

Nazwa kwalifikacji: **Eksploatacja urządzeń i systemów energetyki odnawialnej**  
Symbol kwalifikacji: **ELE.11**  
Numer zadania: **01**  
Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego\*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Miejsce na naklejkę z numerem  
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut.

ELE.11-01-24.06-SG

## EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2024

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA

**PODSTAWA PROGRAMOWA  
2019**

### Instrukcja dla zdającego

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL i naklej naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Na KARCIE OCENY w oznaczonym miejscu przyklej naklejkę z numerem PESEL oraz wpisz:
  - swój numer PESEL\*,
  - oznaczenie kwalifikacji,
  - numer zadania,
  - numer stanowiska.
3. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 14 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
4. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
5. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
6. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
7. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami oraz KARTĘ OCENY na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
8. Po uzyskaniu zgody zespołu nadzorującego możesz opuścić salę/miejsce przeprowadzania egzaminu.

**Powodzenia!**

\* w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość

## Zadanie egzaminacyjne

W obiekcie hotelowym zainstalowana jest słoneczna instalacja grzewcza o wysokim współczynniku pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową. Zamontowane są w niej kolektory słoneczne typu SV300C. Różnica wysokości między najwyższym punktem kolektorów słonecznych, a naczyniem przeponowym wynosi 15 m. Czynnikiem grzewczym jest roztwór glikolu propylenowego o temperaturze krystalizacji  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Instalacja jest eksploatowana nieprzerwanie przez kilka lat. W ciągu ostatnich paru dni właściciel zauważył spadek temperatury c.w.u., pomimo dobrych warunków nasłonecznienia. W związku z tym sprawdził na manometrze słonecznej instalacji grzewczej wartość ciśnienia i odczytał, że wynosi ono 0,9 bara. Zlecił więc serwisowi technicznemu przegląd instalacji. W trakcie wykonywania przeglądu stwierdzono usterki. Po przystąpieniu do prac serwisowych wykryto kolejne nieprawidłowości. Ich wykaz znajduje się w tabeli 1.

Przeprowadź analizę zaistniałej sytuacji, a następnie:






- zapisz typ i podstawowe parametry zainstalowanych kolektorów słonecznych,
- określ pole pracy zainstalowanych kolektorów oraz ich sprawność dla minimalnej i maksymalnej różnicy temperatur, na podstawie charakterystyk sprawności kolektorów serii SV, wyznaczonej przy  $E_g = 1000\text{ W/m}^2$ ,
- oblicz sprawność kolektorów słonecznych na podstawie różnic temperatur między absorberem a otoczeniem przy natężeniu promieniowania słonecznego wynoszącego  $800\text{ W/m}^2$  oraz naszkicuj roboczą charakterystykę sprawności  $\eta = f(\Delta T)$ ,
- oblicz ciśnienia w instalacji, porównaj z odczytem z manometru i wyciągnij wniosek dotyczący czynnika roboczego,
- scharakteryzuj wskazane przyrządy pomiarowe (tabela 2) potrzebne do pomiarów podczas przeglądu słonecznej instalacji grzewczej - podaj ich nazwę, zastosowanie i jednostki odczytów,
- określ przyczyny wykrytych nieprawidłowości w słonecznej instalacji grzewczej.

Dane techniczne kolektorów słonecznych zestawiono w tabeli 3 i 4, a wzory do obliczeń w tabeli 5. Rozwiązanie zadania zapisz w tabelach od A do F.

**Tabela 1. Wykaz nieprawidłowości stwierdzonych w słonecznej instalacji grzewczej**

| Lp. | Nieprawidłowość  |
|-----|--|
| 1.  | Ubytek czynnika roboczego  |
| 2.  | Brak sygnału z czujnika temperatury kolektora słonecznego  |
| 3.  | Ciemne zabarwienie czynnika grzewczego   |
| 4.  | Wypływ czynnika grzewczego poprzez zawór bezpieczeństwa przy prawidłowym ciśnieniu po uzupełnieniu czynnika roboczego w instalacji   |
| 5.  | Niska temperatura c.w.u. przy prawidłowym ciśnieniu po uzupełnieniu czynnika roboczego w instalacji  |
| 6.  | Duża różnica pomiędzy temperaturą kolektora, a temperaturą wody w podgrzewaczu (powyżej 40 °C) w czasie pracy instalacji po uzupełnieniu czynnika roboczego w instalacji do prawidłowego ciśnienia |

**Tabela 2. Przyrządy pomiarowe potrzebne do pomiarów podczas przeglądu słonecznej instalacji grzewczej**

| Przyrząd pomiarowy  |  |   |
|---|--|---|
|   |  |   |
| <p>Przyrząd 1</p>   |  | <p>Przyrząd 2</p>   |
|  |  |  |
| <p>Przyrząd 3</p>   | <p>Przyrząd 4</p>  | <p>Przyrząd 5</p>   |

**Tabela 3. Parametry techniczne kolektorów słonecznych serii SV**

| Parametr   | Jednostka miary   | Typ kolektora           |                         |                         |                         |
|--|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|  |   | SV100A                  | SV100B                  | SV200E                  | SV300C                  |
| Powierzchnia brutto  | m <sup>2</sup>  | 2,51                    | 2,51                    | 2,51                    | 2,51                    |
| Powierzchnia czynna absorbera (apertury)   | m <sup>2</sup>  | 2,32                    | 2,32                    | 2,32                    | 2,32                    |
| Powierzchnia całkowita absorbera   | m <sup>2</sup>  | 2,33                    | 2,33                    | 2,33                    | 2,33                    |
| Wymiary:<br>- szerokość<br>- wysokość<br>- głębokość   | mm  | 1056<br>2380<br>72      | 1056<br>2380<br>72      | 1056<br>2380<br>72      | 1056<br>2380<br>90      |
| Poniższe wartości odnoszą się do powierzchni czynnej absorbera (apertury)<br>– sprawność optyczna (przy $\Delta T = 0$ K)<br>– liniowy współczynnik strat ciepła $k_1$<br>– kwadratowy współczynnik strat ciepła $k_2$ | -<br>W/(m <sup>2</sup> K)<br>W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> ) | 0,760<br>4,14<br>0,0108 | 0,754<br>4,15<br>0,0114 | 0,827<br>3,721<br>0,019 | 0,868<br>3,188<br>0,018 |
| Poniższe wartości odnoszą się do powierzchni brutto:<br>– sprawność optyczna (przy $\Delta T = 0$ K)<br>– liniowy współczynnik strat ciepła $k_1$<br>– kwadratowy współczynnik strat ciepła $k_2$                      | -<br>W/(m <sup>2</sup> K)<br>W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> ) | 0,698<br>3,8<br>0,010   | 0,692<br>3,81<br>0,010  | 0,764<br>3,439<br>0,018 | 0,801<br>2,934<br>0,018 |
| Pojemność cieplna  | kJ/(m <sup>2</sup> K)   | 4,7                     | 4,5                     | 6,0                     | 5,43                    |
| Pojemność kolektora  | l   | 1,48                    | 1,67                    | 2,03                    | 2,04                    |
| Dopuszczalne ciśnienie robocze   | bar   | 6                       | 6                       | 6                       | 6                       |
| Maksymalna temperatura postojowa   | °C  | 200                     | 196                     | 209                     | 206                     |
| Masa   | kg  | 41,5                    | 41,5                    | 41                      | 41                      |

**Tabela 4. Charakterystyki sprawności kolektorów słonecznych serii SV, wyznaczonej przy  $E_g = 1000 \text{ W/m}^2$**

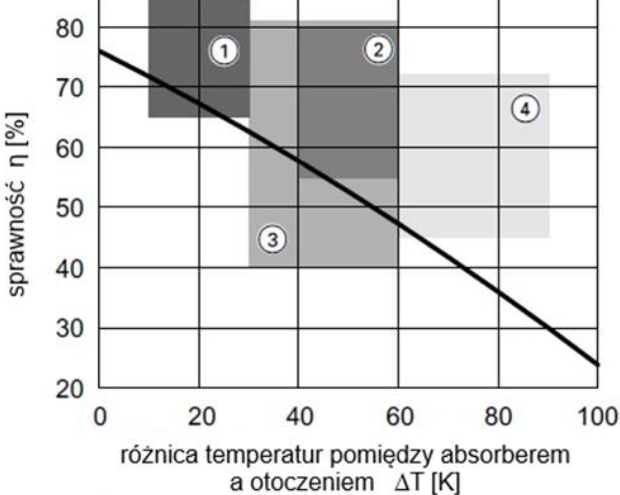
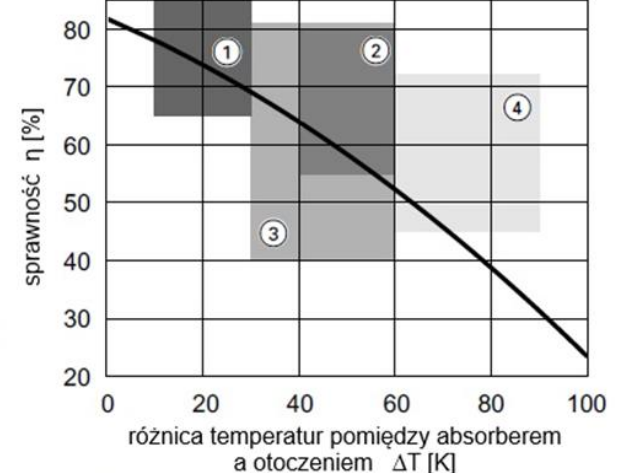
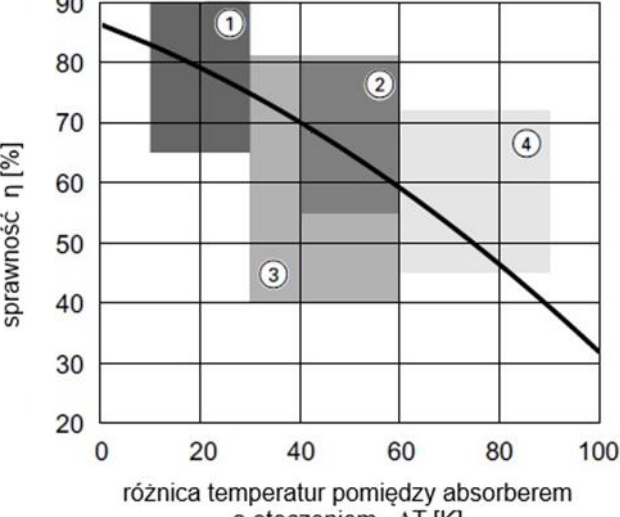
|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <p><b>Typy kolektorów</b></p> | <p><b>Charakterystyki sprawności w odniesieniu do powierzchni czynnej absorbera kolektorów</b><br/> <i>Pola pracy kolektorów oznaczono w zależności od sposobu wykorzystania słonecznej instalacji grzewczej:</i><br/> <b>1</b> - do wytwarzania c.w.u. przy niskim współczynniku pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę<br/> <b>2</b> - do wytwarzania c.w.u. przy wysokim współczynniku pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę<br/> <b>3</b> - do wytwarzania c.w.u. oraz wspomaganie ogrzewania pomieszczeń<br/> <b>4</b> - do wytwarzania ciepła technologicznego/klimatyzacji</p> |
| <p>SV100A<br/>SV100B</p>      |   |
| <p>SV200E</p>                 |    |
| <p>SV300C</p>                 |    |

Tabela 5. Wzory do obliczeń

| Lp. | Wzór z objaśnieniami*   |
|-----|---|
| 1.  | <p><b>Sprawność kolektora słonecznego odniesiona do powierzchni apertury:</b></p> $\eta = \eta_0 - \frac{k_1 \cdot \Delta T}{E_g} - \frac{k_2 \cdot \Delta T^2}{E_g}$ <p>gdzie:<br/> <math>\eta</math> – sprawność kolektora odniesiona do powierzchni apertury<br/> <math>\eta_0</math> – sprawność optyczna kolektora odniesiona do powierzchni apertury, przy <math>\Delta T = 0</math> K<br/> <math>k_1</math> – liniowy współczynnik strat ciepła, W/(m<sup>2</sup> K)<br/> <math>k_2</math> – kwadratowy współczynnik strat ciepła, W/(m<sup>2</sup> K<sup>2</sup>)<br/> <math>\Delta T</math> – różnica temperatur pomiędzy absorberem a otoczeniem, K<br/> <math>E_g</math> – natężenie promieniowania słonecznego, W/m<sup>2</sup></p> |
| 2.  | <p><b>Ciśnienie statyczne:</b></p> $p_{st} = H \cdot 0,1 \text{ bar/m}$ <p>gdzie:<br/> <math>p_{st}</math> – ciśnienie statyczne, bar<br/> <math>H</math> – wysokość statyczna instalacji, m</p>  |
| 3.  | <p><b>Ciśnienie wstępne w naczyniu przeponowym:</b></p> $p_{wst} = p_{st} + 1,0 \text{ bar}$ <p>gdzie:<br/> <math>p_{wst}</math> – ciśnienie wstępne w naczyniu przeponowym, bar</p>  |
| 4.  | <p><b>Ciśnienie napełniania:</b></p> $p_n = p_{wst} + 0,3 \text{ bar}$ <p>gdzie:<br/> <math>p_n</math> – ciśnienie napełniania, bar</p>   |

\* Jeśli symbole powtarzają się, ich opisy pominięto.

**Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.**

**Ocenię będzie podlegało 6 rezultatów:**

- zestawienie typu i parametrów zainstalowanych kolektorów słonecznych (tabela A),
- zestawienie parametrów zainstalowanego kolektora słonecznego w odniesieniu do pola pracy, przy  $E_g = 1000 \text{ W/m}^2$  (tabela B),
- charakterystyka robocza sprawności zainstalowanego kolektora słonecznego, przy  $E_g = 800 \text{ W/m}^2$  (tabela C),
- zestawienie ciśnień w słonecznej instalacji grzewczej, wraz z wnioskiem (tabela D),
- charakterystyka wskazanych przyrządów pomiarowych potrzebnych do pomiarów podczas przeglądu słonecznej instalacji grzewczej (tabela E),
- wykaz możliwych przyczyn nieprawidłowości stwierdzonych w słonecznej instalacji grzewczej (tabela F).

**Tabela A. Zestawienie typu i parametrów zainstalowanych kolektorów słonecznych**

| Typ zainstalowanych kolektorów słonecznych: ..... |  |                 |         |
|---|--|-----------------|---------|
| Lp.   | Parametr kolektora                                       | Jednostka miary | Wartość |
| 1.  | Powierzchnia brutto                                      |                 |         |
| 2.  | Powierzchnia czynna absorbera (apertury)                 |                 |         |
| 3.  | Powierzchnia całkowita absorbera                         |                 |         |
| 4.  | Dopuszczalne ciśnienie robocze                           |                 |         |
| 5.  | Maksymalna temperatura postojowa                         |                 |         |
| 6.  | Sprawność optyczna<br>(przy $\Delta T = 0 \text{ K}$ ) * |                 |         |
| 7.  | Liniowy współczynnik strat ciepła $k_1$ *                |                 |         |
| 8.  | Kwadratowy współczynnik strat ciepła $k_2$ *             |                 |         |

\* Należy zapisać wartość odnoszącą się do powierzchni czynnej absorbera.

**Tabela B. Zestawienie parametrów zainstalowanego kolektora słonecznego w odniesieniu do pola pracy, przy  $E_g = 1000 \text{ W/m}^2$**

| Numer pola pracy kolektora: .....<br>(zgodnie z opisem instalacji i typem zainstalowanego kolektora) |  |                          |                                  |
|--|--|--------------------------|----------------------------------|
| Lp.  | Parametr kolektora   |                          | Wartość<br>(odczytana z wykresu) |
| 1.   | Różnica temperatur między absorberem a otoczeniem $\Delta T$ dla pola pracy, w kelwinach | $\Delta T_{\min}$        |                                  |
| 2.   |  | $\Delta T_{\max}$        |                                  |
| 3.   | Sprawność $\eta$ kolektora dla $\Delta T_{\min}$ i $\Delta T_{\max}$ , w procentach      | $\eta_{\Delta T_{\min}}$ |                                  |
| 4.   |  | $\eta_{\Delta T_{\max}}$ |                                  |

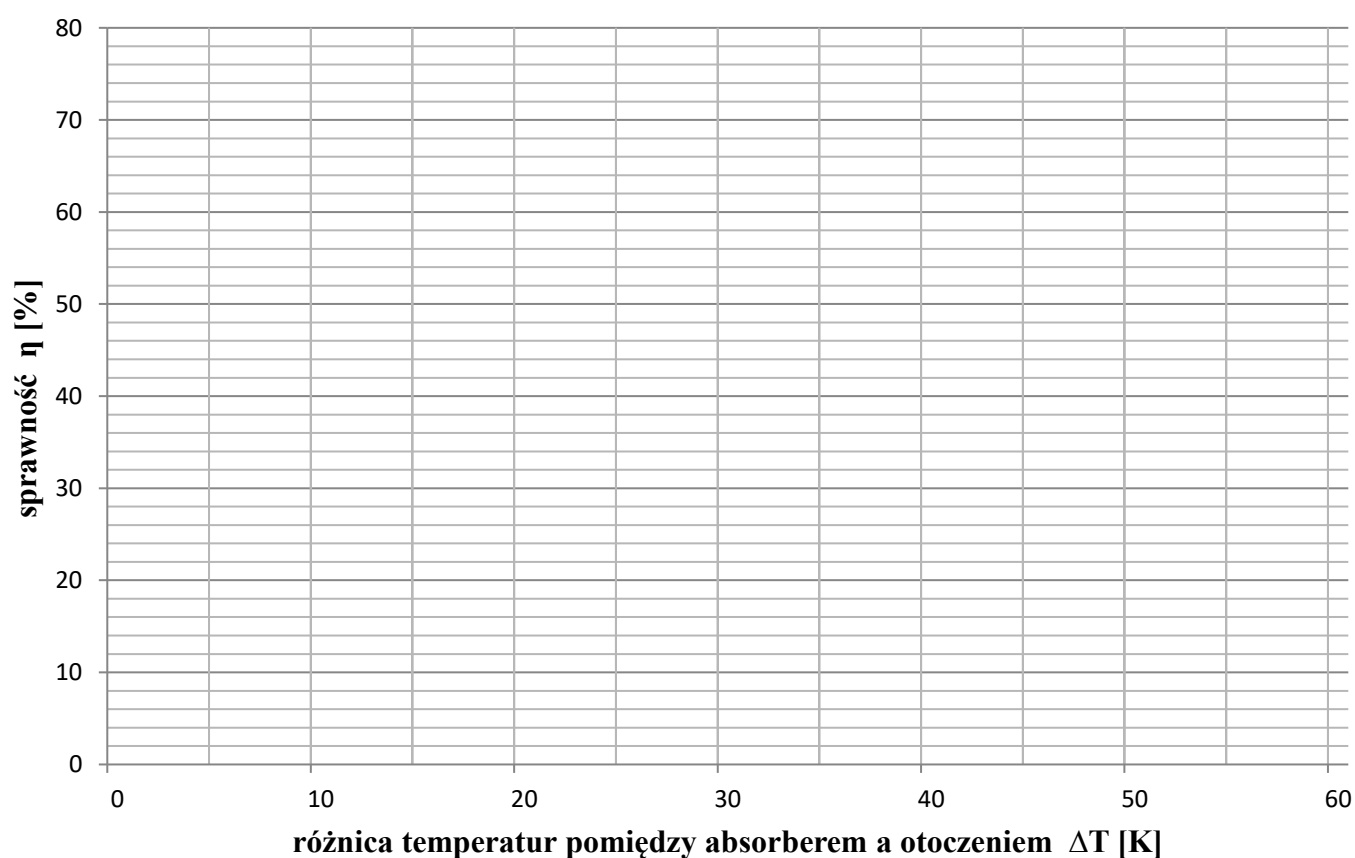
Tabela C. Charakterystyka robocza sprawności zainstalowanego kolektora słonecznego, przy  $E_g = 800 \text{ W/m}^2$

**I – Sprawność kolektora słonecznego**

| Lp. | Różnica temperatur między absorberem a otoczeniem $\Delta T$<br>K | Sprawność kolektora odniesiona do powierzchni apertury $\eta$<br>w procentach |        |
|-----|---|---|--------|
|     |   | Obliczenia  | Wynik* |
| 1.  | 40  |   |        |
| 2.  | 50  |   |        |
| 3.  | 60  |   |        |

**II – Charakterystyka robocza sprawności kolektora słonecznego**

**Wykres  $\eta = f(\Delta T)$**




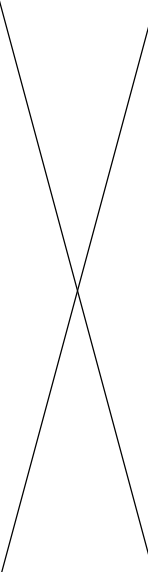




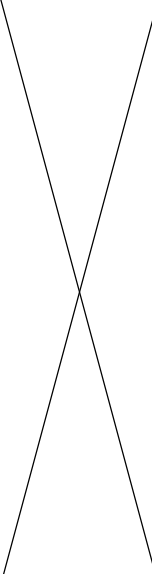
\* Wartość należy zapisać z dokładnością do jednego miejsca po przecinku.

**Tabela D. Zestawienie ciśnień w słonecznej instalacji grzewczej**

| <b>Wysokość statyczna instalacji H:</b> .....   |                  |                   |     |
|---|------------------|-------------------|-----|
| Lp.   | Rodzaj ciśnienia | Wartość ciśnienia |     |
|   |                  | bar               | MPa |
| 1.  | $p_{st}$         |                   |     |
| 2.  | $p_{wst}$        |                   |     |
| 3.  | $p_n$            |                   |     |
| <b>Wniosek dotyczący czynnika roboczego:</b><br>.....<br>.....<br>.....<br>.....<br>..... |                  |                   |     |

**Tabela E. Charakterystyka wskazanych przyrządów pomiarowych potrzebnych do pomiarów podczas przeglądu słonecznej instalacji grzewczej**

| Lp. | Przyrząd pomiarowy  | Nazwa przyrządu | Zastosowanie przyrządu przy wykonywaniu przeglądu słonecznej instalacji grzewczej | Jednostka odczytu   |
|-----|---|-----------------|---|---|
| 1.  |    |                 |   |   |
| 2.  |   |                 |   |   |
| 3.  |  |                 |   |  |

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 4. |   |  |  |  |
| 5. |  |  |  |  |

**Tabela F. Wykaz możliwych przyczyn nieprawidłowości stwierdzonych  
w słonecznej instalacji grzewczej**

| Lp. | Nieprawidłowość  | Przyczyna/ przyczyny |
|-----|--|----------------------|
| 1.  | Ubytek czynnika roboczego  |                      |
| 2.  | Brak sygnału z czujnika temperatury kolektora słonecznego  |                      |
| 3.  | Ciemne zabarwienie czynnika grzewczego   |                      |
| 4.  | Wypływ czynnika grzewczego poprzez zawór bezpieczeństwa przy prawidłowym ciśnieniu po uzupełnieniu czynnika roboczego w instalacji   |                      |
| 5.  | Niska temperatura c.w.u. przy prawidłowym ciśnieniu po uzupełnieniu czynnika roboczego w instalacji  |                      |
| 6.  | Duża różnica pomiędzy temperaturą kolektora, a temperaturą wody w podgrzewaczu (powyżej 40 °C) w czasie pracy instalacji po uzupełnieniu czynnika roboczego w instalacji do prawidłowego ciśnienia |                      |

