



## Model solarny



**materiał szkoleniowy dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych**



## **Spis treści:**

1. Przeznaczenie stanowiska doświadczalnego.....	3
2. Budowa stanowiska badawczego.....	4
3. Elementy stanowiska badawczego.....	5
4. Zasada działania stanowiska doświadczalnego .....	6
5. Zasady bezpiecznej eksploatacji stanowiska badawczego .....	7
6. Zestaw ćwiczeń laboratoryjnych .....	9

## 1. Przeznaczenie stanowiska doświadczalnego

Stanowisko doświadczalne służy do demonstracji działania układów solarnych do podgrzewania ciepłej wody użytkowej.

Umożliwia ono pomiar parametrów związanych z funkcjonowaniem układów solarnych do podgrzewania ciepłej wody użytkowej, takich jak:

- natężenie przepływu cieczy roboczej przez badany kolektor,
- temperatury na dolocie i wylocie z badanego kolektora.

Na podstawie dokonanych pomiarów, drogą obliczeniową wyznacza się najważniejsze parametry kolektora słonecznego, tzn. moc oraz sprawność.



*Widok z boku*

## 2. Budowa stanowiska badawczego

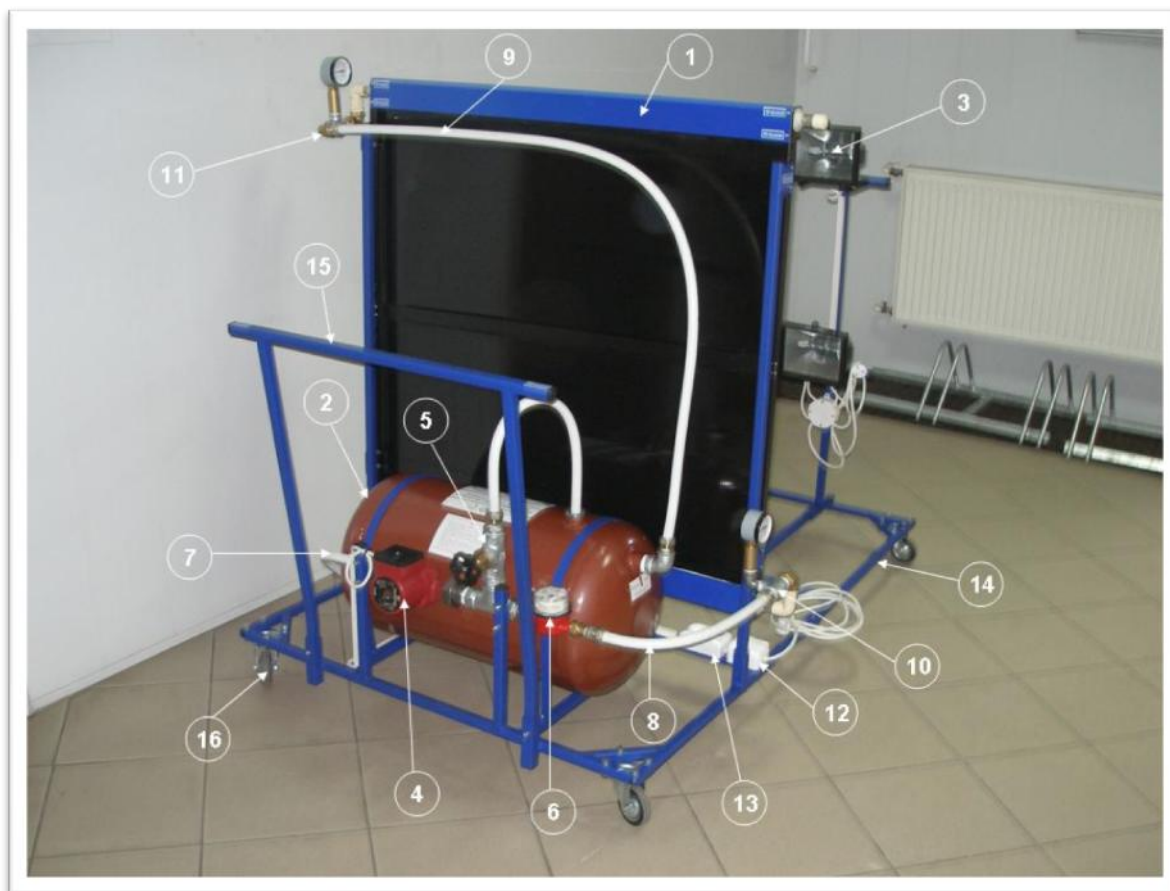
Stanowisko wyposażone jest w:

- kolektor słoneczny cieczowy o zmniejszonych gabarytach w stosunku do kolektorów „komercyjnych”. Wymiary ok. 1×1 m.
- symulator promieniowania słonecznego o mocy 2000 W umożliwiający napromieniowanie badanego kolektora słonecznego strumieniem świetlnym o natężeniu do ok. 1000 W/m<sup>2</sup>.
- pompę obiegową umożliwiającą wymuszenie przepływu cieczy roboczej w badanym kolektorze.
- wodomierz umożliwiający pomiar natężenia przepływu.
- zbiornik akumulacyjny o poj. 60 l połączony z badanym kolektorem.
- punkty pomiaru temperatury na dolocie i wylocie z badanego kolektora.
- dzieloną ramę o wymiarach ok. 1,5×1 m wyposażoną w kółka jezdne, na której zamontowane są wszystkie elementy stanowiska badawczego.



*Widok z tyłu*

### 3. Elementy stanowiska badawczego



#### Opis elementów:

- 1) badany kolektor cieczowy,
- 2) zbiornik akumulacyjny,
- 3) zespół reflektorów halogenowych (symulator promieniowania słonecznego),
- 4) pompa obiegowa,
- 5) zawór przelewowy,
- 6) wodomierz umożliwiający pomiar natężenia przepływu,
- 7) rura doprowadzająca wodę ze zbiornika akumulacyjnego do pompy obiegowej,
- 8) rura doprowadzająca wodę do badanego kolektora,
- 9) rura odprowadzająca wodę z badanego kolektora do zbiornika akumulacyjnego,
- 10) zespół przyłączeniowy króćca dolotowego kolektora wyposażony w termometr,
- 11) zespół przyłączeniowy króćca wylotowego kolektora wyposażony w termometr,
- 12) włącznik główny stanowiska,
- 13) gniazdko do zasilania symulatora promieniowania słonecznego,
- 14) rama stanowiska,
- 15) uchwyt transportowy,
- 16) kółka jezdne.

#### **4. Zasada działania stanowiska doświadczalnego**

Pompa obiegowa tłoczy wodę ze zbiornika akumulacyjnego do badanego cieczowego kolektora słonecznego. Za pompą obiegową a przed badanym kolektorem znajduje się zawór przelewowy oraz wodomierz.

Zawór przelewowy umożliwia płynną regulację natężenia przepływu przez badany kolektor niezależnie od trójstopniowej regulacji wydatku pompy obiegowej.

Wodomierz umożliwia wyznaczenie natężenia przepływu wody przez badany kolektor.

Wodomierz połączony jest z badanym kolektorem za pośrednictwem rury giętkiej oraz zespołu przyłączeniowego króćca dolotowego kolektora. Zespół przyłączeniowy wyposażony jest w trójnik redukcyjny, w którym zabudowano termometr do pomiaru temperatury wody zasilającej badany kolektor.

Strumień wody przepływa wewnątrz absorbera badanego kolektora i za pośrednictwem zespołu przyłączeniowego króćca wylotowego i rury giętkiej odprowadzany jest z powrotem do zbiornika akumulacyjnego. Zespół przyłączeniowy króćca wylotowego wyposażony jest w termometr do pomiaru temperatury wody wypływającej z badanego kolektora.

Badany kolektor naświetlany jest zespołem czterech reflektorów halogenowych (tzw. symulatorem promieniowania słonecznego).

Reflektory halogenowe zabudowane są na stelażu, który można przemieszczać w pewnym zakresie wzdłuż ramy stanowiska zmieniając w ten sposób natężenie promieniowania padającego na badany kolektor.

## 5. Zasady bezpiecznej eksploatacji stanowiska badawczego

1. Stanowisko doświadczalne przeznaczone jest wyłącznie do eksploatacji w pomieszczeniach zamkniętych. Nie jest odporne na działanie czynników atmosferycznych (wiatr, opady).

Stanowisko może być eksploatowane wyłącznie w temperaturach powyżej 0°C (nie jest odporne na zamarzanie).

2. Przed uruchomieniem stanowiska należy bezwzględnie napełnić zbiornik akumulacyjny wodą do dolnej krawędzi bocznego króćca (poziom oznaczony na obudowie zbiornika). Poziom wody należy sprawdzać przed każdym uruchomieniem. Aby pompa obiegowa mogła podawać wodę do kolektora musi zostać „zalana”. Jeżeli pomimo prawidłowego poziomu wody w zbiorniku nie występuje przepływ przez kolektor - należy zalać pompę niewielką ilością wody poprzez zawór przelewowy zdemontowawszy uprzednio rurę giętką połączoną z tym zaworem. „Zalanie” pompy można również przeprowadzić poprzez rurę doprowadzającą wodę do kolektora odkręciwszy uprzednio śrubunek zespołu przyłączeniowego króćca dolotowego kolektora.
3. Stanowisko należy uruchamiać przy zakręconym zaworze przelewowym tak, aby cały przepływ kierowany był do badanego kolektora. Gdy kolektor całkowicie wypełni się wodą (strumień wody będzie widoczny w przezroczystym króćcu wylotowym), można ustawić żądane natężenie przepływu odkręcając odpowiednio zawór przelewowy.
4. Króćce przyłączeniowe kolektora wykonane są z tworzywa sztucznego. W związku z tym śrubunki zespołów przyłączeniowych należy dokręcać delikatnie tylko samą ręką.
5. Stanowisko powinno być zasilane z sieci prądu jednofazowego 230 V, zabezpieczonej bezpiecznikiem 16 A.
6. Włącznik główny stanowiska załącza zasilanie pompy obiegowej oraz gniazdka do podłączenia symulatora promieniowania słonecznego. Nie wolno podłączać symulatora do innego gniazdka, gdyż przy braku przepływu wody przez kolektor i włączonym symulatorze może nastąpić przegrzanie i zniszczenie płyty absorbera.
7. Reflektory halogenowe, z których zbudowany jest symulator promieniowania słonecznego nagrzewają się w trakcie pracy do wysokich temperatur. Dotknięcie grozi oparzeniem.

8. Reflektory halogenowe emitują promieniowanie o dużym natężeniu. Patrzenie bezpośrednio w reflektory może spowodować uszkodzenie wzroku.
9. W trakcie eksploatacji należy w sposób ciągły kontrolować temperaturę wody na wylocie z kolektora. W przypadku przekroczenia temperatury 90°C należy natychmiast wyłączyć stanowisko.
10. Stanowisko należy przemieszczać trzymając wyłącznie za uchwyt transportowy.

**NIEPRZESTRZEGANIE POWYŻSZYCH ZASAD  
GROZI  
USZKODZENIEM STANOWISKA LUB WYPADKIEM!!!**



## 6. Zestaw ćwiczeń laboratoryjnych

### Ćwiczenie 1 ..... 10

Zapoznanie z działaniem i obsługą stanowiska badawczego.

### Ćwiczenie 2 ..... 11

Pomiar mocy cieplnej kolektora słonecznego.

### Ćwiczenie 3 ..... 12

Pomiar mocy cieplnej kolektora słonecznego w zależności od natężenia promieniowania.

### Ćwiczenie 4 ..... 13

Pomiar mocy cieplnej kolektora słonecznego w zależności od natężenia przepływu.

### Ćwiczenie 5 ..... 14

Wyznaczanie charakterystyk mocy kolektora słonecznego w funkcji średniej temperatury w kolektorze.

## Ćwiczenie 1

**Cel:** Zapoznanie z działaniem i obsługą stanowiska badawczego.

**Czas trwania:** 1 godzina.

**Pomoce:** stoper, kalkulator.

1. Napełnić zbiornik akumulacyjny stanowiska zgodnie z instrukcją obsługi.
2. Zalać pompę obiegową zgodnie z instrukcją obsługi.
3. Podłączyć stanowisko badawcze do zasilania elektrycznego 230 V.
4. Podłączyć symulator promieniowania słonecznego do jednego z dwóch gniazdek znajdujących się na ramie stanowiska badawczego.
5. Zakręcić zawór przelewowy.
6. U uruchomić stanowisko badawcze.
7. Po napełnieniu wodą badanego kolektora odpowietrzyć punkty pomiaru temperatury.
8. Operując trzema biegami pompy obiegowej oraz zaworem przelewowym ustawić najmniejsze stabilne natężenie przepływu.
9. Dokonać pomiaru natężenia przepływu. Jeden obrót czerwonej wskazówki na wodomierzu odpowiada jednemu litrowi wody. Stoperem zmierzyć czas pełnych 10-ciu obrotów czerwonej wskazówki oraz obliczyć natężenie przepływu dzieląc ilość obrotów (litrów) przez czas. Otrzymamy natężenie przepływu w l/s (kg/s).

## Ćwiczenie 2

**Cel:** Pomiar mocy cieplnej kolektora słonecznego.

**Czas trwania:** 1 godzina.

**Pomoce:** stoper, kalkulator.

1. Napełnić zbiornik akumulacyjny stanowiska zgodnie z instrukcją obsługi.
2. Zalać pompę obiegową zgodnie z instrukcją obsługi.
3. Podłączyć stanowisko badawcze do zasilania elektrycznego 230 V.
4. Podłączyć symulator promieniowania słonecznego do jednego z dwóch gniazdek znajdujących się na ramie stanowiska badawczego.
5. Zakręcić zawór przelewowy.
6. U uruchomić stanowisko badawcze.
7. Po napełnieniu wodą badanego kolektora odpowietrzyć punkty pomiaru temperatury.
8. Operując trzema biegami pompy obiegowej oraz zaworem przelewowym ustawić najmniejsze stabilne natężenie przepływu.
9. Dokonać pomiaru natężenia przepływu. Jeden obrót czerwonej wskazówki na wodomierzu odpowiada jednemu litrowi wody. Stoperem zmierzyć czas pełnych 10-ciu obrotów czerwonej wskazówki oraz obliczyć natężenie przepływu dzieląc ilość obrotów (litrów) przez czas. Otrzymamy natężenie przepływu w l/s (kg/s).
10. Dokonać pomiaru temperatur wody na wlocie i wylocie z badanego kolektora.
11. Obliczyć moc kolektora mnożąc masowe natężenie przepływu [kg/s] przez ciepło właściwe wody i różnicę temperatur w stopniach (C lub K).

### Ćwiczenie 3

**Cel:** Pomiar mocy cieplnej kolektora słonecznego w zależności od natężenia promieniowania.

**Czas trwania:** 2 godziny.

**Pomoce:** stoper, kalkulator.

1. Napełnić zbiornik akumulacyjny stanowiska zgodnie z instrukcją obsługi.
2. Zalać pompę obiegową zgodnie z instrukcją obsługi.
3. Podłączyć stanowisko badawcze do zasilania elektrycznego 230 V.
4. Podłączyć symulator promieniowania słonecznego do jednego z dwóch gniazdek znajdujących się na ramie stanowiska badawczego.
5. Zakręcić zawór przelewowy.
6. Uruchomić stanowisko badawcze.
7. Po napełnieniu wodą badanego kolektora odpowietrzyć punkty pomiaru temperatury.
8. Operując trzema biegami pompy obiegowej oraz zaworem przelewowym ustawić najmniejsze stabilne natężenie przepływu.
9. Dokonać pomiaru natężenia przepływu. Jeden obrót czerwonej wskazówki na wodomierzu odpowiada jednemu litrowi wody. Stoperem zmierzyć czas pełnych 10-ciu obrotów czerwonej wskazówki oraz obliczyć natężenie przepływu dzieląc ilość obrotów (litrów) przez czas. Otrzymamy natężenie przepływu w l/s (kg/s).
10. Ustawić symulator promieniowania słonecznego najbliżej badanego kolektora.
11. Dokonać pomiaru temperatur wody na wlocie i wylocie z badanego kolektora.
12. Obliczyć moc kolektora mnożąc masowe natężenie przepływu [kg/s] przez ciepło właściwe wody i różnicę temperatur w stopniach (C lub K).
13. Ustawić symulator promieniowania słonecznego w położeniu pośrednim względem badanego kolektora.
14. Dokonać pomiaru temperatur wody na wlocie i wylocie z badanego kolektora.
15. Obliczyć moc kolektora mnożąc masowe natężenie przepływu [kg/s] przez ciepło właściwe wody i różnicę temperatur w stopniach (C lub K).
16. Ustawić symulator promieniowania słonecznego najdalej od badanego kolektora.
17. Dokonać pomiaru temperatur wody na wlocie i wylocie z badanego kolektora.
18. Obliczyć moc kolektora mnożąc masowe natężenie przepływu [kg/s] przez ciepło właściwe wody i różnicę temperatur w stopniach (C lub K).

## Ćwiczenie 4

**Cel:** Pomiar mocy cieplnej kolektora słonecznego w zależności od natężenia przepływu

**Czas trwania:** 3 godziny.

**Pomoce:** stoper, kalkulator.

1. Napełnić zbiornik akumulacyjny stanowiska zgodnie z instrukcją obsługi
2. Zalać pompę obiegową zgodnie z instrukcją obsługi
3. Podłączyć stanowisko badawcze do zasilania elektrycznego 230V
4. Podłączyć symulator promieniowania słonecznego do jednego z dwóch gniazdek znajdujących się na ramie stanowiska badawczego
5. Zakręcić zawór przelewowy
6. Uruchomić stanowisko badawcze
7. Po napełnieniu wodą badanego kolektora odpowietrzyć punkty pomiaru temperatury
8. Operując trzema biegami pompy obiegowej oraz zaworem przelewowym ustawić najmniejsze stabilne natężenie przepływu
9. Dokonać pomiaru natężenia przepływu. Jeden obrót czerwonej wskazówki na wodomierzu odpowiada jednemu litrowi wody. Stoperem zmierzyć czas pełnych 10-ciu obrotów czerwonej wskazówki oraz obliczyć natężenie przepływu dzieląc ilość obrotów (litrów) przez czas. Otrzymamy natężenie przepływu w l/s (kg/s).
10. Ustawić symulator promieniowania słonecznego najbliżej badanego kolektora.
11. Dokonać pomiaru temperatur wody na wlocie i wylocie z badanego kolektora.
12. Obliczyć moc kolektora mnożąc masowe natężenie przepływu [kg/s] przez ciepło właściwe wody i różnicę temperatur w stopniach (C lub K).
13. Pomiar temperatur na wlocie i wylocie z badanego kolektora przeprowadzić dla kolejnych natężeń przepływu wynoszących odpowiednio ok. 150 l/h, 200 l/h i 250 l/h. Zwiększenie natężenia przepływu uzyskuje się operując trzema biegami pompy obiegowej oraz zaworem przelewowym. Po ustabilizowaniu się kolejnego większego natężenia przepływu odczekać aż ustabilizują się wskazania termometrów.
14. Obliczyć kolejne wartości mocy kolektora mnożąc masowe natężenie przepływu [kg/s] przez ciepło właściwe wody i różnicę temperatur w stopniach (C lub K).
15. Sporządzić wykres zależności mocy cieplnej kolektora od natężenia przepływu.

## Ćwiczenie 5

**Cel:** Wyznaczanie charakterystyk mocy kolektora słonecznego w funkcji średniej temperatury w kolektorze (czas trwania- 3 godziny).

**Czas trwania:** 3 godziny.

**Pomoce:** stoper, kalkulator.

1. Napełnić zbiornik akumulacyjny stanowiska zgodnie z instrukcją obsługi.
2. Zalać pompę obiegową zgodnie z instrukcją obsługi.
3. Podłączyć stanowisko badawcze do zasilania elektrycznego 230 V.
4. Podłączyć symulator promieniowania słonecznego do jednego z dwóch gniazdek znajdujących się na ramie stanowiska badawczego.
5. Zakręcić zawór przelewowy.
6. Uruchomić stanowisko badawcze.
7. Po napełnieniu wodą badanego kolektora odpowietrzyć punkty pomiaru temperatury.
8. Operując trzema biegami pompy obiegowej oraz zaworem przelewowym ustawić najmniejsze stabilne natężenie przepływu.
9. Dokonać pomiaru natężenia przepływu. Jeden obrót czerwonej wskazówki na wodomierzu odpowiada jednemu litrowi wody. Stoperem zmierzyć czas pełnych 10-ciu obrotów czerwonej wskazówki oraz obliczyć natężenie przepływu dzieląc ilość obrotów (litrów) przez czas. Otrzymamy natężenie przepływu w l/s (kg/s).
10. Ustawić symulator promieniowania słonecznego najbliżej badanego kolektora.
11. Dokonać pomiaru temperatur wody na wlocie i wylocie z badanego kolektora.
12. Obliczyć moc kolektora mnożąc masowe natężenie przepływu [kg/s] przez ciepło właściwe wody i różnicę temperatur w stopniach (C lub K).
13. Odczekać ok. 20 min aż wzrośnie w sposób widoczny temperatura na wylocie z kolektora.
14. Dokonać pomiaru temperatur wody na wlocie i wylocie z badanego kolektora.
15. Obliczyć moc kolektora mnożąc masowe natężenie przepływu [kg/s] przez ciepło właściwe wody i różnicę temperatur w stopniach (C lub K).
16. Powyższą procedurę pomiarową przeprowadzić jeszcze kilkakrotnie dla kolejnych wyższych temperatur wody na wylocie z badanego kolektora.
17. Sporządzić wykres zależności mocy kolektora od średniej temperatury wody w kolektorze (jest to średnia arytmetyczna temperatury wlotowej i wylotowej).