

**Arkusz zawiera informacje prawnie  
chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu**

Układ graficzny © CKE 2020



Nazwa kwalifikacji: **Eksplatacja instalacji i urządzeń do wytwarzania i przesyłania energii cieplnej**

Oznaczenie kwalifikacji: **E.22**

Numer zadania: **01**

Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Miejsce na naklejkę z numerem  
PESEL i z kodem ośrodka

Numer PESEL zdającego\*

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

**E.22-01-21.01-SG**

Czas trwania egzaminu: **180 minut**

## **EGZAMIN POTWIERDZAJĄCY KWALIFIKACJE W ZAWODZIE**

**Rok 2021**

**CZĘŚĆ PRAKTYCZNA**

**PODSTAWA PROGRAMOWA  
2012**

### **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 13 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

Opracuj dokumentację związaną z pomiarami kotła OP 650

W tym celu:

- określ dane techniczne kotła OP 650,
- oblicz straty ciepłe kotła,
- oblicz sumę strat ciepłych oraz sprawność kotła,
- dobierz przyrządy kontrolno-pomiarowe do pomiarów parametrów kotła,
- porównaj wyniki pomiarów i obliczeń z parametrami gwarantowanymi.

Do wykonania zadania wykorzystaj informacje zawarte w dokumentacji technicznej.

**Uwaga:** Obliczenia strat ciepłych i sprawności kotła należy wykonać z dokładnością do trzech miejsc po przecinku.

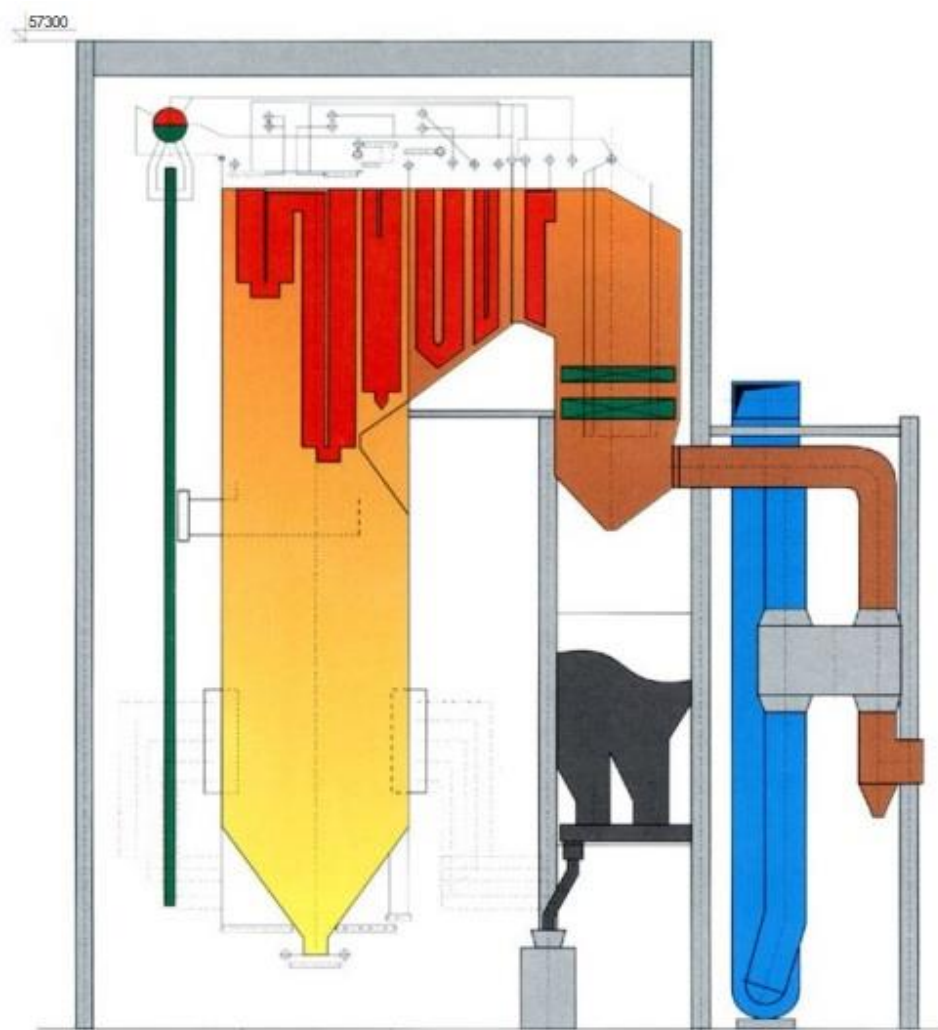
**Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.**

**Ocenie podlegać będzie 5 rezultatów:**

- Dane techniczne badanego kotła – tabela A.,
- Wykaz przyrządów kontrolno-pomiarowych – tabela B.,
- Zestawienie wyników obliczeń strat ciepłych kotła – tabela D.,
- Zestawienie wyników obliczeń sumy strat ciepłych oraz sprawności kotła – tabela E.,
- Porównanie wyników pomiarów i sprawności kotła z parametrami gwarantowanymi – tabela F.

## Dokumentacja techniczna

### 1. Schemat kotła



Rys. 1 Schemat kotła OP 650

**Tabela 1. Dane techniczne różnych rodzajów kotłów**

| Kocioł                                      | 1                      | 2                      | 3                     |
|---------------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Rodzaj obiegu wody                          | Z naturalną cyrkulacją | Z naturalną cyrkulacją | Przepływowy           |
| Znamionowa moc cieplna                      | 400 MW                 | 500 MW                 | 600 MW                |
| Temperatura pary świeżej na wyjściu z kotła | 535 °C                 | 540 °C                 | 543 °C                |
| Ciśnienie pary świeżej                      | 12,0 MPa               | 12,7 MPa               | 16,2 MPa              |
| Temperatura wody zasilającej                | 205 °C                 | 242 °C                 | 255 °C                |
| Sprawność kotła                             | 92,2 %                 | 92 %                   | 87,1 %                |
| Rodzaj paliwa                               | węgiel kamienny        | węgiel kamienny        | węgiel brunatny       |
| Wydajność                                   | 160,56 $\frac{kg}{s}$  | 180,56 $\frac{kg}{s}$  | 195,56 $\frac{kg}{s}$ |

**Tabela 2. Wyniki pomiarów do obliczenia strat oraz sprawności cieplnej kotła metodą pośrednią**

| Lp. | Parametr pomiarowy                        | Oznaczenie | Jednostka miary   | Numer pomiaru |        |        |
|-----|-------------------------------------------|------------|-------------------|---------------|--------|--------|
|     |                                           |            |                   | 1             | 2      | 3      |
| 1   | Temperatura otoczenia                     | $t_{ot}$   | °C                | 19            | 20     | 21     |
| 2   | Temperatura pary świeżej                  | $t_p$      | °C                | 519,9         | 521,7  | 508,4  |
| 3   | Ciśnienie pary świeżej                    | $p_p$      | MPa               | 12,99         | 12,93  | 12,94  |
| 4   | Strumień spalonego paliwa                 | B          | kg/s              | 26,7          | 21,8   | 18,3   |
| 5   | Zawartość popiołu w paliwie               | $A^r$      | %                 | 23,3          | 24,5   | 22,6   |
| 6   | Wartość opałowa paliwa                    | $Q_w^r$    | kJ/kg             | 19 506        | 19 471 | 17 943 |
| 7   | Zawartość części palnych w żużlu          | $C_z$      | %                 | 1,05          | 2,07   | 1,23   |
| 8   | Zawartość części palnych w popiele lotnym | $C_p$      | %                 | 3,25          | 5,45   | 4,60   |
| 9   | Temperatura spalin wylotowych             | $t_{sp}$   | °C                | 154,4         | 165,6  | 157,9  |
| 10  | Zawartość $CO_2$ w spalinach              | $CO_2$     | %                 | 14,5          | 13,7   | 13,3   |
| 11  | Zawartość $CO$ w spalinach                | $CO$       | %                 | 0,0009        | 0,0013 | 0,0009 |
| 12  | Zawartość $NO_x$ w spalinach              | $NO_x$     | mg/m <sup>3</sup> | 359           | 313    | 354    |

## 2. Wzory do obliczeń

**Uwaga:** Do obliczeń należy użyć średnich wartości pomiarowych.

### 1. Strata wylotowa

$$S_w = \sigma \cdot \frac{(t_{sp} - t_{ot}) + 0,59 \cdot CO}{CO_2 + CO} \quad \%$$

Oznaczenia:

$\sigma$  – współczynnik Siegerta,

dla węgla kamiennego równy 0,65, dla węgla brunatnego równy 0,75

$t_{sp}$  – temperatura spalin wylotowych, °C

$t_{ot}$  – temperatura otoczenia, °C

$CO_2$  – zawartość dwutlenku węgla w spalinach za kotłem, %

$CO$  – zawartość tlenku węgla w spalinach za kotłem, %

jeśli udział  $CO < 0,3\%$  to **nie należy** uwzględniać tej wielkości we wzorze

### 2. Strata niezupełnego spalania

$$S_n = \beta \cdot \frac{CO}{CO_2 + CO} \quad \%$$

Oznaczenia:

$\beta$  – współczynnik zależny od rodzaju spalanej paliwa

(dla węgla kamiennego przyjmuje wartość 60, dla brunatnego 70)

### 3. Strata niecałkowitego spalania w żużlu

$$S_z = \frac{0,2 \cdot A^r \cdot Q_C^r}{Q_w^r} \cdot \left( \frac{C_z}{100 - C_z} \right) \quad \%$$

Oznaczenia:

$A^r$  – zawartość popiołu w paliwie, %

$Q_C^r$  – wartość opałowa pierwiastka węgla równa 33 900 kJ/kg

$Q_w^r$  – wartość opałowa paliwa, kJ/kg

$C_z$  – zawartość części palnych w żużlu, %

### 4. Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym

$$S_p = \frac{0,8 \cdot A^r \cdot Q_C^r}{Q_w^r} \cdot \left( \frac{C_p}{100 - C_p} \right) \quad \%$$

Oznaczenia:

$A^r$  – zawartość popiołu w paliwie, %

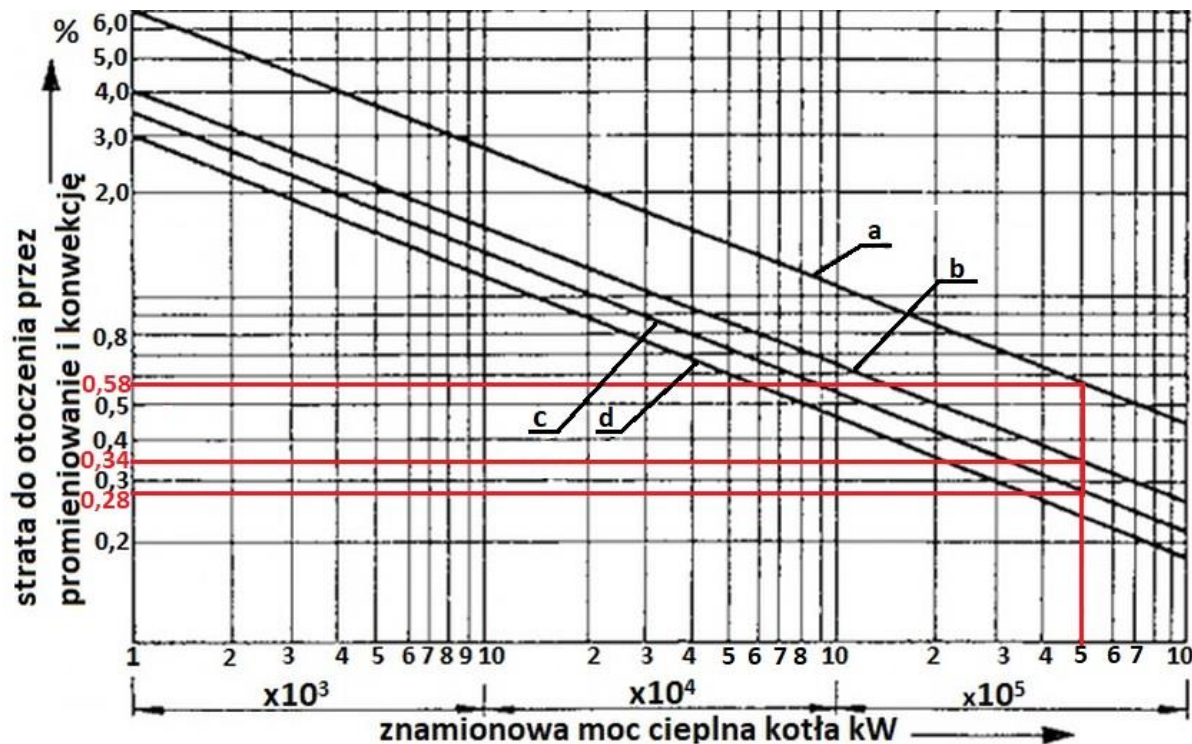
$Q_C^r$  – wartość opałowa pierwiastka węgla równa 33 900 kJ/kg

$Q_w^r$  – wartość opałowa paliwa, kJ/kg

$C_p$  – zawartość części palnych w popiele lotnym, %

## 5. Strata promieniowania

Stratę promieniowania należy odczytać z wykresu dla znamionowej mocy cieplnej kotła.



Rys. 2 Wykres zależności straty promieniowania od mocy cieplnej kotła

- a – węgiel brunatny
- b – węgiel kamienny
- c – gaz ziemny
- d – olej opałowy

## 6. Suma strat

$$\Sigma S = S_w + S_n + S_z + S_p + S_r$$

- $S_w$  – strata wylotowa, %
- $S_n$  – strata niepełnego spalania, %
- $S_z$  – strata niecałkowitego spalania w żużlu, %
- $S_p$  – strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym, %
- $S_r$  – strata promieniowania, %

## 7. Sprawność kotła

$$\eta_k = 100 - \Sigma S \%$$

**Tabela 3. Wykaz przyrządów kontrolno-pomiarowych**

|                                            |                                                                                      |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Termopara Typ K (NiCr-NiAl)                |    |
| Przetwornik ciśnienia K01                  |    |
| Analizator spalin Ultramat 23              |    |
| Pyłomierz FWE200                           |   |
| Ultradźwiękowy przepływomierz Flowisic 100 |  |
| Aspiracyjny psychometr DER                 |  |



**Tabela A. Dane techniczne badanego kotła**

| Lp. | Parametr                                    | Wartość parametru |
|-----|---------------------------------------------|-------------------|
| 1   | Rodzaj obiegu wody                          |                   |
| 2   | Znamionowa moc cieplna                      |                   |
| 3   | Temperatura pary świeżej na wyjściu z kotła |                   |
| 4   | Ciśnienie pary świeżej                      |                   |
| 5   | Temperatura wody zasilającej                |                   |
| 6   | Sprawność kotła                             |                   |
| 7   | Rodzaj paliwa                               |                   |
| 8   | Wydajność                                   |                   |

**Tabela B. Wykaz przyrządów kontrolno-pomiarowych**

| Lp.                            | Pomiar                        | Nazwa przyrządu kontrolno-pomiarowego* |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|
| 1                              | Temperatura spalin wylotowych |                                        |
| 2                              | Skład spalin                  |                                        |
| 3                              | Stężenie pyłu                 |                                        |
| 4                              | Wilgotność powietrza          |                                        |
| 5                              | Ciśnienie pary                |                                        |
| 6                              | Strumień objętości gazów      |                                        |
| *należy zapisać nazwę oraz typ |                               |                                        |



## Obliczenia średnich wartości pomiarowych

**Tabela C. Zestawienie średnich wartości pomiarowych**

| Lp. | Parametr pomiarowy                        | Oznaczenie | Jednostka miary   | Wartość średnia |
|-----|-------------------------------------------|------------|-------------------|-----------------|
| 1   | Temperatura otoczenia                     | $t_{ot}$   | °C                |                 |
| 2   | Temperatura pary świeżej                  | $t_p$      | °C                |                 |
| 3   | Ciśnienie pary świeżej                    | $p_p$      | MPa               |                 |
| 4   | Strumień spalonego paliwa                 | $B$        | kg/s              |                 |
| 5   | Zawartość popiołu w paliwie               | $A^r$      | %                 |                 |
| 6   | Wartość opałowa paliwa                    | $Q_w^r$    | kJ/kg             |                 |
| 7   | Zawartość części palnych w żużlu          | $C_z$      | %                 |                 |
| 8   | Zawartość części palnych w popiele lotnym | $C_p$      | %                 |                 |
| 9   | Temperatura spalin wylotowych             | $t_{sp}$   | °C                |                 |
| 10  | Zawartość $CO_2$ w spalinach              | $CO_2$     | %                 |                 |
| 11  | Zawartość $CO$ w spalinach                | $CO$       | %                 |                 |
| 12  | Zawartość $NO_x$ w spalinach              | $NO_x$     | mg/m <sup>3</sup> |                 |

## Obliczenia strat cieplnych kotła

### Strata wylotowa

$$S_w = \sigma \cdot \frac{(t_{sp} - t_{ot}) + 0,59 \cdot CO}{CO_2 + CO} =$$

### Strata niezupełnego spalania

$$S_n = \beta \cdot \frac{CO}{CO_2 + CO} =$$

### Strata niecałkowitego spalania w żużlu

$$S_z = \frac{0,2 \cdot A^r \cdot Q_C^r}{Q_w^r} \cdot \left( \frac{C_z}{100 - C_z} \right) =$$

### Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym

$$S_p = \frac{0,8 \cdot A^r \cdot Q_C^r}{Q_w^r} \cdot \left( \frac{C_p}{100 - C_p} \right) =$$

### Strata promieniowania

$$S_r =$$

**Tabela D. Zestawienie wyników obliczeń strat ciepłych kotła**

|    |                                                 |       |   |  |
|----|-------------------------------------------------|-------|---|--|
| 1. | Strata wylotowa                                 | $S_w$ | % |  |
| 2. | Strata niezupełnego spalania                    | $S_n$ | % |  |
| 3. | Strata niecałkowitego spalania w żużlu          | $S_z$ | % |  |
| 4. | Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym | $S_p$ | % |  |
| 5. | Strata promieniowania                           | $S_r$ | % |  |

Suma strat

$$\Sigma S = S_w + S_n + S_z + S_p + S_r =$$

Sprawność kotła

$$\eta_k = 100 - \Sigma S =$$

**Tabela E. Zestawienie wyników obliczeń sumy strat ciepłych oraz sprawności kotła**

|    |                     |   |  |
|----|---------------------|---|--|
| 1. | Suma strat ciepłych | % |  |
| 2. | Sprawność kotła     | % |  |

**Tabela F. Porównanie wyników pomiarów i sprawności kotła z parametrami gwarantowanymi**

| Lp.                                                                                                                                               | Wielkość                                                    | Jednostka miary   | Wartość gwarantowana | Średnia wartość pomiarów lub obliczeniowa | Wniosek* |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------------------------|----------|
| 1                                                                                                                                                 | Temperatura pary świeżej                                    | °C                | 540                  |                                           |          |
| 2                                                                                                                                                 | Temperatura spalin wylotowych                               | °C                | Max. 150             |                                           |          |
| 3                                                                                                                                                 | Zawartość NO <sub>x</sub> w spalinach                       | mg/m <sup>3</sup> | Max. 400             |                                           |          |
| 4                                                                                                                                                 | Sprawność kotła                                             | %                 | 92                   |                                           |          |
| 5                                                                                                                                                 | Suma strat niecałkowitego spalania w żużlu i popiele lotnym | %                 | Max. 1,5             |                                           |          |
| * Należy zapisać <b><u>tak</u></b> w przypadku dotrzymania parametrów<br>* Należy zapisać <b><u>nie</u></b> w przypadku niedotrzymania parametrów |                                                             |                   |                      |                                           |          |

**Miejsce na notatki i obliczenie niepodlegające ocenie**

[www.EgzaminZawodowy.info](https://www.EgzaminZawodowy.info)