

OCHRONA POWIETRZA

„Policzenie aktualnej emisji pyłu, dwutlenku siarki SO₂, tlenku węgla CO i tlenku azotu NO przeliczanego na dwutlenku azotu NO₂”

Opracował:
Damian Wolański

Wzory wykorzystywane w projekcie

$$E_i = C_i \cdot V_{sp} \cdot B \cdot n$$

gdzie:

E_i – emisja zanieczyszczenia [kg/h]

V_{sp} – objętość spalin suchych [Nm³/kg paliwa]

C_i – stężenie i-tego zanieczyszczenia [kg/Nm³ spalin suchych]

B – godzinowe zużycie paliwa [kg/h]

n – liczba kotłów

$$B = \frac{W}{\eta \cdot Q}$$

gdzie:

W – wydajność cieplna kotła [kJ/h]

η – sprawność kotła [%]

Q – wartość opałowa paliwa [kJ/kg]

$$W = D \cdot (h_p - h_w)$$

gdzie:

D – wydajność kotła [ton pary/h]

h_p – entalpia pary [kJ/kg]

h_w – entalpia wody [kJ/kg]

$${}^wV_{sp} = V_{sp} (1 - X_w)$$

gdzie:

${}^wV_{sp}$ – objętość spalin wilgotnych [Nm³/kg paliwa]

X_w – zawartość wilgoci w spalinach [%]

$${}^wV_{sp} = V_{sp,w} + (\lambda - 1) + \lambda \cdot V_{pow,t} \cdot 1,602 \cdot y_w$$

gdzie:

$V_{sp,w}$ – jednostkowa objętość spalin [Nm³/kg paliwa]

λ – współczynnik nadmiaru powietrza [-]

y_w – zawartość wilgoci w powietrzu [kg/kg powietrza suchego]

$V_{pow,t}$ – teoretyczna objętość powietrza do procesu spalania [Nm³/kg paliwa]

$$V_{sp,w} = \frac{0,212}{1000(Q + 1,65)}$$

$$V_{pow,t} = \frac{0,241}{1000(Q + 0,5)}$$

$$C_{pyłu} = \frac{a \cdot u}{V_{sp}}$$

gdzie:

$C_{pyłu}$ – stężenie pyłu [kg/Nm³ spalin suchych]

a – zawartość popiołu [%]

u – unos popiołu z paleniska [%]

$$C_{SO_2} = \frac{2 \cdot s}{V_{sp}}$$

gdzie:

C_{SO_2} – stężenie dwutlenku siarki [kg/Nm³ spalin suchych]

s – zawartość siarki [%]

$$C_{NO_2} = c_{NO_2} \cdot \frac{M_{NO_2}}{V_m} \cdot 10^{-6}$$

gdzie:

C_{NO_2} – stężenie dwutlenku azotu [kg/Nm³ spalin suchych]

c_{NO_2} – stężenie dwutlenku azotu [ppm]

M_{NO_2} – masa molowa NO₂ [kg/kmol] – 46,01

V_m – objętość molowa [Nm³/kmol] – 22,41

$$C_{CO} = c_{CO} \cdot \frac{M_{CO}}{V_m} \cdot 10^{-6}$$

gdzie:

C_{CO} – stężenie tlenku węgla [kg/Nm³ spalin suchych]

c_{CO} – stężenie tlenku węgla [ppm]

M_{CO} – masa molowa CO [kg/kmol] – 28,01

V_m – objętość molowa [Nm³/kmol] – 22,41

$$C_{i6\%} = C_i \cdot \frac{0,21 - x_2}{0,21 - x_1}$$

gdzie:

$C_{i6\%}$ - stężenie i-tego zanieczyszczenia przy 6% zawartości O₂ [mg/Nm³]

x_1 – zawartość tlenu w gazach odlotowych [%]

x₂ – standardowa zawartość tlenu w gazach odlotowych [%]

$$x_2 = 6\%$$

$$x_1 = \frac{0,21 \cdot (\lambda - 1) \cdot V_{\text{pow,t}}}{X_{\text{ww}} V_{\text{sp,t}} (1 -) \cdot 100\%}$$

$$M = \frac{W}{3600}$$

gdzie:

M – moc cieplna źródła [MW]

$$\eta_i = \frac{C_{i6\%} - D_i}{C_{i6\%}} \cdot 100\%$$

Tabela 1. Dopuszczalne stężenia gazów i pyłów wprowadzanych do powietrza

Substancje zanieczyszczające	Dopuszczalne stężenia [mg/Nm ³]
pył	350
SO ₂	850
NO ₂	460
CO	350

Tabela 2. Jednostkowe stawki opłat za gazy lub pyły wprowadzane do powietrza

Substancji zanieczyszczające	Wysokość opłat i kar [zł/kg]
pył	0,25
SO ₂	0,38
NO ₂	0,38
CO	0,1

DANE :

PARAMETR		ĆWICZENIE NR 1	ĆWICZENIE NR 2
LICZBA KOTŁÓW		5	3
WYDAJNOŚĆ KOTŁA		110 t pary/h	82 t pary/h
SPRAWNOŚĆ KOTŁA		82%	78%
UNOS POPIOŁU Z PALENISKA		80%	70%
WSPÓŁCZYNNIK NADMIARU POWIETRZA		1,23	1,23
PARAMETRY PARY ŚWIEŻEJ	CIŚNIENIE	13,5 MPa	13MPa
	TEMPERATURA	540°C	540°C
	TEMPERATURA WODY ŚWIEŻEJ	200°C	200°C
WARTOŚĆ OPAŁOWA WĘGLA		22000 kJ/kg	15000 kJ/kg
ZAWARTOŚĆ SIARKI		0,9%	15%
ZAWARTOŚĆ POPIOŁU		15%	10%
ZAWARTOŚĆ WILGOCI W SPALINACH		10%	7%
ZAWARTOŚĆ WILGOCI W POWIETRZU		10%	7%
ENTALPIA PARY PERWONIE OGRZEWANEJ		3350 kJ/kg	3350 kJ/kg
ENTALPIA WODY ZASILAJĄCEJ		852,45 kJ/kg	852,45 kJ/kg
STĘŻENIE TLENKÓW AZOTU W SPALINACH W PRZELICZENIU NA NO ₂		240 ppm	190 ppm
STĘŻENIE CO W SPALINACH		140 ppm	150 ppm
CHARAKTERYSTYKA PRACY KOTŁÓW W CIĄGU ROKU			
10 DNI – maksymalne obciążenie 5 kotłów		60 DNI – pracuje 3 kotły z obciążeniem 80%	
70 DNI – pracują 5 kotły z obciążeniem 80%		60 DNI – pracują 3 kotły z obciążeniem 90%	
100 DNI – pracują 4 kotły z obciążeniem 80%		60 DNI – pracują 3 kotły z obciążeniem 70%	

Obliczenie ćwiczenie numer 1

1. Obliczenie stężeń zanieczyszczeń w spalinach wprowadzanych od powietrza

Obliczenie wydajności kotła W

$$W = 110000 \text{ kg h}^{-1} \cdot (3350 \text{ kJ kg}^{-1} - 852,45 \text{ kJ kg}^{-1})$$

$$W = 274730500 \text{ kJ h}^{-1}$$

Obliczenie godzinowego zużycia paliwa

$$B = \frac{274730500 \text{ kJ h}^{-1}}{0,82 \cdot 22000 \text{ kJ kg}^{-1}}$$

$$B = 15228,96 \text{ kg h}^{-1}$$

Obliczenie jednostkowej objętości spalin

$$V_{\text{sp,w}} = \frac{0,212}{\frac{22000 \text{ kJ kg}^{-1}}{1000} + 1,65}$$

$$V_{\text{sp,w}} = 6,314 \text{ Nm}^3 / \text{kg paliwa}$$

Obliczenie teoretyczna objętość powietrza do procesu spalania

$$V_{\text{pow,t}} = \frac{0,241}{\frac{22000 \text{ kJ kg}^{-1}}{1000} + 0,5}$$

$$V_{\text{pow,t}} = 5,802 \text{ Nm}^3 / \text{kg paliwa}$$

Obliczenie objętości spalin wilgotnych

$${}_wV_{\text{sp}} = 6,314 \text{ Nm}^3 / \text{kg} + (1,23 - 1) + 1,23 \cdot 5,802 \text{ Nm}^3 / \text{kg} + 1,602 \cdot 0,1$$

$${}_wV_{\text{sp}} = 7,68 \text{ Nm}^3 / \text{kg paliwa}$$

Obliczenie objętości spalin suchych

$$V_{\text{sp}} = 7,68 \text{ Nm}^3 / \text{kg} \cdot (1 - 0,1)$$

$$V_{\text{sp}} = 6,912 \text{ Nm}^3 / \text{kg paliwa}$$

Obliczenie stężenia pyłu

$$C_{\text{pyłu}} = \frac{0,15 \cdot 0,8}{6,912}$$

$$C_{\text{pyłu}} = 0,01736 \text{ kg} / \text{Nm}^3 = 17000 \text{ mg} / \text{Nm}^3$$

Obliczenie stężenia dwutlenku siarki

$$C_{\text{SO}_2} = \frac{2 \cdot 0,009}{6,912}$$

$$C_{\text{SO}_2} = 2,60 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{Nm}^3 = 2600 \text{ mg} / \text{Nm}^3$$

Obliczenie stężenia dwutlenku azotu

$$C_{\text{NO}_2} = 240 \cdot \frac{46,01 \text{ kg kmol}}{322,41 \text{ Nm kmol} \cdot 10^{-6}}$$

$$C_{\text{NO}_2} = 0,496 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{Nm}^3 = 496 \text{ mg} / \text{Nm}^3$$

Obliczenie stężenia tlenku węgla

$$C_{\text{CO}} = 140 \cdot \frac{28,01 \text{ kg kmol}}{322,41 \text{ Nm kmol} \cdot 10^{-6}}$$

$$C_{\text{CO}} = 0,174 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{Nm}^3 = 174 \text{ mg} / \text{Nm}^3$$

Emisja zanieczyszczenia pyłem

$$E_{\text{pyły}} = 0,0173 \text{ kg} / \text{Nm}^3 \cdot 6,912 \text{ Nm}^3 \text{ kg} \cdot 15228,96 \text{ kg h} / 5$$

$$E_{\text{pyły}} = 9105,21 \text{ kg} / \text{h}$$

Emisja zanieczyszczenia dwutlenkiem siarki

$$E_{\text{SO}_2} = 2,60 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{Nm}^3 \cdot 6,912 \text{ Nm}^3 \text{ kg} \cdot 15228,96 \text{ kg h} / 5$$

$$E_{\text{SO}_2} = 1368,41 \text{ kg} / \text{h}$$

Emisja zanieczyszczenia tlenkiem węgla

$$E_{CO} = 0,174 \cdot 10^{-3} \text{ kg Nm}^{-3} \cdot 6,912 \text{ Nm}^{-3} \text{ kg} / 15228,96 \text{ kg h} \cdot 5 /$$

$$E_{CO} = 91,58 \text{ kg / h}$$

Emisja zanieczyszczenia dwutlenkiem azotu

$$E_{NO_2} = 0,493 \cdot 10^{-3} \text{ kg Nm}^{-3} \cdot 6,912 \text{ Nm}^{-3} \text{ kg} / 15228,96 \text{ kg h} \cdot 5 /$$

$$E_{NO_2} = 259,47 \text{ kg / h}$$

Zbiorcze zestawienie wyliczonej emisji:

$$E_{pylu} = 9105,21 \text{ kg / h}$$

$$E_{SO_2} = 1368,41 \text{ kg / h}$$

$$E_{CO} = 91,58 \text{ kg / h}$$

$$E_{NO_2} = 259,47 \text{ kg / h}$$

Obliczanie mocy cieplnej źródła

$$M = \frac{274730500}{3600 \cdot 10^3}$$

$$M = 76,314$$

Obliczanie zawartości tlenu w gazach odlotowych

$$x_1 = \frac{0,21 \cdot (1,23 - 1) \cdot 5,802 \text{ Nm}^{-3} \text{ kg} /}{100\% \cdot \frac{0,137,68 \text{ Nm}^{-3} \text{ kg} / (1 -)}{100}}$$

$$x_1 = 4\%$$

2. Obliczanie stężeń substancji w gazach odlotowych przy standardowej zawartości tlenu
w gazach

$${}^6\%C_{\text{pyłu}} = 17000 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,06}{0,21 - 0,04} = 15000 \text{ mg Nm}^{-3} /$$

$${}^6\%C_{\text{SO}_2} = 2600 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,06}{0,21 - 0,04} = 2294,117 \text{ mg Nm}^{-3} /$$

$${}^6\%C_{\text{NO}_2} = 496 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,06}{0,21 - 0,04} = 437,64 \text{ mg Nm}^{-3} /$$

$${}^6\%C_{\text{CO}} = 174 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,06}{0,21 - 0,04} = 153,53 \text{ mg Nm}^{-3} /$$

Tabela 3. Porównanie wyliczonych stężeń emitowanych zanieczyszczeń ze stężeniami dopuszczanymi. Pogrubione liczby oznaczają przekroczenie normy.

	emitowane zanieczyszczenia przy standardowej zawartości tlenu [mg/Nm ³]	dopuszczalna emisja zanieczyszczeń [mg/Nm ³]
C _{pyłu}	15000	350
C _{SO₂}	2294,117	850
C _{NO₂}	437,64	460
C _{CO}	153,53	200

3. Określenie stopnia redukcji emisji zanieczyszczenia w przypadku przekroczenia dopuszczalnych emisji

$$\eta_{\text{pyłu}} = \frac{15000 \text{ mg Nm}^{-3} - 350 \text{ mg Nm}^{-3}}{15000 \text{ mg Nm}^{-3}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{\text{pyłu}} = 97\%$$

$$\eta_{\text{SO}_2} = \frac{2294,117 \text{ mg Nm}^{-3} - 850 \text{ mg Nm}^{-3}}{2294,117 \text{ mg Nm}^{-3}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{\text{SO}_2} = 61\%$$

4. Wyznaczenie rocznej wartości opłat za wprowadzanie zanieczyszczeń do powietrza oraz kar w wysokości 10-krotnej wysokości jednostkowej stawki opłat za wprowadzenie zanieczyszczeń do powietrza.

Opłata za wprowadzanie pyłu do powietrza

$$D_{\text{pylu}} = 350 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$$E_{\text{pylu}} = 350 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,04}{0,21 - 0,06} \cdot 6,912 \text{ Nm}^{-3} \text{ kg} \cdot 15228,96 \text{ kg h} \cdot 5 /$$

$$E_{\text{pylu}} = 208156735,2 \text{ mg h} \neq 208,17 \text{ kg h} /$$

$$O_{\text{pyl}} = 0,25 \text{ zł kg} \cdot 208,17 \text{ kg h} / [10 \cdot 24\text{h} \cdot 5 + 70 \cdot 24\text{h} \cdot 5 \cdot 0,80 + 100 \cdot 24\text{h} \cdot 4 \cdot 0,8]$$

$$O_{\text{pyl}} = 811863\text{zł}$$

Kara za wprowadzanie pyłu do powietrza

$$D_{\text{pylu}} = 350 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$$6\%C_{\text{pylu}} = 15000 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$$E_{\text{pylu}} = (15000 \text{ mg Nm}^{-3} - 350 \text{ mg Nm}^{-3}) \cdot \frac{0,21 - 0,04}{0,21 - 0,06} \cdot 6,912 \text{ Nm}^{-3} \text{ kg} \cdot 15228,96 \text{ kg h} \cdot 5 /$$

$$E_{\text{pylu}} = 8712846201 \text{ mg h} \neq 8712,85 \text{ kg h} /$$

$$O_{\text{pyl}} = 10 \cdot 0,25 \text{ zł kg} \cdot 8712,82 \text{ kg h} / [10 \cdot 24\text{h} \cdot 5 + 70 \cdot 24\text{h} \cdot 5 \cdot 0,80 + 100 \cdot 24\text{h} \cdot 4 \cdot 0,8]$$

$$O_{\text{pyl}} = 366985242 \text{ zł}$$

Opłata za wprowadzanie dwutlenku siarki do powietrza

$$D_{\text{SO}_2} = 850 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$$E_{\text{SO}_2} = 850 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,04}{0,21 - 0,06} \cdot 6,912 \text{ Nm}^{-3} \text{ kg} \cdot 15228,96 \text{ kg h} \cdot 5 /$$

$$E_{\text{SO}_2} = 505523499,7 \text{ mg h} \neq 505,52 \text{ kg h} /$$

$$O_{SO_2} = 0,38 \text{ zł/kg} \cdot 505,52 \text{ kg h} \cdot [10 \cdot 24h \cdot 5 + 70 \cdot 24h \cdot 5 \cdot 0,80 + 100 \cdot 24h \cdot 4 \cdot 0,8]$$

$$O_{SO_2} = 2996722,56 \text{ zł}$$

Kara za wprowadzanie dwutlenku siarki do powietrza

$$D_{SO_2} = 850 \text{ mg N/m}^3$$

$${}^6\%C_{SO_2} = 2294,12 \text{ mg/Nm}^3$$

$$E_{SO_2} = 2294,12 \text{ mg N/m}^3 - 850 \text{ mg N/m}^3 \cdot \frac{0,21 - 0,04}{0,21 - 0,06} = 6,912 \text{ Nm}^3 \text{ kg} \cdot 15228,96 \text{ kg h} \cdot 5$$

$$E_{SO_2} = 858866584 \text{ mg h} = 858,87 \text{ kg h}$$

$$O_{SO_2} = 10 \cdot 0,38 \text{ zł/kg} \cdot 858,87 \text{ kg h} \cdot [10 \cdot 24h \cdot 5 + 70 \cdot 24h \cdot 5 \cdot 0,80 + 100 \cdot 24h \cdot 4 \cdot 0,8]$$

$$O_{SO_2} = 50913813,60 \text{ zł}$$

Opłata za wprowadzanie dwutlenku azotu do powietrza

$$E_{NO_2} = 259,47 \text{ kg h}$$

$$O_{NO_2} = 0,38 \text{ zł/kg} \cdot 259,47 \text{ kg h} \cdot [10 \cdot 24h \cdot 5 + 70 \cdot 24h \cdot 5 \cdot 0,80 + 100 \cdot 24h \cdot 4 \cdot 0,8]$$

$$O_{NO_2} = 1538138,16 \text{ zł}$$

Opłata za wprowadzanie tlenku węgla do powietrza

$$E_{CO} = 91,58 \text{ kg h}$$

$$O_{CO} = 0,1 \text{ zł/kg} \cdot 91,58 \text{ kg h} \cdot [10 \cdot 24h \cdot 5 + 70 \cdot 24h \cdot 5 \cdot 0,80 + 100 \cdot 24h \cdot 4 \cdot 0,8]$$

$$O_{CO} = 142864,8$$

substancja zanieczyszczająca	opłata [zł]	kara [zł]	suma
pył	811 863	366 985 242	367 797 105
SO ₂	2996722,56	50 913 813,60	53 910 536,60
NO ₂	1 538 138,16	-----	1 538 138,16
CO	142 864,8	-----	142 864,8
			55 591 539,12

Obliczenie ćwiczenie numer 2

1. Obliczenie stężeń zanieczyszczeń w spalinach wprowadzanych od powietrza

Obliczenie wydajności kotła W

$$W = 82000 \text{ kg h}^{-1} \cdot (3350 \text{ kJ kg}^{-1} - 852,45 \text{ kJ kg}^{-1})$$

$$W = 204799100 \text{ kJ h}^{-1}$$

Obliczenie godzinowego zużycia paliwa

$$B = \frac{204799100 \text{ kJ h}^{-1}}{0,78 \cdot 15000 \text{ kJ kg}^{-1}}$$

$$B = 17504,20 \text{ kg h}^{-1}$$

Obliczenie jednostkowej objętości spalin

$$V_{sp,w} = \frac{0,212}{\frac{15000 \text{ kJ kg}^{-1}}{1000} + 1,65}$$

$$V_{sp,w} = 4,4,83 \text{ Nm}^3 / \text{kg paliwa}$$

Obliczenie teoretyczna objętość powietrza do procesu spalania

$$V_{pow,t} = \frac{0,241}{\frac{15000 \text{ kJ kg}^{-1}}{1000} + 0,5}$$

$$V_{pow,t} = 4,115 \text{ Nm}^3 / \text{kg paliwa}$$

Obliczenie objętości spalin wilgotnych

$$wV_{sp} = 4,83 \text{ Nm}^3 / \text{kg} + (1,23 - 1) + 1,23 \cdot 4,115 \text{ Nm}^3 / \text{kg} \cdot 1,602 \cdot 0,07$$

$$wV_{sp} = 5,41 \text{ Nm}^3 / \text{kg paliwa}$$

Obliczenie objętości spalin suchych

$$V_{sp} = 5,41 \text{ Nm}^3 / \text{kg} \cdot (1 - 0,07)$$

$$V_{sp} = 5,03 \text{ Nm}^3 / \text{kg paliwa}$$

Obliczenie stężenia pyłu

$$C_{\text{pyłu}} = \frac{0,10 \cdot 0,70}{5,03}$$

$$C_{\text{pyłu}} = 0,013916 \text{ kg} / \text{Nm}^3 = 13916 \text{ mg} / \text{Nm}^3$$

Obliczenie stężenia dwutlenku siarki

$$C_{\text{SO}_2} = \frac{2 \cdot 0,15}{5,03}$$

$$C_{\text{SO}_2} = 0,0596 \text{ kg} / \text{Nm}^3 = 59600 \text{ mg} / \text{Nm}^3$$

Obliczenie stężenia dwutlenku azotu

$$C_{\text{NO}_2} = 150 \cdot \frac{46,01 \text{ kg kmol}}{32,41 \text{ Nm kmol} \cdot 10^{-6}}$$

$$C_{\text{NO}_2} = 0,28788 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{Nm}^3 = 287,88 \text{ mg} / \text{Nm}^3$$

Obliczenie stężenia tlenku węgla

$$C_{\text{CO}} = 190 \cdot \frac{28,01 \text{ kg kmol}}{32,41 \text{ Nm kmol} \cdot 10^{-6}}$$

$$C_{\text{CO}} = 0,237 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{Nm}^3 = 237 \text{ mg} / \text{Nm}^3$$

Emisja zanieczyszczenia pyłem

$$E_{\text{pyły}} = 0,013916 \text{ kg Nm}^3 \cdot 5,03 \text{ Nm}^3 \text{ kg} \cdot 17504,20 \text{ kg h} \cdot \beta$$

$$E_{\text{pyły}} = 3675,75 \text{ kg} / \text{h}$$

Emisja zanieczyszczenia dwutlenkiem siarki

$$E_{\text{SO}_2} = 0,0596 \text{ kg Nm}^3 \cdot 5,03 \text{ Nm}^3 \text{ kg} \cdot 17504,20 \text{ kg h} \cdot \beta$$

$$E_{\text{SO}_2} = 15742,65 \text{ kg} / \text{h}$$

Emisja zanieczyszczenia tlenkiem węgla

$$E_{CO} = 0,237 \cdot 10^{-3} \text{ kg Nm}^3 \cdot 5,03 \text{ Nm}^3 \text{ kg} \cdot 17504,20 \text{ kg h} \cdot 3 /$$

$$E_{CO} = 62,60 \text{ kg / h}$$

Emisja zanieczyszczenia dwutlenkiem azotu

$$E_{NO_2} = 0,287 \cdot 10^{-3} \text{ kg Nm}^3 \cdot 5,03 \text{ Nm}^3 \text{ kg} \cdot 17504,20 \text{ kg h} \cdot 3 /$$

$$E_{NO_2} = 75,81 \text{ kg / h}$$

Zbiorcze zestawienie wyliczonej emisji:

$$E_{\text{pyłu}} = 3675,75 \text{ kg / h}$$

$$E_{SO_2} = 15742,65 \text{ kg / h}$$

$$E_{CO} = 62,60 \text{ kg / h}$$

$$E_{NO_2} = 75,81 \text{ kg / h}$$

Obliczanie mocy cieplnej źródła

$$M = \frac{204799100}{3600 \cdot 10^3}$$

$$M = 56,89$$

Obliczanie zawartości tlenu w gazach odlotowych

$$x_1 = \frac{0,21 \cdot (1,23 - 1) \cdot 4,115 \text{ Nm}^3 \text{ kg}}{100} = \frac{0,135,41 \text{ Nm}^3 \text{ kg} \cdot (1 -)}{100}$$

$$x_1 = 4\%$$

2. Obliczanie stężeń substancji w gazach odlotowych przy standardowej zawartości tlenu
w gazach

$${}^6\%C_{\text{pyłu}} = 13916 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,06}{0,21 - 0,04} = 12246,08 \text{ mg Nm}^{-3} /$$

$${}^6\%C_{\text{SO}_2} = 59600 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,06}{0,21 - 0,04} = 52448 \text{ mg Nm}^{-3} /$$

$${}^6\%C_{\text{NO}_2} = 287,88 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,06}{0,21 - 0,04} = 253,33 \text{ mg Nm}^{-3} /$$

$${}^6\%C_{\text{CO}} = 237 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,06}{0,21 - 0,04} = 208,56 \text{ mg Nm}^{-3} /$$

Tabela 4. Porównanie wyliczonych stężeń emitowanych zanieczyszczeń ze stężeniami dopuszczanymi. Pogrubione liczby oznaczają przekroczenie normy.

	emitowane zanieczyszczenia przy standardowej zawartości tlenu [mg/Nm ³]	dopuszczalna emisja zanieczyszczeń [mg/Nm ³]
C _{pyłu}	12246,09	350
C _{SO₂}	52448	850
C _{NO₂}	253,33	460
C _{CO}	203,56	200

3. Określenie stopnia redukcji emisji zanieczyszczenia w przypadku przekroczenia dopuszczalnych emisji

$$\eta_{\text{pyłu}} = 100\% \cdot \frac{12246,08 \text{ mg Nm}^{-3} - 350 \text{ mg Nm}^{-3}}{12246,08 \text{ mg Nm}^{-3}}$$

$$\eta_{\text{pyłu}} = 97\%$$

$$\eta_{\text{SO}_2} = 100\% \cdot \frac{52448 \text{ mg Nm}^{-3} - 850 \text{ mg Nm}^{-3}}{52448 \text{ mg Nm}^{-3}}$$

$$\eta_{\text{SO}_2} = 98\%$$

$$\eta_{\text{CO}} = 100\% \cdot \frac{208,56 \text{ mg Nm}^{-3} - 200 \text{ mg Nm}^{-3}}{208,56 \text{ mg Nm}^{-3}}$$

$$\eta_{\text{CO}} = 4\%$$

4. Wyznaczenie rocznej wartości opłat za wprowadzanie zanieczyszczeń do powietrza oraz kar w wysokości 10-krotnej wysokości jednostkowej stawki opłat za wprowadzenie zanieczyszczeń do powietrza.

Opłata za wprowadzanie pyłu do powietrza

$$D_{\text{pyłu}} = 350 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$$E_{\text{pyłu}} = 350 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,04}{0,21 - 0,06} \cdot 5,03 \text{ Nm}^{-3} \text{ kg} \cdot 17504,20 \text{ kg h} \cdot 3$$

$$E_{\text{pyłu}} = 1044667228,5 \text{ mg h} = 104,47 \text{ kg h}$$

$$O_{\text{pył}} = 0,25 \text{ zł kg} \cdot 104,47 \text{ kg h} / [60 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,8 + 60 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,9 + 60 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,7]$$

$$O_{\text{pył}} = 87629,44 \text{ zł}$$

Kara za wprowadzanie pyłu do powietrza

$$D_{\text{pyłu}} = 350 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$${}^6C_{\text{pyłu}} = 12246,08 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$$E_{\text{pyłu}} = (12246,08 \text{ mg Nm}^{-3} - 350 \text{ mg Nm}^{-3}) \cdot \frac{0,21 - 0,04}{0,21 - 0,06} \cdot 5,03 \text{ Nm}^{-3} \text{ kg} \cdot 17504,20 \text{ kg h} \cdot 3$$

$$E_{\text{pyłu}} = 3550658172 \text{ mg h} = 3550,66 \text{ kg h}$$

$$O_{\text{pył}} = 10 \cdot 0,25 \text{ zł kg} \cdot 3550 \text{ kg h} / [0 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,8 + 60 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,9 + 60 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,7]$$

$$O_{\text{pył}} = 29782936,08 \text{ zł}$$

Opłata za wprowadzanie dwutlenku siarki do powietrza

$$D_{\text{SO}_2} = 850 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$$E_{\text{SO}_2} = 850 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,04}{0,21 - 0,06} \cdot 5,03 \text{ Nm}^{-3} \text{ kg} \cdot 17504,20 \text{ kg h} \cdot 3$$

$$E_{\text{SO}_2} = 253704912,1 \text{ mg h} = 253,70 \text{ kg h}$$

$$O_{SO_2} = 0,38 \text{ zł/kg} \cdot 253,70 \text{ kg h} / [0 \cdot 24\text{h} \cdot 3 \cdot 0,8 + 60 \cdot 24\text{h} \cdot 3 \cdot 0,9 + 60 \cdot 24\text{h} \cdot 3 \cdot 0,7]$$

$$O_{SO_2} = 323461,41 \text{ zł}$$

Kara za wprowadzanie dwutlenku siarki do powietrza

$$D_{SO_2} = 850 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$${}^6\%C_{SO_2} = 52448 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$$E_{SO_2} = (52448 \text{ mg Nm}^{-3} - 850 \text{ mg Nm}^{-3}) \cdot \frac{0,21 - 0,04}{0,21 - 0,06} \cdot 5,03 \text{ Nm}^3/\text{kg} \cdot 17504,20 \text{ kg h} \cdot 3$$

$$E_{SO_2} = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ mg h} = 15400,78 \text{ kg h/}$$

$$O_{SO_2} = 10 \cdot 0,38 \text{ zł/kg} \cdot 15400,78 \text{ kg h} / [0 \cdot 24\text{h} \cdot 3 \cdot 0,8 + 60 \cdot 24\text{h} \cdot 3 \cdot 0,9 + 60 \cdot 24\text{h} \cdot 3 \cdot 0,7]$$

$$O_{SO_2} = 196356294,60 \text{ zł}$$

Opłata za wprowadzanie tlenku węgla do powietrza

$$D_{CO} = 200 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$$E_{CO} = 200 \text{ mg Nm}^{-3} \cdot \frac{0,21 - 0,04}{0,21 - 0,06} \cdot 5,03 \text{ Nm}^3/\text{kg} \cdot 17504,20 \text{ kg h} \cdot 3$$

$$E_{CO} = 59695273,4 \text{ mg h} = 59,70 \text{ kg h/}$$

$$O_{CO} = 0,1 \text{ zł/kg} \cdot 59,70 \text{ kg h} / [0 \cdot 24\text{h} \cdot 3 \cdot 0,8 + 60 \cdot 24\text{h} \cdot 3 \cdot 0,9 + 60 \cdot 24\text{h} \cdot 3 \cdot 0,7]$$

$$O_{pyl} = 20030,54 \text{ zł}$$

Kara za wprowadzanie tlenku węgla do powietrza

$$D_{CO} = 200 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$${}^6\%C_{CO} = 208,56 \text{ mg Nm}^{-3}$$

$$E_{CO} = (208,56 \text{ mg Nm}^{-3} - 200 \text{ mg Nm}^{-3}) \cdot \frac{0,21 - 0,04}{0,21 - 0,06} \cdot 5,03 \text{ Nm}^3/\text{kg} \cdot 17504,20 \text{ kg h} \cdot 3$$

$$- 0,06$$

$$E_{CO} = 2554928,51 \text{ mg h} / = 2,56 \text{ kg h} /$$

$$O_{CO} = 10 \cdot 0,1 \text{ zł kg} \cdot 2,56 \text{ kg h} \cdot [0 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,8 + 60 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,9 + 60 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,7]$$

$$O_{pył} = 8589,312 \text{ zł}$$

Opłata za wprowadzanie dwutlenku azotu do powietrza

$$E_{NO_2} = 75,81 \text{ kg h} /$$

$$O_{NO_2} = 0,38 \text{ zł kg} \cdot 75,81 \text{ kg h} / \cdot [0 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,8 + 60 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,9 + 60 \cdot 24 \text{ h} \cdot 3 \cdot 0,7]$$

$$O_{NO_2} = 96655,93 \text{ zł}$$

substancja zanieczyszczająca	opłata [zł]	kara [zł]	suma
pył	87 629,44	29 782 936,08	29 870 565,52
SO ₂	196 356 294,60	323 461,41	196 679 756
NO ₂	96 655,93	-----	96 655,93
CO	20 030,54	8 589,31	22 619,85
			226 675 597,3

Na podstawie powyższych ćwiczeń i zastosowaniu podanych wzorów ustaliliśmy opłaty za emisję poszczególnych zanieczyszczeń dla wybranej miejscowości w odniesieniu do danych zawartych w projekcie. Wyniki wykazują następująco:

$$- \text{SO}_2 - 129,15 \text{ Mg/rok } 129,15 \cdot \frac{1000 \text{ kg} \cdot 1000}{365 \cdot 24 \text{ h} \cdot 760} = 129,15 \cdot 14,74 \text{ kg / h}$$

$$- \text{CO} - 35,86 \text{ Mg/rok } 35,86 \cdot \frac{1000 \text{ kg} \cdot 1000}{365 \cdot 24 \text{ h} \cdot 760} = 35,86 \cdot 4,09 \text{ kg / h}$$

$$- \text{NO}_2 - 79,03 \text{ Mg/rok } 79,03 \cdot \frac{1000 \text{ kg} \cdot 1000}{365 \cdot 24 \text{ h} \cdot 760} = 79,03 \cdot 9,02 \text{ kg / h}$$

- CO₂ - 54524,13 Mg/rok brak danych o dopuszczalnej emisji

Bazując na danych mogliśmy obliczyć stężenia

$$E_i = C_i \cdot V_{sp} \cdot B \cdot n$$

$$V_{sp} = 5,03 \text{ Nm}^3 / \text{kg paliwa}$$

$$B = 15228,96 \text{ kg h}^{-1}$$

$$n = 5 \text{ kotłów}$$

— — nie przekroczone

— — nie przekroczone

— — nie przekroczone

Opłaty za wprowadzanie dwutlenku siarki do powietrza

$$E_{\text{SO}_2} = 14,74 \text{ kg h}^{-1}$$

$$O_{\text{NO}_2} = 0,38 \text{ zł kg}^{-1} \cdot 14,74 \text{ kg h}^{-1} \cdot [10 \cdot 24\text{h} \cdot 5 + 70 \cdot 24\text{h} \cdot 5 \cdot 0,80 + 100 \cdot 24\text{h} \cdot 4 \cdot 0,8]$$

$$O_{\text{NO}_2} = 87378,72 \text{ zł}$$

Opłata za wprowadzanie dwutlenku azotu do powietrza

$$E_{\text{NO}_2} = 4,09 \text{ kg h}^{-1}$$

$$O_{\text{NO}_2} = 0,38 \text{ zł kg}^{-1} \cdot 4,09 \text{ kg h}^{-1} \cdot [10 \cdot 24\text{h} \cdot 5 + 70 \cdot 24\text{h} \cdot 5 \cdot 0,80 + 100 \cdot 24\text{h} \cdot 4 \cdot 0,8]$$

$$O_{\text{NO}_2} = 24245,52 \text{ zł}$$

Opłata za wprowadzanie tlenku węgla do powietrza

$$E_{\text{CO}} = 9,02 \text{ kg h}^{-1}$$

$$O_{\text{CO}} = 0,1 \text{ zł kg}^{-1} \cdot 9,02 \text{ kg h}^{-1} \cdot [10 \cdot 24\text{h} \cdot 5 + 70 \cdot 24\text{h} \cdot 5 \cdot 0,80 + 100 \cdot 24\text{h} \cdot 4 \cdot 0,8]$$

$$O_{\text{CO}} = 14071,20 \text{ zł}$$