



**Centrum Szkolenia i Organizacji
Systemów Jakości**

OCHRONA POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO

ćwiczenia

KRAKÓW 2022

dr inż. Zbigniew Zuśka
rmzuska@cyfronet.krakow.pl

Wyznaczanie przybliżonej masy atmosfery ziemskiej

Założenia:

- powietrze otaczające Ziemię pozostaje w spoczynku,
- atmosfera ma kształt warstwy sferycznej o grubości znacznie mniejszej niż promień Ziemi, przyjmujemy z przybliżeniem $g=\text{const}$

-promień Ziemi

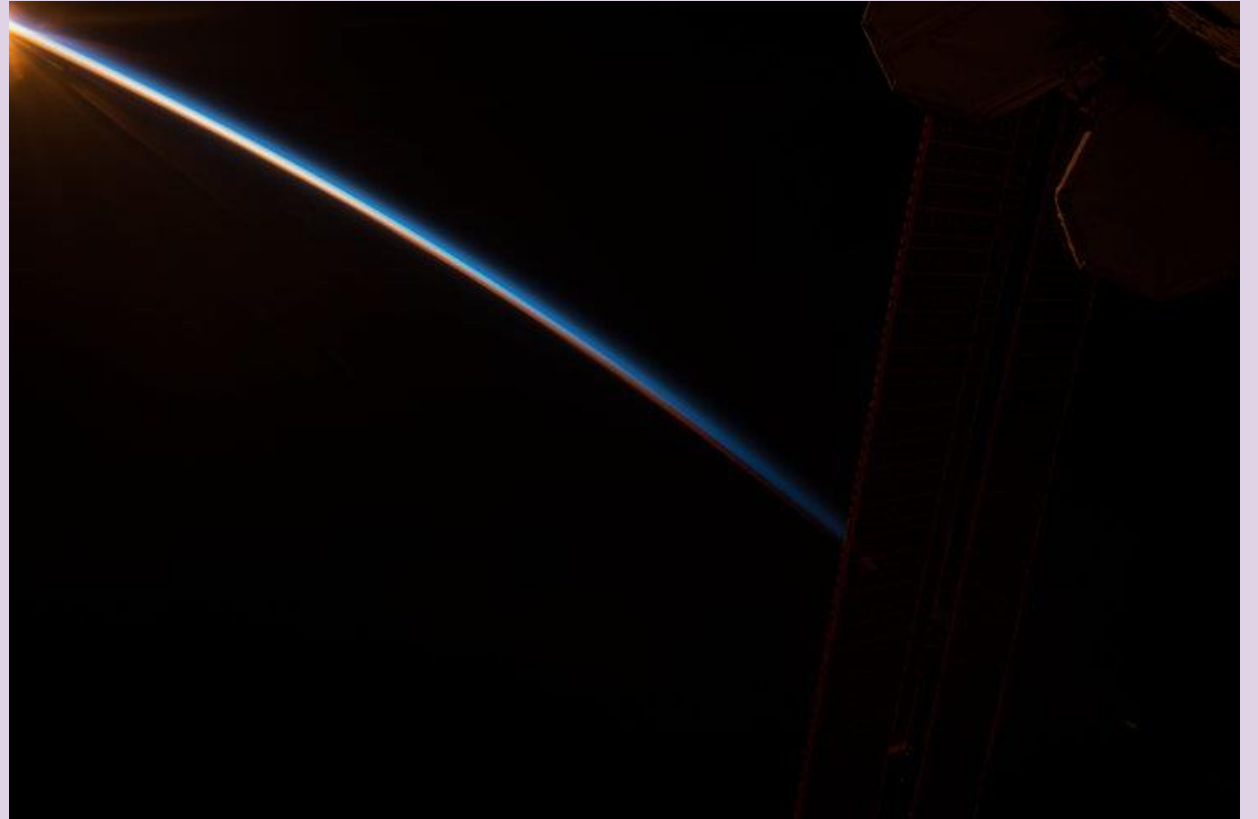
$$R_0=6370 \text{ km}$$

-przyspieszenie grawitacyjne

$$g=9,80\text{m/s}^2$$

-ciśnienie na powierzchni

$$P_a=1,01325\cdot 10^5\text{Pa}$$



Cienka warstwa powietrza atmosferycznego (zdjęcie z ISS)

$$P_a = \frac{F}{S_z}$$

F-siła nacisku powietrza
S_z-powierzchnia Ziemi

$$S_z = 4\pi R_0^2 = 4\pi(6370 \cdot 10^3 [\text{m}])^2 = 5,1 \cdot 10^{14} [\text{m}^2]$$

$$F = m_a \cdot g$$

$$m_a = \frac{F}{g} = \frac{P_a 4\pi R_0^2}{g}$$

$$m_a = \frac{1,01325 \cdot 10^5 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \cdot 5,1 \cdot 10^{14} [\text{m}^2]}{9,8 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]} = 5,27 \cdot 10^{18} [\text{kg}]$$

$$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



DZIENNIK USTAW

RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 18 września 2012 r.

Poz. 1031

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA¹⁾

z dnia 24 sierpnia 2012 r.

w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu²⁾

Na podstawie art. 86 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2008 r. Nr 25, poz. 150, z późn. zm.³⁾) zarządza się, co następuje:

§ 1. Rozporządzenie określa:

- 1) poziomy dopuszczalne dla niektórych substancji w powietrzu, zróżnicowane ze względu na ochronę zdrowia ludzi oraz ochronę roślin;
 - 2) poziomy docelowe dla niektórych substancji w powietrzu, zróżnicowane ze względu na ochronę zdrowia ludzi oraz ochronę roślin;
 - 3) poziomy celów długoterminowych dla niektórych substancji w powietrzu, zróżnicowane ze względu na ochronę zdrowia ludzi oraz ochronę roślin;
 - 4) alarmowe poziomy dla niektórych substancji w powietrzu, których nawet krótkotrwale przekroczenie może powodować zagrożenie dla zdrowia ludzi;
-

ludzi i ochronę roślin, termin ich osiągnięcia, oznaczenie numeryczne tych substancji, okresy, dla których uśrednia się wyniki pomiarów, dopuszczalne częstotliwości przekraczania tych poziomów oraz marginesy tolerancji są określone w załączniku nr 1 do rozporządzenia.

2. Poziomy docelowe dla niektórych substancji w powietrzu (arsen, benzo(a)piren, kadm, nikiel, ozon, pył zawieszony PM_{2,5}), zróżnicowane ze względu na ochronę zdrowia ludzi i ochronę roślin, termin ich osiągnięcia, oznaczenie numeryczne tych substancji, okresy, dla których uśrednia się wyniki pomiarów, oraz dopuszczalne częstotliwości przekraczania tych poziomów są określone w załączniku nr 2 do rozporządzenia.

3. Poziomy celów długoterminowych dla ozonu w powietrzu, zróżnicowane ze względu na ochronę zdrowia ludzi i ochronę roślin, termin ich osiągnięcia, oznaczenie numeryczne ozonu oraz okresy, dla których uśrednia się wyniki pomiarów, są określone w załączniku nr 3 do rozporządzenia.

4. Poziomy alarmowe dla niektórych substancji w powietrzu (dwutlenek azotu, dwutlenek siarki, ozon, pył zawieszony PM₁₀), oznaczenie numeryczne tych substancji oraz okresy, dla których uśrednia się wyniki pomiarów, są określone w załączniku nr 4 do rozporządzenia.

5. Poziomy informowania dla niektórych substancji w powietrzu (ozon, pył zawieszony PM₁₀), oznaczenie numeryczne tych substancji oraz okresy, dla których uśrednia się wyniki pomiarów, są określone w załączniku nr 5 do rozporządzenia.

§ 3. Pułap stężenia ekspozycji, okres, dla którego uśrednia się wyniki pomiarów, oraz termin osiągnięcia pułapu stężenia ekspozycji są określone w załączniku nr 6 do rozporządzenia.

§ 4. Poziomy substancji w powietrzu dla:

1) zanieczyszczeń gazowych ustala się w następujących warunkach:

- a) temperatura 293 K,
- b) ciśnienie 101,3 kPa;

2) pyłu zawieszonego oraz substancji oznaczanych w pyłe zawieszonym ustala się w warunkach rzeczywistych.

§ 5. Rozporządzenie wchodzi w życie po upływie 14 dni od dnia ogłoszenia.⁴⁾

Minister Środowiska: *M. Korolec*

Wyrazić stężenie ozonu (O₃) wynoszące 80μg/m³ w ppb (**p**arts **p**er **b**ilion, w częściach miliardowych)

1cz./10⁹cz. = 10⁻⁹ odpowiada ppb (jedna cząsteczka ozonu w miliardzie cząsteczek to 1ppb)

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska (Dz.U. 2012 r. poz 1031)
stężenia gazów ustalamy w temperaturze 293 K

Równanie Clapeyrona (stan gazu doskonałego, dla temp 273 K)

$$pV=nRT \text{ lub } \boxed{pV = RT} \quad \frac{pV}{T} = R$$

R – uniwersalna stała gazowa

$$R = 8,31446261815324 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

n – liczba moli gazu, będąca miarą liczby jego cząsteczek; $n = v/V$

v – objętość gazu V – objętość molowa

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_0 V_0}{T_0}$$

Dla przemiany izobarycznej $p_1 = p_0$, zatem:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_0}{T_0}$$

1 mol gazu w temp 273 K zajmuje objętość $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, zatem w 293 K:

1 mol gazu w temp 273 K zajmuje objętość $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, zatem w 293 K:

$$\frac{X}{293} = \frac{22,4 \cdot 10^{-3}}{273}$$

$$X = 24,04 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$



$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_0}{T_0}$$

Zakładamy, że to $80 \mu\text{g}$ ozonu jest w 1 m^3 objętości, zatem obliczenia dla ułatwienia wykonamy dla 1 m^3 objętości. Układamy proporcję w celu określenia objętości $80 \mu\text{g}$ ozonu w 1 m^3 . Masa cząsteczkowa 1 mola ozonu = $3 \times 16 = 48$

$$\frac{48 \text{gO}_3}{80 \cdot 10^{-6} \text{g}} = \frac{24,04 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{x}$$

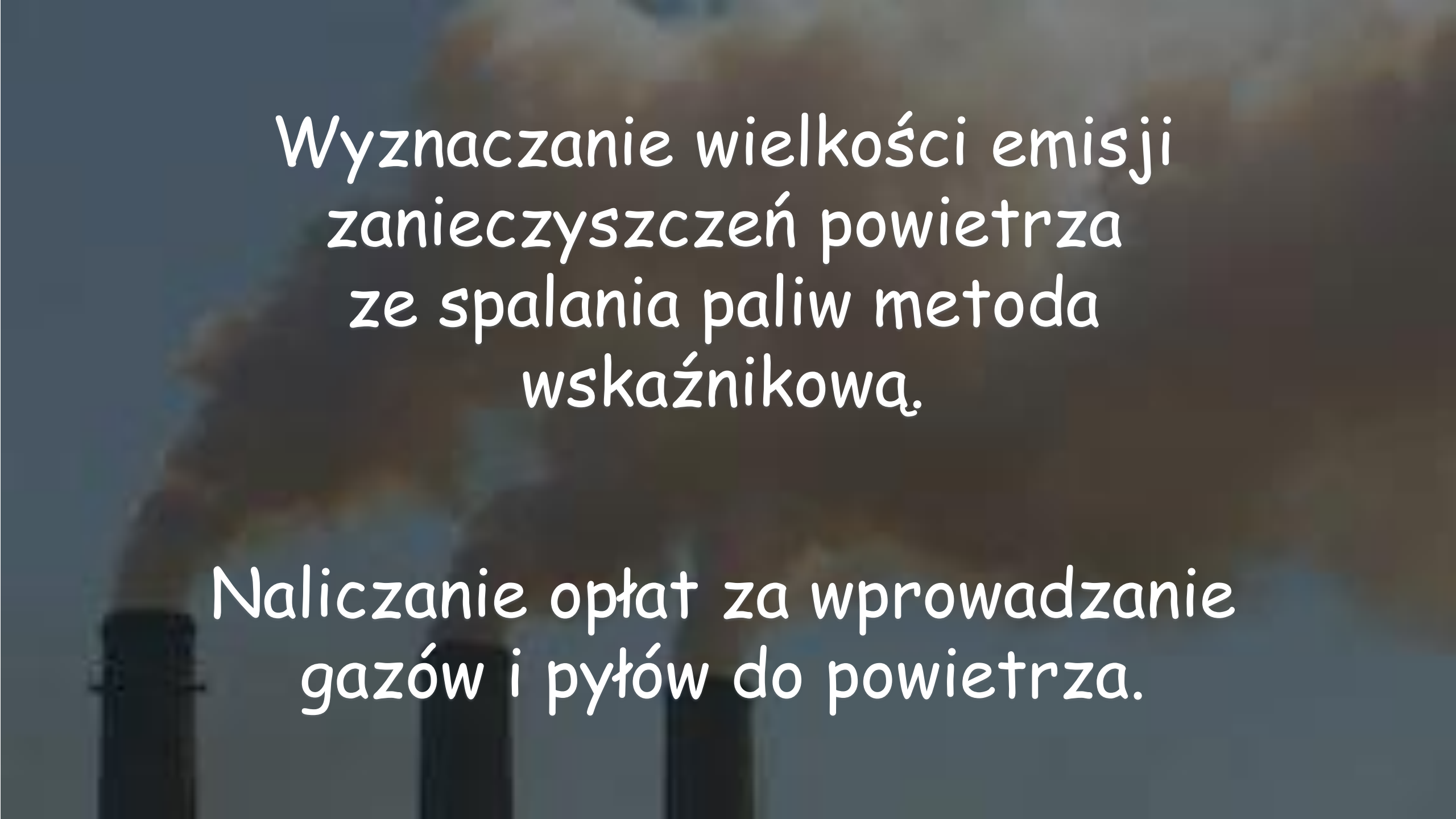
$$x = \frac{80 \cdot 10^{-6} \cdot 24,04 \cdot 10^{-3}}{48}$$

$$x = 40 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$$

Zatem w 1 m^3 naczynia z powietrzem znajduje się $40 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$ ozonu więc stężenie wynosi 40 ppb

$$S_{\text{O}_3} = \frac{40 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3}$$

$$80 \mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{O}_3} = 40 \text{ ppb}$$



Wyznaczanie wielkości emisji
zanieczyszczeń powietrza
ze spalania paliw metoda
wskaźnikowa.

Naliczanie opłat za wprowadzanie
gazów i pyłów do powietrza.

Emisję zanieczyszczeń do powietrza oblicza się

w celach:

- naliczanie opłat za korzystanie ze środowiska;
- statystycznych
- innych (kontrolne, informacyjne itp.)

Wyznaczanie emisji dokonuje się metodami:

- **wskaźnikową** (bilansowa lub bilansu surowcowo-paliwowego)
- **pomiarów bezpośrednich.**

Metoda wskaźnikowa polega na określeniu ilości spalonego paliwa w okresie rozliczeniowym oraz doborze odpowiedniego wskaźnika emisji (np. na podstawie dostępnych tabel).

Jest najprostszą i najtańszą metodą, ale obarczoną dość sporym błędem.

Stosuje się wytyczne opracowane przez Zespół Zarządzania Krajową Bazą KOBIZE pod tytułem:

Wskaźniki emisji zanieczyszczenia ze spalania paliw

– kotły o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW.



Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy.

Opłaty za wprowadzanie gazów i pyłów do powietrza są częścią systemu opłat za korzystanie ze środowiska -

- Ustawa Prawo Ochrony Środowiska, Art. 272, i następne.

Odprowadzane są przez przedsiębiorstwa do urzędów marszałkowskich (Art. 284). Następnie, zebrane środki zasilają Wojewódzkie Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (WFOŚiGW) realizujące cele statutowe wspierając działania proekologiczne na poziomie województwa.

USTAWA z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska

Art. 272. Środki finansowo-prawne ochrony środowiska stanowią

w szczególności:

- 1) opłata za korzystanie ze środowiska;
- 2) administracyjna kara pieniężna;
- 3) zróżnicowane stawki podatków i innych danin publicznych służące celom ochrony środowiska.

Art. 284. 1. Podmiot korzystający ze środowiska ustala we własnym zakresie wysokość należnej opłaty i wnosi ją na rachunek właściwego urzędu marszałkowskiego.

Art. 285. 1. Opłatę ustala się według stawek obowiązujących w okresie, w którym korzystanie ze środowiska miało miejsce.

2. Podmiot korzystający ze środowiska wnosi opłatę za dany rok kalendarzowy do dnia 31 marca następnego roku.

Stawki są ogłaszane w obwieszczeniach Ministra Środowiska w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska.

Opłatę za korzystanie ze środowiska ponosi się za:

wprowadzanie gazów lub pyłów do powietrza:

- ze spalania paliw w kotłach,
- z procesów technologicznych, np.: z malowania, lakierowania, spawania, obróbki drewna, galwanizacji, wyrobu masy bitumicznej itp,
- ze spalania paliw przez środki transportu,
- z przeładunku benzyn silnikowych,
- z chowu lub hodowli zwierząt

Do ponoszenia tych opłat zobowiązani są m.in.:

- przedsiębiorcy, czyli osoby fizyczne, osoby prawne i jednostki organizacyjne niebędące osobami prawnymi, którym odrębna ustawa przyznaje zdolność prawną - wykonujący we własnym imieniu działalność gospodarczą, w tym także wspólnicy spółki cywilnej w zakresie wykonywanej przez nich działalności gospodarczej,
- osoby prowadzące działalność wytwórczą w rolnictwie w zakresie upraw rolnych, chowu lub hodowli zwierząt, ogrodnictwa, warzywnictwa, leśnictwa i rybactwa śródlądowego,
- osoby wykonujące zawód medyczny w ramach indywidualnej praktyki lub indywidualnej specjalistycznej praktyki,
- jednostki organizacyjne niebędące przedsiębiorcami,
- osoby fizyczne niebędące podmiotami, o których mowa wyżej, korzystające ze środowiska na podstawie pozwoleń.

Od 1 stycznia 2018 r. obowiązek ponoszenia opłat za korzystanie ze środowiska wynikających z ustawy - Prawo ochrony środowiska dotyczy wprowadzania gazów i pyłów do powietrza oraz składowania odpadów, a od 1 stycznia 2019 r. także wydanych uprawnień do emisji na zasadach określonych w ustawie z dnia 12 czerwca 2015 r. o systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych.

Kto nie płaci ?

Nie wnosi się opłat za korzystanie ze środowiska, których roczna wysokość dla jednego rodzaju korzystania ze środowiska **nie przekracza 800 zł**. W przypadku gdy roczna wysokość opłaty dla jednego rodzaju korzystania ze środowiska nie przekracza **100 zł**, **także nie przedkłada się marszałkom województw wykazów o zakresie korzystania ze środowiska** (art. 289 ustawy – Prawo ochrony środowiska).



MONITOR POLSKI

DZIENNIK URZĘDOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 20 września 2017 r.

Poz. 875

**OBWIESZCZENIE
MINISTRA ŚRODOWISKA¹⁾**

z dnia 31 sierpnia 2017 r.

w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2018

Na podstawie art. 291 ust. 2 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2017 r. poz. 519, 785, 898, 1089, 1529 i 1566) ogłasza się:

- 1) górne jednostkowe stawki opłat za korzystanie ze środowiska, zawarte w załączniku nr 1 do obwieszczenia;
- 2) jednostkowe stawki opłat za korzystanie ze środowiska, zawarte w załączniku nr 2 do obwieszczenia.

Minister Środowiska: *J. Szyszko*

Tabela G**Jednostkowe stawki opłaty za gazy lub pyły wprowadzane do powietrza**

| Lp. | Rodzaje gazów lub pyłów | Jednostkowa stawka w zł/kg |
|------------|---|-----------------------------------|
| 22 | Dwutlenek siarki | 0,53 |
| 23 | Dwutlenek węgla (stawka w zł/Mg) | 0,29 |
| 53 | Pyły ze spalania paliw | 0,35 |
| 54 | Pyły pozostałe | 0,58 |
| 55 | Rtęć | 190,68 |
| 56 | Sole niemetalii | 1,28 |
| 57 | Substancje organiczne | 6,39 |
| 58 | Tlenek węgla | 0,11 |
| 59 | Tlenki azotu (w przeliczeniu na NO ₂) | 0,53 |
| 11 | Benzo/a/piren | 381,36 |



MONITOR POLSKI

DZIENNIK URZĘDOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 24 września 2019 r.

Poz. 866

**OBWIESZCZENIE
MINISTRA ŚRODOWISKA¹⁾**

z dnia 30 sierpnia 2019 r.

w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2020

Na podstawie art. 291 ust. 2 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2019 r. poz. 1396, 1403, 1495, 1501, 1527, 1579, 1680 i 1712) ogłasza się:

- 1) górne jednostkowe stawki opłat za korzystanie ze środowiska, zawarte w załączniku nr 1 do obwieszczenia;
- 2) jednostkowe stawki opłat za korzystanie ze środowiska za:

Załączniki do obwieszczenia Ministra Środowiska
z dnia 30 sierpnia 2019 r. (poz. 866)

Załącznik nr 1

GÓRNE JEDNOSTKOWE STAWKI OPŁAT ZA KORZYSTANIE ZE ŚRODOWISKA NA ROK 2020

| Lp. | Przedmiot opłaty | Górna jednostkowa stawka opłaty |
|------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Gazy lub pyły wprowadzane do powietrza | 402,75 zł/kg |
| 2 | Umieszczenie odpadów na składowisku | 295,05 zł/Mg |

I. JEDNOSTKOWE STAWKI OPŁAT ZA GAZY LUB PYŁY WPROWADZANE DO POWIETRZA NA ROK 2020

Tabela A

Jednostkowe stawki opłaty za gazy lub pyły wprowadzane do powietrza

| Lp. | Rodzaje gazów lub pyłów | Jednostkowa stawka w zł/kg |
|-----|---|----------------------------|
| 11 | Benzo(a)piren | 395,21 |
| 22 | Dwutlenek siarki | 0,55 |
| 23 | Dwutlenek węgla (stawka w zł/Mg) | 0,30 |
| 53 | Pyły ze spalania paliw | 0,37 |
| 54 | Pyły pozostałe | 0,60 |
| 58 | Tlenek węgla | 0,11 |
| 59 | Tlenki azotu (w przeliczeniu na NO ₂) | 0,55 |



MONITOR POLSKI

DZIENNIK URZĘDOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 19 października 2020 r.

Poz. 961

**OBWIESZCZENIE
MINISTRA KLIMATU¹⁾**

z dnia 9 września 2020 r.

w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2021

Na podstawie art. 291 ust. 2 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2020 r. poz. 1219, 1378 i 1565) ogłasza się:

- 1) górne jednostkowe stawki opłat za korzystanie ze środowiska, zawarte w załączniku nr 1 do obwieszczenia;
- 2) jednostkowe stawki opłat za korzystanie ze środowiska za:
 - a) gazy lub pyły wprowadzane do powietrza,
 - b) umieszczenie odpadów na składowisku– zawarte w załączniku nr 2 do obwieszczenia.

Załącznik nr 2

I. JEDNOSTKOWE STAWKI OPŁAT ZA GAZY LUB PYŁY WPROWADZANE DO POWIETRZA NA ROK 2021

Tabela A

Jednostkowe stawki opłaty za gazy lub pyły wprowadzane do powietrza

| Lp. | Rodzaje gazów lub pyłów | Jednostkowa stawka w zł/kg |
|-----|---|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 11 | Benzo/a/piren | 404,30 |
| 22 | Dwutlenek siarki | 0,56 |
| 23 | Dwutlenek węgla (stawka w zł/Mg) | 0,31 |
| 53 | Pyły ze spalania paliw | 0,38 |
| 54 | Pyły pozostałe | 0,61 |
| 58 | Tlenek węgla | 0,11 |
| 59 | Tlenki azotu (w przeliczeniu na NO ₂) | 0,56 |

Metoda wskaźnikowa wyznaczania emisji zanieczyszczeń powietrza przy energetycznym spalaniu paliw.

Ogólny wzór do obliczania emisji na podstawie wskaźnika emisji na jednostkę zużytego paliwa:

$$E = B \times W \quad (1)$$

gdzie: E – emisja substancji

B – zużycie paliwa

W – wskaźnik emisji na jedn. zużytego paliwa

W przypadku, gdy **za źródłem** emisji (kotłem) jest urządzenie do **redukcji emisji** jej wielkość określa wzór:

$$E' = E \times \frac{(100 - \eta)}{100} \quad (2)$$

gdzie: E' – emisja subst. po korekcie ze wzgl. na redukcję

E – emisja przed urządzeniem redukcyjnym wyliczona z wzoru (1)

η – sprawność urządzenia redukcyjnego, wyrażona w procentach [%]

Metoda ta pozwala obliczać emisję:

- Dwutlenku siarki SO_2
- Dwutlenku azotu NO_2
- Tlenku węgla CO
- Dwutlenku węgla CO_2
- Całkowitego pyłu zawieszonego TSP*
- Benzo(a)pirenu B(a)P

* *total suspended particulates*

Wskaźniki emisji

Tabela 3.1. Wskaźniki dla węgla kamiennego

| zanieczyszczenie | jednostka wskaźnika | ruszt stały | | | | ruszt mechaniczny |
|---|------------------------|----------------------------------|------------------------|---------------|-------------|------------------------|
| | | nominalna moc cieplna kotła [MW] | | | | |
| | | ≤ 0,5 | > 0,5 ÷ ≤ 5 | ≤ 0,5 | > 0,5 ÷ ≤ 5 | > 0,5 ÷ ≤ 5 |
| | | ciąg naturalny | | ciąg sztuczny | | |
| tlenki siarki (SO _x /SO ₂) | g/Mg | 16 000 × s | | | | |
| tlenki azotu (NO _x /NO ₂) | | 2 200 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 3 200 |
| tlenek węgla (CO) | | 45 000 | | 70 000 | 20 000 | 10 000 |
| dwutlenek węgla (CO ₂) | | 1 850 000 | 2 000 000 | 1 850 000 | 2 000 000 | 2 130 000 |
| pył zawieszony całkowity (TSP) | | 1 000 × A ^r | 1 500 × A ^r | | | 2 000 × A ^r |
| benzo(a)piren | | 14 | | | | 3,2 |

gdzie: A^r - zawartość popiołu wyrażona w procentach [%]

s - zawartość siarki całkowitej wyrażona w procentach [%]

dla kotłów z rusztem stałym wyposażonych w cyklony wskaźniki emisji benzo(a)pirenu należy pomnożyć przez współczynnik 0,4

Wskaźniki emisji

Tabela 3.2. Wskaźniki dla koksu

| zanieczyszczenie | jednostka wskaźnika | ruszt stały | | | |
|---|------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | nominalna moc cieplna kotła [MW] | | | |
| | | ≤ 0,5 | | > 0,5 ÷ ≤ 5 | |
| | | ciąg naturalny | ciąg sztuczny | ciąg naturalny | ciąg sztuczny |
| tlenki siarki (SO _x /SO ₂) | g/Mg | 16 000 × s | | | |
| tlenki azotu (NO _x /NO ₂) | | 500 | 1 000 | 500 | 1 000 |
| tlenek węgla (CO) | | 25 000 | | 20 000 | |
| dwutlenek węgla (CO ₂) | | 2 360 000 | | | |
| pył zawieszony całkowity (TSP) | | 1 000 × A ^r | 1 500 × A ^r | 1 000 × A ^r | 1 500 × A ^r |
| benzo(a)piren | | 0,1 | | 0,027 | |

gdzie: A^r - zawartość popiołu wyrażona w procentach [%]

s - zawartość siarki całkowitej wyrażona w procentach [%]

Tabela 3.3. Wskaźniki dla drewna

| zanieczyszczenie | jednostka wskaźnika | ruszt stały | | ruszt mechaniczny |
|---|---------------------|----------------------------------|-------------|------------------------|
| | | nominalna moc cieplna kotła [MW] | | |
| | | ≤ 1,0 | > 1,0 ÷ ≤ 5 | ≤ 5 |
| tlenki siarki (SO _x /SO ₂) | g/Mg | 110 | 110 | 20 |
| tlenki azotu (NO _x /NO ₂) | | 1 000 | 950 | 800 |
| tlenek węgla (CO) | | 26 000 | 16 000 | 11 000 |
| dwutlenek węgla (CO ₂) | | 1 200 000 | | 1 330 000 |
| pył zawieszony całkowity (TSP) | | 1 500 × A ^r | | 2 500 × A ^r |

gdzie: A^r - zawartość popiołu wyrażona w procentach [%]

Tabela 3.4. Wskaźniki dla paliw płynnych

| zanieczyszczenie | jednostka wskaźnika | lekki olej opałowy | | ciężki olej opałowy | | olej napędowy |
|---|---------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------|
| | | nominalna moc cieplna kotła [MW] | | | | |
| | | ≤ 0,5 | > 0,5 ÷ ≤ 5 | ≤ 0,5 | > 0,5 ÷ ≤ 5 | ≤ 5 |
| tlenki siarki (SO _x /SO ₂) | g/Mg | 20 359,2 × s | | 21 666,45 × s | | 22 822,82 × s |
| tlenki azotu (NO _x /NO ₂) | | 2 395,2 | | 8 888,8 | | 6 006 |
| tlenek węgla (CO) | | 682,632 | 598,8 | 1 555,54 | | 480,48 |
| dwutlenek węgla (CO ₂) | | 3 233 520 | | 3 333 300 | | 1 981 981,982 |
| pył zawieszony całkowity (TSP) | | 407,184 | | 2 222,2 | | 1 201,2 |
| benzo(a)piren | | 0,311376 | 2,87424 | 0,288886 | 2,66664 | - |

gdzie: s - zawartość siarki całkowitej wyrażona w procentach [%]

Wskaźniki emisji dla paliw płynnych zostały przedstawione w g/Mg uwzględniając gęstość oleju opałowego lekkiego na poziomie 0,835 g/cm³, gęstość oleju opałowego ciężkiego na poziomie 0,9 g/cm³ oraz gęstość oleju napędowego na poziomie 0,8325 g/cm³

Wskaźniki emisji

Tabela 3.5. Wskaźniki dla gazu ziemnego

| zanieczyszczenie | jednostka wskaźnika | nominalna moc cieplna kotła [MW] | |
|---|------------------------|-------------------------------------|-------------|
| | | ≤ 0,5 | > 0,5 ÷ ≤ 5 |
| tlenki siarki (SO _x /SO ₂) | g/m ³ | 0,002 × s | |
| tlenki azotu (NO _x /NO ₂) | | 1,52 | 1,75 |
| tlenek węgla (CO) | | 0,30 | 0,24 |
| dwutlenek węgla (CO ₂) | | 2 000 | |
| pył zawieszony całkowity (TSP) | | 0,0005 | |
| | | | |

gdzie: s - zawartość siarki całkowitej wyrażona w miligramach na metr sześcienny [mg/m³]

Ogólny wzór służący do obliczania wielkości emisji na podstawie wskaźnika emisji na energię chemiczną wprowadzoną w paliwie:

$$E = B \times W_o \times W \quad (3)$$

gdzie: E - emisja substancji;

B - zużycie paliwa;

W_o - wartość opałowa paliwa; (np. propan-butan 47 300 kJ/kg)

W - wskaźnik emisji na gigadzul energii chemicznej zawartej w paliwie.

Tabela 3.6. Wskaźniki dla gazu płynnego propan i gazu płynnego propan – butan (LPG)

| zanieczyszczenie | jednostka wskaźnika | propan | propan – butan (LPG) |
|---|------------------------|----------------------------------|----------------------|
| | | nominalna moc cieplna kotła [MW] | |
| | | ≤ 5 | |
| tlenki siarki (SO _x /SO ₂) | g/GJ | 1 | 0,29 |
| tlenki azotu (NO _x /NO ₂) | | 60 | 39 |
| tlenek węgla (CO) | | 40 | 16 |
| dwutlenek węgla (CO ₂) | | 64 000 | 63 100 |
| pył zawieszony całkowity (TSP) | | 0,5 | 3,1 |

Zadanie1: Oblicz ile wynosi opłata za wprowadzanie do powietrza zanieczyszczeń powstałych w ciepłowni w wyniku spalania **2500 ton** (Mg) węgla kamiennego w kotle z **rusztem mechanicznym** o wydajności cieplnej **5 MW**. Zawartość siarki w paliwie $s = 0,8\%$, zawartość popiołu $A^r = 15\%$.

Moc Ciepłna=5 MW

B=2500Mg

S=0,8%

$A^r=15\%$

| Gazy i pyły | W | BxW | E | E' | Opłata | Opłata |
|-------------------------|---------|-------|----------------------|----------------------|---------|-----------|
| | [g/Mg] | [g] | [kg] | [kg] | jedn. | naliczona |
| | | | CO ₂ [Mg] | CO ₂ [Mg] | [zł/kg] | [zł] |
| SO ₂ | 12800 | 3E+07 | 32000 | 32000 | 0,56 | 17 920,00 |
| NO ₂ | 3200 | 8E+06 | 8000 | 8000 | 0,56 | 4 480,00 |
| CO | 10000 | 3E+07 | 25000 | 25000 | 0,11 | 2 750,00 |
| CO ₂ (zł/Mg) | 2130000 | 5E+09 | 5325 | 5325 | 0,31 | 1 650,75 |
| Pył (TSP) | 30000 | 8E+07 | 75000 | 75000 | 0,38 | 28 500,00 |
| B(a)P | 3,2 | 8000 | 8 | 8 | 404,3 | 3 234,40 |
| RAZEM opłata [zł] | | | | | | 58 535,15 |

Zadanie2: Oblicz ile wynosi opłata za wprowadzanie do powietrza zanieczyszczeń powstałych w ciepłowni w wyniku spalania **2500 ton** (Mg) węgla kamiennego w kotle z **rusztem mechanicznym** o wydajności cieplnej **5 MW**. Ciepłownia wyposażona jest w **cyklon o skuteczności odpylania $\eta = 80\%$** . Zawartość siarki w paliwie $s = 0,8\%$, zawartość popiołu $A^r = 15\%$.

Moc Ciepłna=5 MW

B=2500Mg

S=0,8%

$A^r=15\%$

$\eta_{TSP}=80\%$

$$E' = E \times \frac{(100 - \eta)}{100}$$

| Gazy i pyły | W | BxW | E | E' | Opłata | Opłata |
|-------------------------------|---------|-------|----------------------------|----------------------------|---------|-----------|
| | [g/Mg] | [g] | [kg] | [kg] | jedn. | naliczona |
| | | | CO₂ [Mg] | CO₂ [Mg] | [zł/kg] | [zł] |
| SO₂ | 12800 | 3E+07 | 32000 | 32000 | 0,56 | 17 920,00 |
| NO₂ | 3200 | 8E+06 | 8000 | 8000 | 0,56 | 4 480,00 |
| CO | 10000 | 3E+07 | 25000 | 25000 | 0,11 | 2 750,00 |
| CO₂ (zł/Mg) | 2130000 | 5E+09 | 5325 | 5325 | 0,31 | 1 650,75 |
| Pył (TSP) | 30000 | 8E+07 | 75000 | 15000 | 0,38 | 5 700,00 |
| B(a)P | 3,2 | 8000 | 8 | 8 | 404,3 | 3 234,40 |
| RAZEM opłata [zł] | | | | | | 35 735,15 |

$$E'_{pyłu} = 75 \cdot 10^6 \text{ g} \cdot (100 - 80\%) / 100 = 15 \cdot 10^6 \text{ g} = 15 000 \text{ kg}$$