

nia (zdolność przenoszenia ciepła), wyższa przewodność cieplna i jednocześnie niższa lepkość par i cieczy od większości wymienionych nośników. Woda, jako jednorodny nośnik ciepła, zachowuje stabilność i niezmiennosć właściwości w całym okresie eksploatacji. Tak więc wobec powszechności zastosowania wody jako nośnika ciepła w rurkach heat pipe problem ich uszkodzeń w niskich temperaturach może dotyczyć wielu rodzajów kolektorów próżniowych. Z drugiej zaś strony poszukiwanie innych rozwiązań w zakresie nośników ciepła nie jest z wielu względów (technicznych i ekonomicznych) kwestią łatwą.

## Badania

Problemem uszkodzeń rurek cieplnych zainteresowała się w 2010 roku jednostka TÜV Rheinland. Stało się to po wspomnianej ostrej zimie, kiedy szczególnie w Bawarii odnotowano wiele przypadków pęknięć rurek cieplnych. TÜV Rheinland postanowił sprawdzić na ile dotychczasowe standardy badania wytrzymałości kolektora słonecznego wg normy EN 12975-2 są dostosowane do kolektorów typu heat pipe.

W pierwszej kolejności przeprowadzono badania odporności na niskie temperatury dla trzydziestu rurek cieplnych (wyjętych z rur próżniowych), dostarczonych przez 6 różnych producentów. Rurki pięciu producentów już po trzech cyklach badania w komorze chłodniczej wykazały deformacje powstałe wskutek zamarznięcia nośnika ciepła. Wszystkie z tych rurek uległy później pęknięciu po przeprowadzeniu 50 cykli zamrożenia do  $-10^{\circ}\text{C}$  i rozmrożenia do  $+10^{\circ}\text{C}$  (czas trwania jednego cyklu = 10 godzin).

W drugiej kolejności badaniom poddano całe rury próżniowe typu heat pipe tych samych sześciu producentów. W 21 cyklach testu 50% rurek cieplnych zostało uszkodzonych. W ten sposób wykazano, że standardowa procedura badań wytrzymałości kolektora na niskie temperatury zewnętrzne, zgodna z normą EN 12975-2, jest niewystarczająca w przypadku kolektorów próżniowych typu heat pipe. Krótkotrwałe, godzinne zamrożenie rurki cieplnej jest niewystarczające i nie odpowiada realnym warunkom eksploatacji. Badania prowadzo-

|                              | Badania według standardowych wymagań normy EN 12975-2           | Propozycja nowych badań według TÜV Rheinland dostosowanych do kolektorów typu heat pipe |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Kąt nachylenia               | bardziej płaski niż określony przez producenta lub $30^{\circ}$ | bardziej stromy niż określony przez producenta lub $90^{\circ}$                         |
| Kontrola temperatury         | woda w obiegu kolektora                                         | nośnik ciepła w rurce heat pipe                                                         |
| Warunki testu: zamarzanie    | > 30 min zawartość absorbera $(-20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$      | > 30 min zawartość rurki heat pipe $< -20^{\circ}\text{C}$                              |
| Warunki testu: rozmrażanie   | > 30 min zawartość absorbera $> 10^{\circ}\text{C}$             | > 30 min zawartość rurki heat pipe $> -10^{\circ}\text{C}$                              |
| Liczba cykli w teście        | 3                                                               | 20 (z kontrolą stanu po 3 cyklach)                                                      |
| Czas trwania cyklu           | < 5 h                                                           | około 12 h                                                                              |
| Łączny czas testów           | < 24 h                                                          | 10 dni                                                                                  |
| Egzemplarz do testów         | kompletny kolektor                                              | również pojedyncze rury heat pipe                                                       |
| Liczba egzemplarzy do testów | 1                                                               | przynajmniej 9 rurek heat pipe (w tym przynajmniej 4 nietestowane wcześniej cieplnie)   |

ne przez TÜV Rheinland wskazały możliwość badania pojedynczych rur próżniowych, a nie całego kolektora, co stanowi kompromisowe pod względem kosztów rozwiązanie.

## Propozycja modyfikacji normy

TÜV Rheinland opracował w efekcie własnych badań propozycję modyfikacji standardowych testów z normy EN 12975-2. Zmiana ma dotyczyć dostosowania badań odporności na niskie temperatury do specyfiki kolektorów typu heat pipe.

Należy się spodziewać, że norma będzie zmodyfikowana w przyszłości, a wymagania stawiane kolektorom typu heat pipe ulegną wówczas znacznemu podwyższeniu. Będzie to miało na celu wyeliminowanie uszkodzeń rurek cieplnych w wyniku występowania niskich temperatur.



Ireneusz Jeleń

### Literatura:

- [1] „Solar Thermal Markets in Europe. Trends and Market Statistics 2011”, ESTIF 06.2012 (estif.org).
- [2] „Budowa próżniowego kolektora słonecznego”, Solarblog.pl 06.2012.
- [3] „Wpływ zewnętrznych warunków klimatycznych na efektywność pracy próżniowego kolektora słonecznego”. Hubert Latała. Inżynieria Rolnicza nr 1(119)/2010.
- [4] „Quality Assurance in solar thermal

heating and cooling technology”, TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH 05.2012.

[5] Forum solarpaneltalk.com

[6] Forum navitron.org.uk

[7] Forum energieportal24.de

[8] Forum muratordom.pl

[9] „Die Vakuumröhre wird attraktiver” Karl-Heinz Remmers, SBZ 13/2000.

Rys. 1. Kolektory słoneczne narażane są na długotrwałe oddziaływanie niskich temperatur zewnętrznych. Testy wytrzymałościowe, zgodne z normą PN-EN 12975-2, przewidują badanie trwałości obiegu glikolowego poprzez jego krótkotrwałe zamrażanie.

Rys. 2. Uszkodzenie rurki cieplnej wyłącza ją z pracy, niezależnie od obiegu glikolowego kolektora próżniowego typu heat pipe.

Rys. 3. Przykłady uszkodzeń rurek cieplnych [5], [4].

Rys. 4. Mechanizm powstawania uszkodzeń rurek cieplnych wskutek zamarzania nośnika ciepła i deformacji rurki.

Rys. 5. Deformacje rurek cieplnych heat pipe po 3 cyklach testu wg normy EN 12975-2 [4].

Tabela. Porównanie obecnych warunków prowadzenia testu odporności kolektora słonecznego na zamarzanie wg normy EN 12975-2, z warunkami proponowanymi dla kolektorów próżniowych typu heat pipe [4].