

Błędy w instalacjach solarnych

Ireneusz Jeleń

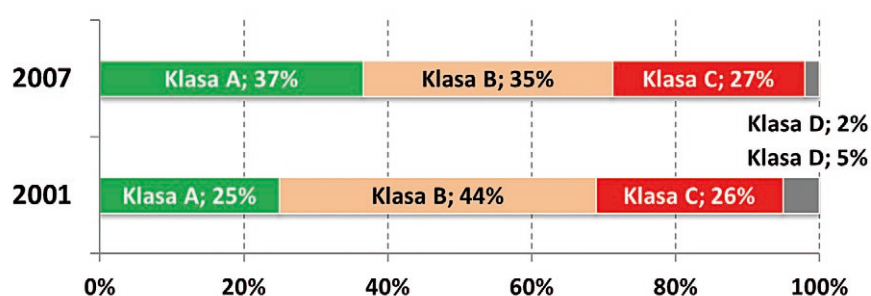
W Polsce jak dotychczas nie ma oficjalnych statystyk, w ilu instalacjach solarnych z kolektorami obecne są błędy związane z ich nieprawidłowym wykonawstwem czy doborem oraz w jakim zakresie wpływają one na pracę instalacji. Dysponujemy jednak informacjami o błędach od pracowników służb technicznych w firmach działających na polskim rynku oraz oficjalnymi statystykami z innych krajów, które pokazują, na co powinno się zwracać szczególną uwagę.

Prawidłowe funkcjonowanie instalacji solarnych zależy od wielu czynników, które trzeba uwzględnić podczas projektowania, wykonawstwa czy eksploatacji. I choć wieloletnie doświadczenie polskich projektantów i wykonawców daje nadzieję, że większość takich instalacji została dobrana i wykonana w sposób prawidłowy, niedomagania w ich pracy są i na pewno nadal będą spotykane. Wystarczy przyjrzeć się statystykom pochodzącym z jednego z najbardziej doświadczonych rynków techniki solarnej – Austrii. W latach 2006-2007 przeprowadzono tam badania 100 instalacji solarnych, nie starszych niż 3 lata, wykonanych dla budynków jedno- i wielorodzinnych [1]. Przyjęto przy tym określone kryteria, które pozwoliły sklasyfikować wspomniane 100 instalacji według założeń przedstawionych w tabeli 1. Badania wykazały, że w pełni sprawnych pozostawało 37% instalacji (klasa A), a większość miała według kryteriów klasyfikacji nieznaczne lub poważne błędy – klasa B lub C (rys. 1). Pocieszającym był fakt, że w takim samym badaniu przeprowadzonym w roku 2001 prawidłowo wykonanych i pracujących instalacji solarnych było znacznie mniej, bo tylko 25%. Ciężkie błędy stwierdzono w 2006 i 2007 r. jedynie w 2% instalacji solarnych (klasa D), podczas gdy w roku 2001 było ich jeszcze 5%.

Jakie błędy pokazały badania w Austrii

Nieodpowiednie parametry glikolu

To jedna z częściej spotykanych wad instalacji badanych w Austrii. W przypadku 30 instalacji chodziło o zbyt niski próg ochrony przeciwzamrożeniowej, tzn. pomiędzy -8 a -15°C, natomiast w ośmiu przypadkach próg ochrony został



1. Statystyka błędów i niedomagani w 100 instalacjach solarnych na podstawie badań przeprowadzonych w Austrii w roku 2001 i 2006-2007 [1]. Klasyfikacja według tabeli 1

Tabela 1. Klasyfikacja błędów i niedomagani w pracy instalacji solarnych [1]

Klasa	Opis błędów	Opis skutków
Klasa A	brak błędów	instalacja solarna zgodna z założeniami doboru, prawidłowo wykonana i prawidłowo funkcjonująca
Klasa B	nieznaczne błędy	w instalacji solarnej występują nieznaczne błędy w doborze komponentów, bądź też w wykonaniu układu
Klasa C	poważne błędy	stwierdzone błędy i niedomagania w pracy będą miały negatywny wpływ w przyszłości na efektywność pracy
Klasa D	ciężkie błędy	nie jest zapewnione bezpieczeństwo eksploatacji instalacji solarnej, uzysk ciepła jest znacznie zmniejszony, zagrożona jest trwałość całego układu i konieczne jest podjęcie natychmiastowych działań naprawczych

podwyższony do -45°C, co niekorzystnie wpływa na efektywność pracy instalacji (niższe ciepło właściwe glikolu i niższa zdolność przejmowania i oddawania ciepła). Ponadto w czterech instalacjach glikol był silnie zanieczyszczony. Powodem jego uszkodzenia były m.in. przegrzewy, które są częściej spotykane w instalacjach solarnych wspomagających ogrzewanie budynku (40 spośród 100 badanych instalacji) przy braku odbioru ciepła poza sezonem grzewczym.

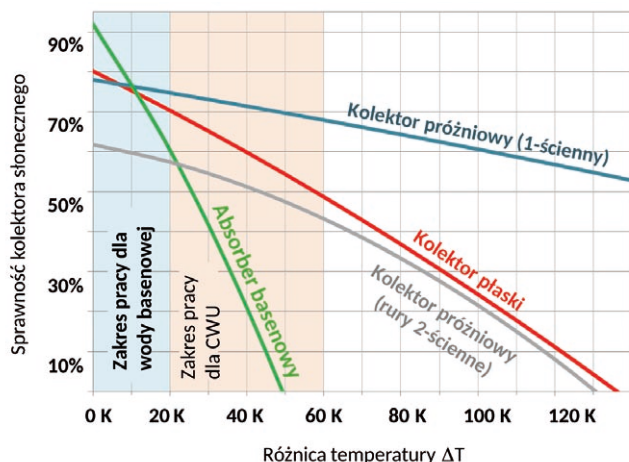
Mankamenty po stronie kolektorów

W pojedynczych przypadkach były to wady fabryczne absorberów (odbarwienia i korozja), a częściej – błędy wykonawcze systemów moco-

wania, szczególnie w opcji wbudowania kolektorów w połac dachu. Dotyczyło to nieszczelności dachu wskutek niedokładnego montażu lub uszkodzeń osłon i uszczelnień systemów mocujących. Problemem pozostawała także korozja takich elementów, jak nakrętki, śruby, kotwy itp., szczególnie przy kontakcie stali ocynkowanej z aluminiowymi elementami uchwyty mocujących.

Zła jakość izolacji cieplnej przewodów

W tym zakresie stwierdzono kolejne mankamenty przebadanych instalacji. Ujawniono takie wady, jak niedokładny montaż i zawilgocenie izolacji, a także błędny jej dobór – szczególnie odnosi się to do zastosowania na zewnątrz izolacji, która nie jest odporna na promieniowanie UV.



2. Charakterystyki pracy dla przykładowych kolektorów słonecznych płaskich i próżniowych (jedno- i dwuściennych) z rynku polskiego



3. Między baterią kolektorów słonecznych a krawędzią dachu powinno się zapewnić odpowiedni odstęp. Ważne jest też, aby przy dłuższej pości dachu nad baterią pamiętać o stosowaniu barierek przeciwnieogowych

Niewłaściwa zabudowa istotnych elementów

Aż w 14 instalacjach solarnych nie zabudowano poprawnie czujnika temperatury kolektorów słonecznych, co decydująco wpływało na funkcjonowanie regulatora elektronicznego i tym samym na uzyski ciepła.

Do błędów należał także sposób zabudowy naczynia wzbiorczego, narażający je na działanie podwyższonej temperatury glikolu i nie zapewniający dostępu do jego obsługi (zawór powietrzny).

Rodzaj kolektora a efektywność i trwałość

Właściwy dobór rodzaju kolektora słonecznego to podstawowy warunek efektywnej pracy instalacji solarnej. W praktyce, uwzględniając kryteria techniczno-ekonomiczne, w większości przypadków uzasadnione jest zastosowanie kolektorów płaskich. Cena katalogowa kolektorów próżniowych w przeliczeniu na powierzchnię czynną (apertury) jest wyższa 2-5 razy w porównaniu do ceny kolektorów płaskich. W standardowych warunkach pracy tak duża różnica w cenie zakupu kolektora absolutnie nie jest rekompensowana różnicą w sprawności urządzeń. Znacząca część instalowanych w Polsce w ostatnich kilku latach kolektorów próżniowych cechowała się niską sprawnością optyczną wskutek zastosowania rur dwuściennych. Sprawność w warunkach eksploatacji najczęściej pozostawała w ich przypadku wyraźnie niższa w większości zakresu pracy w porównaniu do kolektorów płaskich, co ilustruje rys. 2.

Niestety, również niemała część z instalowanych kolektorów próżniowych nie była dostosowana

do warunków naszego klimatu, wskutek czego dochodziło lub będzie dochodziło do ich uszkodzeń. Problem uszkodzeń kolektorów próżniowych typu heat-pipe w niskiej temperaturze zewnętrznej został zbadany przez TÜV Rheinland w 2010 r. po serii stwierdzonych w Niemczech i innych krajach przypadków uszkodzeń tego rodzaju kolektorów słonecznych [2].

Uszkodzenia elementów instalacji solarnej, które wynikają z wad fabrycznych, powinny być usuwane w ramach korzystnej dla użytkownika ochrony gwarancyjnej. Jednak na projektancie

lacyjnej. Do podstawowych błędów można zaliczyć m.in.:

- **nieodpowiedni dobór powierzchni kolektorów słonecznych** w stosunku do potrzeb, co dotyczy zarówno przewymiarowania, jak i niedowymiarowania – należy jak najdokładniej ocenić potrzeby mieszkańców, i te bieżące, i te przyszłe, uwzględniając ewentualną rozbudowę układu;
- **zacienienie kolektorów** np. przez kominy, drzewa (należy mieć na względzie przewidywany wzrost sąsiadujących z budynkiem

Choć wieloletnie doświadczenie polskich projektantów i wykonawców daje nadzieję, że większość instalacji solarnych została dobrana i wykonana w sposób prawidłowy, niedomagania w ich pracy są i na pewno nadal będą spotykane. Problem błędów dotyczy bowiem nawet tak doświadczonych rynków techniki solarnej, jak Austria.

i wykonawcy powinni spoczywać obowiązek znajomości zagadnienia w zakresie cech jakościowych i sprawnościowych elementów instalacji, tak aby świadomie mogli oni doradzić inwestorowi wybór rozwiązania.

Katalog możliwych błędów i zaleceń

Jakie błędy po stronie doboru i wykonawstwa spotyka się najczęściej w naszych instalacjach solarnych? – Wiele jest prozaicznych, ale powtarzają się one stale w statystykach pracowników służb technicznych. Może to wynikać z popularności instalacji solarnych i podejmowania się ich doboru oraz montażu przez niedoświadczonych jeszcze adeptów branży insta-

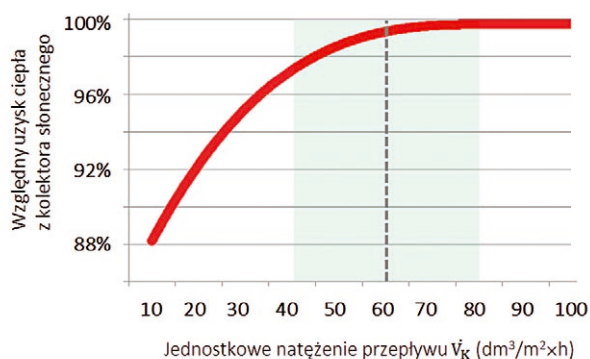
drzew) lub przez sąsiadujące ze sobą rzędy kolektorów, usytuowane zbyt blisko siebie;

- **zamienione miejscami podłączenie zasilania i powrotu** dla baterii kolektorów słonecznych – wbrew pozorom nie należy to do rzadkich błędów wykonawczych.

Popelniane są także takie błędy, które są trudne do wykrycia i pozostają niezauważone przez jakiś czas, powodują jednak nieprawidłowości w pracy instalacji widoczne dopiero w późniejszym okresie eksploatacji. Spośród wielu potencjalnych problemów, z jakimi można się zetknąć w instalacji solarnej, przedstawię te najważniejsze.

Zabudowa kolektorów słonecznych

Podstawową kwestią pozostaje zapewnienie nasłonecznienia kolektorów przewidzianych



4. Zależność względnego uzysku ciepła przykładowego kolektora słonecznego od natężenia przepływu czynnika grzewczego (na podstawie wyników symulacji komputerowych programu TSOL). Wartość 60 dm³/m²·h stanowi nominalne jednostkowe natężenie przepływu, a zakres 40-80 dm³/m²·h – natężenie dopuszczalne

do całorocznej pracy – przy zastosowaniu odpowiedniego kąta ich nachylenia (standardowo 30÷45°) oraz skierowania (południe S ±45°). Nie zawsze zwraca się jednak uwagę na takie kwestie, jak oddalenie od kominów odprowadzających spalinę z kotłów stałopalnych (ryzyko szybkiego zanieczyszczenia) i oddalenie od krawędzi dachu (zalecane min. 1 m). Tymczasem oddalenie baterii kolektorów słonecznych od krawędzi dachu chroni je przed oddziaływaniem zwiększonych sił wiatru i co ważniejsze – zapewnia wymagany odstęp ochronny od przewodów instalacji ogromowej (rys. 3).

Czujnik temperatury w kolektorach słonecznych

Poza już wspomnianymi wcześniej odpowiednim umiejscowieniem i starannym montażem kolektorów, istotne jest, aby zadbać o zabezpieczenie połączeń przewodu czujnika temperatury, jeśli są one stosowane. Kostki elektryczne powinny się chronić przed wilgocią stosując opaski termokurczliwe. Ważne jest także dobranie odpowiedniego przekroju przewodu czujnika temperatury (0,75 mm²) oraz takie jego prowadzenie, które nie zakłóca pomiaru, a więc oddzielnie od przewodów elektrycznych (230 V, 400 V). W razie wymiany czujnika należy zastosować nowy o takiej samej charakterystyce.

Nastawy regulatora instalacji solarnej

W pierwszej kolejności należy zwrócić uwagę na podstawowy parametr, jakim jest różnica temperatury między kolektorami słonecznymi a podgrzewaczem pojemnościowym. Fabryczna nastawa, zwykle na poziomie 5-6 K, jest odpowiednia dla typowych instalacji solarnych

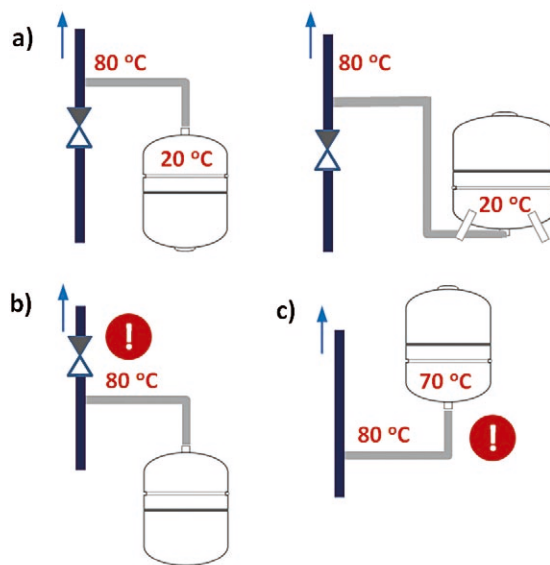
z przewodami długości około 20 m pracujących z natężeniem przepływu High-Flow. Przy większej długości przewodów należy zwiększyć różnicę temperatury (np. 8 K dla ~30 m), aby zapewnić stabilną pracę instalacji solarnej, szczególnie w momencie rozruchu.

Regulatory solarne wyposażane są w liczne dodatkowe funkcje związane na przykład z ochroną kolektorów przed przegrzewaniem. Funkcja chłodzenia dopuszcza do przegrzewania wody użytkowej np. do 80°C, aby umożliwić odbiór ciepła z kolektorów. Należy jednak pamiętać

o bezpieczeństwie mieszkańców i w połączeniu ze wspomnianą funkcją bezwzględnie instalować termostatyczny zawór mieszający na wyjściu wody z podgrzewacza (rys. 6). Warto też pamiętać, że zbyteczne jest aktywowanie funkcji ochrony przeciwzamrożeniowej, która często jest w standardowej opcji regulatora przeznaczonego także do pracy w ciepłym klimacie z instalacją solarą napełnioną wodą. Użytkownicy, włączając taką funkcję, powodują zwiększenie strat ciepła z podgrzewacza wody.

Średnice przewodów

Zastosowanie odpowiedniej średnicy przewodów to sprawa stale podkreślana przez pro-



5. Poprawne i wadliwe sposoby podłączenia naczynia wzbiorczego w instalacji solarnej: a) prawidłowe podłączenie naczynia wzbiorczego; b) nieprawidłowe podłączenie naczynia między pompą obiegową a zaworem zwrotnym uniemożliwia napływ glikolu do naczynia w przypadku stanu stagnacji; c) nieprawidłowe dolne podłączenie naczynia naraża membranę na działanie podwyższonej temperatury glikolu

ducentów instalacji solarnych jako jeden z najważniejszych elementów jej doboru. Średnica powinna być dobierana w zależności od powierzchni kolektorów słonecznych i zalecanego dla nich natężenia przepływu czynnika grzewczego. W małej instalacji solarnej powinna ona pozwolić na uzyskanie prędkości przepływu od 0,4 do 0,7 m/s oraz zapewnić przenoszenie pęcherzy powietrza i możliwość odpowietrzenia układu.

W instalacjach solarnych popełniane są nie tylko widoczne, ewidentne błędy, ale także takie, które są trudne do wykrycia i pozostają niezauważone przez jakiś czas. Powodują jednak nieprawidłowości w pracy instalacji i ujawniają się w późniejszym okresie eksploatacji.

Praktyka dobierania średnicy przewodów „na zapas” kończy się sporymi problemami eksploatacyjnymi związanymi z gromadzeniem się powietrza w górnej części instalacji i błędnymi pomiarami temperatury pracy w baterii kolektorów. Zdarzają się również przypadki zastosowania jednakowej średnicy przewodów zbiorczych i przyłączeniowych dla kilku baterii kolektorów słonecznych. Ta sama średnica przy mniejszym natężeniu przepływu w pojedynczej baterii kolektorów słonecznych powoduje obniżenie prędkości przepływu i problem z odpowietrzaniem układu. Dodatkowo, może wystąpić nierównomierny rozdział natężenia przepływu pomiędzy baterie kolektorów, co pro-

wadzi do obniżenia uzysków ciepła, a także miejscowych stanów stagnacji.

Natężenie przepływu i pompa obiegowa

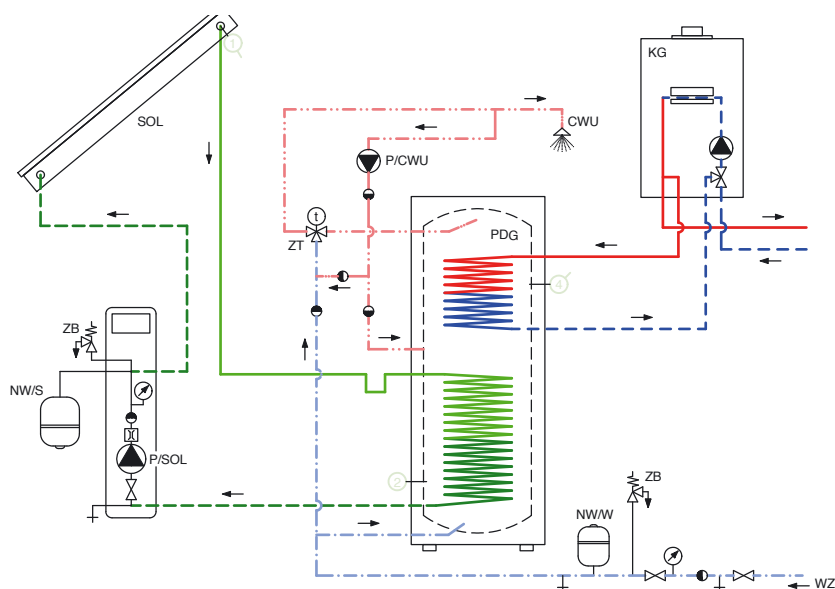
Dobór natężenia przepływu to kwestia ściśle powiązana z doбором średnicy przewodów. Nierzadko wykonawcy instalacji solarnej nie dokonują nastawy nominalnego natężenia przepływu, zawierając jedynie wizualnej ocenie pracy pompy obiegowej i wskazaniu przepływu na rotametrze. Zawyżone natężenie przepływu

nie uszczelnienia dostarczane przez producenta instalacji solarnej lub dobierać odpowiedni ich rodzaj z dostępnej oferty producenta rur (np. przy zastosowaniu sztywnych rur miedzianych lub stalowych ze złączkami zaciskowymi). Zwykle uszczelnienia wykonywane są z mieszanek gumowych: kauczuku etylenowo-propylenowego EPDM lub fluorowego FKM. Trwała odporność na temperaturę dla tych materiałów sięga 200°C. Nie należy stosować uszczelnień teflonowych ze względu na brak odporności na oddziaływanie glikolu, a także uszczelnień

ty i ciśnienia niż w typowej instalacji grzewczej. Glikol może znajdować się w temperaturze ujemnej, ale też bardzo wysokiej – znacznie wyższej niż 100°C podczas stanu stagnacji (przebieg zależny od konstrukcji kolektora i układu hydraulicznego absorbera). Dobór odpowiedniej pojemności (według wytycznych projektowych producenta) zapewnia pełną kompensację rozszerzalności objętościowej glikolu, nie dopuszczając do jego ubytków wskutek otwierania się zaworu bezpieczeństwa.

Szczególnie ważna jest także zabudowa naczynia wzbiorczego, która musi zapewniać:

- ochronę membrany przed napływem glikolu o temperaturze wyższej niż 70°C;
- – możliwość przepływu glikolu w razie wystąpienia stanu stagnacji w kolektorach słonecznych;
- dostęp do zaworu powietrznego w celu kontroli i zmiany ciśnienia wstępnego (rys. 5). Ciśnienie wstępne poduszki zazwyczaj wynosi 3 bar i należy je kontrolować w ramach przeglądów serwisowych, co może być utrudnione, gdy naczynie zabudowane zostanie pod stropem pomieszczenia.



6. Przykładowy schemat instalacji solarnej z zastosowaniem termostatycznego zaworu mieszającego ZT połączonego z układem cyrkulacji wody użytkowej. Układ zaworów zwrotnych uniemożliwia niekontrolowane zmiany kierunków przepływu wody zimnej i cyrkulacyjnej

nie wpływa istotnie na zwiększenie sprawności kolektora słonecznego, ale zwiększa zużycie energii elektrycznej przez pompę obiegową. Zaniżone natężenie przepływu może natomiast skutkować zapowietrzaniem się układu, a przede wszystkim – obniżaniem sprawności kolektorów słonecznych (rys. 4) ze względu na podwyższenie temperatury roboczej i zwiększenie strat ciepła. Dlatego też powinno się zgodnie z dokumentacją techniczną producenta dokonać nastawy nominalnego natężenia przepływu – z możliwie najniższym stopniem obrotów pompy obiegowej, przy jak najmniejszej nastawie zaworu regulacyjnego natężenia przepływu.

Uszczelnienia

Zastosowanie odpowiednich uszczelnień jest warunkiem koniecznym dla bezawaryjnej pracy instalacji solarnej w szerokim zakresie temperatury roboczej. Powinno się stosować wyłącz-

z konopi, które mogą być źródłem zanieczyszczeń w układzie. Materiał uszczelnień musi stanowić jednocześnie barierę antydyfuzyjną dla ochrony przed przenikaniem powietrza do instalacji solarnej.

Naczynie wzbiorcze

Zarówno prawidłowy dobór naczynia wzbiorczego, jak i jego poprawna zabudowa to kolejne najczęściej podkreślane warunki prawidłowego wykonania instalacji solarnej. Trzeba pamiętać, że naczynie wzbiorcze w tego rodzaju instalacji pracuje w znacznie szerszym zakresie tempera-

Ciśnienie w instalacji solarnej

Ciśnienie wstępne prawidłowo ustawione w zimnej instalacji powinno wstępnie zakładać wytworzenie w kolektorach nadciśnienia na poziomie zwykle określanym przez producentów jako 1,5 bar. Ciśnienie mierzone na manometrze na dole instalacji solarnej będzie powiększone o 0,1 bar na każdy metr wysokości instalacji. Warto pamiętać, że zbyt niskie ciśnienie wstępne w instalacji solarnej przyczynia się do kilku problemów:

- zwiększa możliwość zapowietrzania instalacji;
- podwyższa ryzyko występowania stanów stagnacji (zależność temperatury wrzenia od ciśnienia);
- może powodować zwiększony poziom hałasu pracy pompy obiegowej.

Cyrkulacja wody użytkowej

Bardzo ważna pozostaje jej odpowiednia konfiguracja uniemożliwiająca zbędne podgrzewanie chłodnej strefy wody użytkowej w podgrzewa-

Większość błędów instalacji solarnych można z pewnością łatwo usunąć nawet w trakcie okresowego jej przeglądu. Poważniejsze powinny być jednak eliminowane już na samym wstępie procesu inwestycyjnego – na etapie prawidłowego i starannie wykonanego projektu.



7. Widoczny w porze wieczornej dnia zimowego (14 stycznia, godz. 21:05) przepływ grawitacyjny glikolu w jednej z baterii kolektorów słonecznych. Pomiar temperatury przez czujnik nr 1 wskazuje na +13°C

czu. W ten sposób nie ogranicza się pracy instalacji solarnej. Ważne jest zwrócenie uwagi na połączenie termostaticznego zaworu mieszającego z układem cyrkulacji (rys. 6).

Podgrzewacz wody użytkowej

Dobór objętości wody stanowi obok doboru powierzchni kolektorów pierwszy punkt obliczeń projektowych dla instalacji solarnej. Poza zapewnieniem odpowiedniej do powierzchni kolektorów słonecznych pojemności podgrzewacza, należy także sprawdzić (jeśli nie jest stosowany kompletny zestaw), czy powierzchnia wężownicy grzewczej zapewni właściwą wymianę ciepła między glikolem a wodą. Zalecany wskaźnik określa tę proporcję jako 0,20 m² powierzchni wężownicy na każdy 1 m² powierzchni apertury. Podgrzewacze wody narażone na stałe działanie świeżej wody muszą podlegać opiece serwisowej i kontroli stanu anody ochronnej (stosowanej zarówno w podgrzewaczach emaliowanych, jak i ze stali nierdzewnej). Warto zwrócić uwagę także na stosowanie anod bezobsługowych, w przypadku których zdarzają się błędy montażowe i nieprawidłowe ich podłączenie do regulatora nadrzędnego, np. przez zamianę styków. Istotne jest również, aby przyłącza podgrzewacza wody były zaizolowane cieplnie, a na zasilaniu wężownicy została dodatkowo wykonana tzw. pętla termoizolacyjna w kształcie U-rurki. Brak bariery przed grawitacyjnym przepływem glikolu może powodować jego niekontrolowany przepływ i tzw. wynoszenie ciepła. Glikol, podgrzewając się od wody użytkowej, będzie przepływał w kierunku kolektorów, co objawia się spadkiem temperatury wody w podgrzewaczu nawet o kilkanaście stopni (rys. 7).

Staranność, poprawianie i kontrola

Liczba potencjalnych nieprawidłowości w pracy instalacji solarnych oczywiście jest większa niż wskazana powyżej. Większość tych błędów można z pewnością łatwo usunąć nawet w trakcie okresowego przeglądu instalacji solarnej. Cięższe błędy powinny być jednak eliminowane już na samym wstępie procesu inwestycyjnego – na etapie prawidłowego i starannie wykonanego projektu. Potencjał poprawy efektów pracy każdej instalacji solarnej jest znaczny, a w optymalizacji jej działania może pomóc rozbudowany regulator lub system zdalnego nadzoru. ■

Literatura:

- [1] Bertsch G., Schlader W.: 2007 Solaranlagen-Evaluation, Energieinstitut Vorarlberg
- [2] Solarblog.pl: Problemy eksploatacyjne kolektorów próżniowych typu heat pipe

O AUTORZE

Ireneusz Jeleń, autor niezależny