgrywa starannie dobrana automatyka instalacji kolektorów słonecznych? Okazuje się, że bardzo znaczny, a jej znaczenie szczególnie wzrasta w przypadku złożonych układów hydraulicznych. Aby zobrazować ten fakt, dla instalacji wspomagającej podgrzew wody użytkowej (500 dm³/d), wody basenowej (basen kryty 35 m²) i grzejnej (instalacja grzejnikowo-podłogowa 24 kW, budynek 300 m²) – zgodnie z rys., dokonano obliczeń symulacyjnych dla kilku wariantów nastaw automatyki. Różnica polegała w ustawieniu priorytetów pracy instalacji. Zarówno ten, jak i inne przykłady potwierdziły, że najwyższa ogólna sprawność instalacji zachodzi dla pierwszeństwa podgrzewu wody basenowej, co wynika z oczywistych niskich parametrów strony wtórnej (czyli wody basenowej) i korzystnym dzięki temu warunkom przekazywania energii cieplnej.



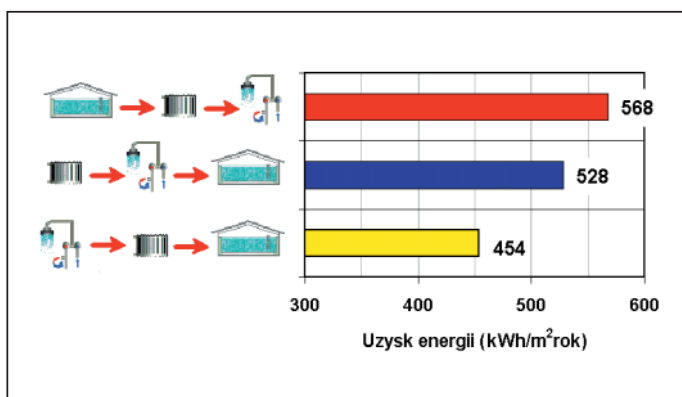
Kolektory płaskie Vitosol 100

Różnice w efektach pracy instalacji są znaczące (wykres 6). Dla naszej przykładowej instalacji najniższy uzysk energii wyniósł 454 kWh/m²rok, natomiast najwyższy: 568 kWh/m²rok, a więc o 25%

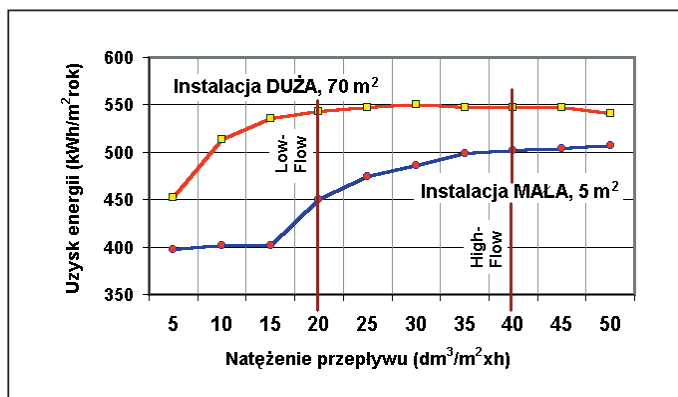
więcej w skali roku (!). Dobre efekty przynosi również uniwersalny sposób pracy automatyki polegający na eksploatacji z najniższą temperaturą powrotu do kolektorów.

Reasumując, należy stwierdzić, że na pracę instalacji kolektorów słonecznych ma wpływ wiele czynników wewnętrznych, a więc uwarunkowanych samą budową instalacji. Inne reguły stosowane są dla doboru instalacji małych i średnich, jak również inne – dla instalacji dużych rzędu 50 m² powierzchni kolektorów i więcej. W artykule poruszono wybrane najistotniejsze z punktu widzenia autora zagadnienia w celu zobrazowania istoty czasem pozornie mało istotnych szczegółów technicznych. Na zakończenie rozważań warto jeszcze zaznaczyć wpływ natężenia przepływu czynnika grzejącego na sprawność kolektora słonecznego. Nie jest to również jednoznaczna kwestia. W instalacjach małych eksploatacja typu High-flow („wysoki przepływ”) zapewnia uzyskiwanie wysokich sprawności i tu rzeczywiście zalecenia producentów (40 ÷ 60 dm³/m² x h) zostają w pełni potwierdzone (wykres 7). W instalacjach dużych o powierzchniach kilkudziesięciu metrów kwadratowych, eksploatacja Low-flow („niski przepływ”) wykazuje zdecydowaną wyższość, zapewniając osiągnięcie wysokich uzysków energii już dla natężeń rzędu 20 dm³/m² x h. Dodatkowo „niski przepływ” pozwala wtedy na zmniejszenie kosztów inwestycji poprzez zastosowanie mniejszych średnic przewodów i dobór pompy o mniejszej wydajności.

Wykresy, rys. Viessmann
Wyniki na wykresach uzyskano z obliczeń programu TSOL 4.02 Pro ■



Wykres 6 Uzysk energii instalacji kolektorów słonecznych w zależności od ustawień priorytetu pracy



Wykres 7 Zależność uzysku energii od natężenia przepływu dla dwóch przykładowych instalacji kolektorów słonecznych