



**Załącznik nr 4.1 do Regulaminu Konkursu nr POLiŚ/1.6.1/1/2016**

**Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014 - 2020**

**Metodologia wyliczenia wskaźnika redukcji emisji dwutlenku węgla  
w działaniu 1.6.1 POLiŚ**

**Oś priorytetowa I**  
*Zmniejszenie emisyjności gospodarki*

**Działanie 1.6**  
*Promowanie wykorzystywania wysokosprawnej kogeneracji ciepła i energii  
elektrycznej w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe*

**Poddziałanie 1.6.1**  
*Źródła wysokosprawnej kogeneracji*



**NARODOWY FUNDUSZ  
OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ**

## Spis treści

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1.1   | WSTĘP .....   | 3  |
| 1.2   | OSZACOWANIE OBNIŻENIA EMISJI DWUTLENKU WĘGLA W WYNIKU REALIZACJI PROJEKTU .....   | 4  |
| 1.2.1 | <i>Obliczenia oszczędności w emisji dwutlenku węgla wynikających z realizacji projektu w ramach działania 1.6.1</i> ..... | 4  |
| 1.2.2 | <i>Roczna emisja dwutlenku węgla po realizacji projektu</i> .....   | 4  |
| 1.2.3 | <i>Roczna emisja dwutlenku węgla przed wykonaniem projektu</i> .....  | 7  |
| 1.3   | PRZYKŁADY .....   | 12 |
| 1.4   | OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI W EMISJI DWUTLENKU WĘGLA WYNIKAJĄCYCH Z REALIZACJI PROJEKTU W OZE                                 | 18 |
| 1.4.1 | <i>Roczna emisja dwutlenku węgla zastąpiona ( uniknięta) w wyniku realizacji projektu</i> .....                           | 18 |
| 1.4.2 | <i>Roczna emisja dwutlenku węgla po realizacji projektu (na potrzeby własne funkcjonowania OZE)</i><br>22                 |    |
| 1.5   | PRZYKŁADY .....   | 25 |
| 1.5.1 | <i>Roczna emisja dwutlenku węgla uniknięta (zaoszczędzona) w wyniku wykonania projektu (emisja uniknięta)</i> .....       | 26 |

## 1.1 Wstęp

W ramach poddziałania 1.6.1. związanego z wysokosprawnym wytwarzaniem energii przewiduje się, że wsparcie skierowane będzie na budowę nowych lub zwiększenie mocy (w wyniku rozbudowy lub przebudowy) istniejących jednostek wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w technologii wysokosprawnej kogeneracji w jednostkach kogeneracji o całkowitej nominalnej mocy elektrycznej powyżej 1 MW.

Premiowane będą projekty o największym potencjale redukcji CO<sub>2</sub> na jednostkę dofinansowania umożliwiające także największą redukcję emisji pyłów do powietrza. W przypadku pomocy inwestycyjnej dla jednostek wysokosprawnej kogeneracji w instalacjach spalania paliw o całkowitej nominalnej mocy cieplnej, liczonej w paliwie wprowadzonym do instalacji, mniejszej lub równej 20 MW wnioskodawcy muszą wykazać, że jednostki te nie zastępują urządzeń o niższej emisyjności, a inne alternatywne rozwiązania byłyby mniej efektywne i bardziej emisyjne.

### Typy projektów:

1. w przypadku instalacji spalania paliw o nominalnej mocy cieplnej powyżej 20 MW: budowa, przebudowa jednostek wysokosprawnej kogeneracji oraz przebudowa istniejących jednostek na jednostki wysokosprawnej kogeneracji wykorzystujące biomasę jako paliwo;
2. w przypadku instalacji spalania paliw o nominalnej mocy cieplnej mniejsze lub równej 20 MW:
  - budowa, uzasadnionych pod względem ekonomicznym, nowych jednostek wysokosprawnej kogeneracji o jak najmniejszej z możliwych emisji CO<sub>2</sub> oraz innych zanieczyszczeń powietrza (w przypadku paliw pochodzących z OZE lub paliw kopalnych). W przypadku nowych jednostek kogeneracji powinno zostać osiągnięte co najmniej 10% uzysku efektywności energetycznej w porównaniu do rozdzielonej produkcji energii cieplnej i elektrycznej przy zastosowaniu najlepszych dostępnych technologii
  - przebudowa istniejących instalacji na instalacje wykorzystujące jednostki wysokosprawnej kogeneracji skutkująca redukcją CO<sub>2</sub> o co najmniej 30% w porównaniu do strumienia ciepła w istniejącej instalacji. Dopuszczona jest pomoc inwestycyjna dla jednostek wysokosprawnej kogeneracji spalających paliwa kopalne pod warunkiem, że jednostki te nie zastępują urządzeń o niższej emisji, a inne alternatywne rozwiązania byłyby mniej efektywne i bardziej emisyjne;
3. realizacja kompleksowych projektów (spełniających kryteria z punktów 1 lub 2 dotyczących budowy nowych lub przebudowy istniejących jednostek wysokosprawnej kogeneracji wraz z sieciami ciepłowniczymi lub sieciami chłodu, dzięki którym możliwe będzie wykorzystanie ciepła / chłodu powstałego w danej instalacji.

Numeracja wzorów i tabel jest oddzielna dla każdego rozdziału, które mogą stanowić odrębne części. W odwołaniach do numerów wzorów i tabel podane są więc skrótowo nazwy lub numery właściwych rozdziałów.

## **1.2 Oszacowanie obniżenia emisji dwutlenku węgla w wyniku realizacji projektu**

### **1.2.1 Obliczenia oszczędności w emisji dwutlenku węgla wynikających z realizacji projektu w ramach działania 1.6.1**

W celu obliczenia oszczędności w emisji dwutlenku węgla wynikających z realizacji projektu w ramach działania 1.6.1. należy skorzystać z następującego wzoru:

$$\Delta E = E_2 - E_1 \text{ [t/rok]} \quad (1)$$

gdzie:

$E_2$  – roczna emisja dwutlenku węgla zastąpiona/uniknięta w wyniku realizacji projektu [t/rok],

$E_1$  – roczna emisja dwutlenku węgla z instalacji po realizacji projektu [t/rok].

### **1.2.2 Roczna emisja dwutlenku węgla po realizacji projektu**

Roczną emisję dwutlenku węgla po realizacji projektu  $E_1$  określa się z następującej zależności:

$$E_1 = 10^{-3} * Q_1 * W_1 \text{ [t/rok]} \quad (2)$$

gdzie;

$Q_1$  – ilość energii dostarczonej z paliwem użytym w ciągu roku [GJ/rok]

$W_1$  - wskaźnik emisji dwutlenku węgla z stosowanego paliwa [kg/GJ]

Ilość energii dostarczonej z paliwem  $Q_1$  określa się ze wzoru

$$Q_1 = P_1 * U_1 \text{ [GJ/rok]} \quad (3)$$

gdzie:

$U_1$  – wartość opałowa paliwa [ MJ/kg] lub [MJ/m<sup>3</sup>]

$P_1$  – roczne zużycie paliwa w instalacji [t/rok], [tys m<sup>3</sup>/rok]

Wskaźniki emisji dwutlenku węgla w odniesieniu do wartości opałowej spalnego paliwa dla typowych i często spotykanych paliw zestawiono w tabeli nr 1.

**Tabela nr 1. Wskaźniki emisji dwutlenku węgla ze spalania różnych paliw (w odniesieniu do wartości opałowej)**

| Lp. | Rodzaj paliwa                        | jednostka | Wskaźnik emisji |
|-----|--------------------------------------|-----------|-----------------|
| 1   | Węgiel kamienny                      | kg/GJ     | 94,85           |
| 2   | Węgiel brunatny                      | kg/GJ     | 107,83          |
| 3   | Ropa naftowa                         | kg/GJ     | 72,60           |
| 4   | Gaz ziemny                           | kg/GJ     | 55,82           |
| 5   | Inne produkty naftowe                | kg/GJ     | 109,76          |
| 6   | Koks naftowy                         | kg/GJ     | 99,83           |
| 7   | Koks i półkoks                       | kg/GJ     | 106,00          |
| 8   | Gaz ciekły                           | kg/GJ     | 62,44           |
| 9   | Benzyny silnikowe                    | kg/GJ     | 68,61           |
| 10  | Benzyny lotnicze                     | kg/GJ     | 69,3            |
| 11  | Paliwa odrzutowe                     | kg/GJ     | 70,79           |
| 12  | Olej napędowy                        | kg/GJ     | 73,33           |
| 13  | Oleje opałowe                        | kg/GJ     | 76,59           |
| 14  | Gaz rafineryjny                      | kg/GJ     | 66,07           |
| 15  | Gaz koksowniczy                      | kg/GJ     | 47,43           |
| 16  | Gaz wielkopiecowy                    | kg/GJ     | 240,79          |
| 17  | Biopaliwa tj. biogaz, biomasa, itp.* | kg/GJ     | 0,00            |

\* - dla wszystkich paliw uznawanych za odnawialne źródła energii zakłada się brak emisji dwutlenku węgla czyli wartość współczynnika emisji dwutlenku węgla zawsze wynosi zero.

Dla paliw nietypowych, nie umieszczonych w tabeli nr 1 wskaźnik emisji dwutlenku węgla można obliczyć z zależności:

$$W_1 = 3660 * C_1 / U_1 \quad [\text{kg/GJ}] \quad (4)$$

gdzie:

$C_1$  – udział masowy węgla pierwiastkowego w paliwie [kg/kg], [kg/Nm<sup>3</sup>]

$U_1$  – wartość opałowa paliwa [MJ/kg], [MJ/Nm<sup>3</sup>]

Ilość paliwa zużytego w ciągu roku określa się ze wzoru:

$$P_1 = \frac{3.6 \cdot 10^5 \cdot Q_{\text{esg}} + 100 Q_{\text{csg}}}{(\eta_{\text{esg}} + \eta_{\text{csg}}) \cdot U_1} + \frac{3.6 \cdot 10^5 \cdot Q_{\text{espg}} + 100 Q_{\text{cspg}}}{(\eta_{\text{espg}} + \eta_{\text{cspg}}) \cdot U_1} \quad [\text{t/rok}] \quad (5)$$

gdzie:

$Q_{\text{esg}}$  – ilość energii elektrycznej wyprodukowanej w sezonie grzewczym [GWh/sezon]

$Q_{\text{espg}}$  – ilość energii elektrycznej wyprodukowana w sezonie poza-grzewczym [GWh/sezon]

$Q_{\text{csg}}$  – ilość użytecznej energii cieplnej wyprodukowanej w sezonie grzewczym [GJ/sezon]

$Q_{cspg}$ - ilość użytecznej energii cieplnej wyprodukowanej w sezonie poza-grzewczym [GJ/sezon]

$\eta_{esg}$  – sprawność wytwarzania energii elektrycznej w eksploatowanej instalacji, średnia w sezonie grzewczym [ % ]

$\eta_{espg}$ - sprawność wytwarzania energii elektrycznej w eksploatowanej instalacji. średnia w sezonie poza-grzewczym [%]

$\eta_{csg}$ - sprawność wytwarzania użytecznej energii cieplnej w eksploatowanej instalacji, średnia w sezonie grzewczym [%]

$\eta_{cspg}$  - sprawność wytwarzania użytecznej energii cieplnej w eksploatowanej instalacji, średnia w sezonie poza-grzewczym [ % ]

$U_1$  – jak we wzorze ( 4 )

Ilość energii elektrycznej  $Q_{ek}$  lub cieplnej  $Q_{ck}$  wyprodukowanej w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub pozagrzewczym  $k=spg$ , w przypadku dostarczania energii cieplnej do celów grzewczych określa się na podstawie wykresu uporządkowanego obciążeń cieplnych

$$Q_{ek} = M_{ek} * t_k * 10^{-3} \quad [\text{GWh/sezon}] \quad (6)$$

gdzie:

$M_{ek}$  – średnia moc elektryczna układu produkującego energetyczną i ciepłą w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub pozagrzewczym  $k=spg$  [MWe]

$t_k$  – czas trwania sezonu grzewczego lub pozagrzewczego [ h ] określony na pdst Polskich Norm lub danych meteorologicznych IMiGW

$$Q_{ck} = 3,6 * M_{ck} * t_k \quad [\text{GJ/sezon}] \quad (7)$$

gdzie:

$M_{ck}$  – średnia moc cieplna układu produkującego en elektryczną i ciepłą w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub pozagrzewczym  $k=spg$  [MWc]

$t_k$  – czas trwania sezonu grzewczego lub pozagrzewczego ( określanego wg danych IMGWiŚ lub Polskiej Normy ) [ h ]

Sprawność wytwarzania energii elektrycznej  $\eta_{ek}$  lub cieplnej  $\eta_{ck}$  obliczana jest na pdst danych projektowych producentów instalacji w odniesieniu do energii zawartej w paliwie określonej za pomocą wartości opałowej, następująco

$$\eta_{ek} , \eta_{ck} = 100 * Q_k / U_1 \quad (8)$$

gdzie:

$Q_k$  –  $Q_e, Q_c$  – uzyskana energia elektryczna/ciepłna z 1kg paliwa stosowanego w instalacji

$U_1$  – wartość opałowa 1kg/1Nm<sup>3</sup> paliwa [MJ/kg], [MJ/Nm<sup>3</sup>]

### 1.2.3 Roczna emisja dwutlenku węgla przed wykonaniem projektu

Roczną emisję dwutlenku węgla przed wykonaniem projektu określa się w sytuacji gdyby projekt nie został zrealizowany a ta sama ilość energii elektrycznej i ciepłej zostałyby dostarczona z dotychczas eksploatowanej instalacji oraz/lub z krajowej lub lokalnej sieci energetycznej i ciepłej. Tą emisję dwutlenku węgla określono jako zastąpioną.

$$E_2 = E_{z1} + E_{\text{dod}} \quad (9)$$

gdzie:

$E_{z1}$  – zastąpiona emisja dwutlenku węgla jaka zostałaby wyprodukowana z zlikwidowanej instalacji lub w wyniku ograniczonej produkcji z dotychczasowej instalacji

$E_{\text{dod}}$  – zastąpiona emisja dwutlenku węgla jaka zostałaby wyprodukowana z dodatkowo pobranej z krajowego lub lokalnego systemu zaopatrzenia w energię elektryczną i ciepłą

Zastąpiona emisja dwutlenku węgla jaka zostałaby wyprodukowana z zlikwidowanej instalacji lub w wyniku ograniczonej produkcji z dotychczasowej instalacji

$$E_{z1} = 10^{-3} * Q_{z1} * W_2 \quad [\text{t/rok}] \quad (14)$$

gdzie:

$Q_{z1}$  – ilość energii dostarczonej z paliwem zużyty w ciągu roku [GJ/rok]

$W_2$  - wskaźnik emisji dwutlenku węgla z dotychczas stosowanego paliwa [kg/GJ]

Ilość energii dostarczonej z paliwem  $Q_{z1}$  określa się ze wzoru

$$Q_{z1} = P_{z1} * U_2 \quad [\text{GJ/rok}] \quad (15)$$

gdzie:

$U_2$  – wartość opałowa paliwa [MJ/kg] lub [MJ/m<sup>3</sup>]

$P_{z1}$  – roczne zużycie paliwa w instalacji [t/rok], [tys m<sup>3</sup>/rok]

Ilość paliwa jakie zostałaby zużyte w ciągu roku w określa się ze wzoru:

$$P_{z1} = \frac{3.6 * 10^5 * Q_{e2sg} + 100 Q_{c2sg}}{(\eta_{e2sg} + \eta_{c2sg}) * U_2} + \frac{3.6 * 10^5 * Q_{e2spg} + 100 Q_{c2spg}}{(\eta_{e2spg} + \eta_{c2spg}) * U_2} \quad [\text{t/rok}] \quad (16)$$

gdzie:

$Q_{e2sg}$  – ilość energii elektrycznej wyprodukowanej w sezonie grzewczym [GWh/sezon]

$Q_{e2spg}$  – ilość energii elektrycznej wyprodukowana w sezonie poza-grzewczym [GWh/sezon]

$Q_{c2sg}$  – ilość użytecznej energii cieplnej wyprodukowanej w sezonie grzewczym [GJ/sezon]

$Q_{c2spg}$  – ilość użytecznej energii cieplnej wyprodukowanej w sezonie poza-grzewczym [GJ/sezon]

$\eta_{e2sg}$  – sprawność wytwarzania energii elektrycznej w instalacji średnia w sezonie grzewczym [ % ]

$\eta_{e2spg}$  – sprawność wytwarzania energii elektrycznej w instalacji średnia w sezonie poza-grzewczym [ % ]

$\eta_{c2sg}$  – sprawność wytwarzania użytecznej energii cieplnej w instalacji średnia w sezonie grzewczym [ % ]

$\eta_{c2spg}$  – sprawność wytwarzania użytecznej energii cieplnej w instalacji średnia w sezonie poza-grzewczym [ % ]

$U_2$  – – wartość opałowa paliwa [MJ/kg], [MJ/Nm<sup>3</sup>]

Ilość energii elektrycznej  $Q_{ek}$  lub cieplnej  $Q_{ck}$ , wyprodukowanej w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub pozagrzewczym  $k=spg$ , w przypadku dostarczania energii cieplnej do celów grzewczych określa się na pdst. wykresu uporządkowanego obciążeń cieplnych.

**Ilość energii elektrycznej  $Q_{e2k}$ :**

$$Q_{e2k} = M_{e2k} * t_{2k} * 10^{-3} \quad [\text{GWh/sezon}] \quad (17)$$

gdzie:

$M_{e2k}$  – średnia moc elektryczna układu produkującego energetyczną i ciepłą w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub pozagrzewczym  $k=spg$  [MWe]

$t_k$  – czas trwania sezonu grzewczego lub pozagrzewczego [ h ] określony na pdst Polskich Norm lub danych meteorologicznych IMiGW

**Ilość energii cieplnej  $Q_{c2k}$**

$$Q_{c2k} = 3,6 * M_{c2k} * t_{2k} \quad [\text{GJ/sezon}] \quad (18)$$

gdzie:

$M_{c2k}$  – średnia moc cieplna układu produkującego en elektryczną i ciepłą w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub pozagrzewczym  $k=spg$  [MWc]

$t_k$  – czas trwania sezonu grzewczego lub pozagrzewczego (określanego wg danych IMGWiŚ lub Polskiej Normy) [ h ]



Sprawność wytwarzania energii elektrycznej  $\eta_{e2k}$  lub cieplnej  $\eta_{c2k}$  obliczana jest na podstawie dotychczasowych danych eksploatacyjnych instalacji w odniesieniu do energii zawartej w paliwie określonej za pomocą wartości opałowej, następująco

$$\eta_{e2k}, \eta_{c2k} = 100 \cdot Q_{2k} / U_{21} \quad [ \% ] \quad (19)$$

gdzie:

$Q_k - Q_e, Q_c$  – uzyskana energia elektryczna/ciepła z 1kg paliwa stosowanego w instalacji

$U_{pal}$  – wartość opałowa 1kg/1Nm<sup>3</sup> paliwa [MJ/kg], [MJ/Nm<sup>3</sup>]

Zastąpiona emisja dwutlenku węgla  $E_{edod}$ , jaka zostałaby wyprodukowana z dodatkowo pobranej z krajowego lub lokalnego systemu zaopatrzenia w energię elektryczną i ciepłą określa się ze wzoru

$$E_{dod} = 3600 \cdot E_{edod} + E_{cdod} \quad [ GJ ] \quad (20)$$

gdzie:

$E_{edod}$  – zastąpiona emisja dwutlenku węgla z dodatkowo wyprodukowanej energii elektrycznej

$E_{cdod}$  - zastąpiona emisja dwutlenku węgla z dodatkowo wyprodukowanego ciepła

Zastąpioną emisję dwutlenku węgla z dodatkowo wyprodukowanej energii elektrycznej określa się jako sumę emisji z wyprodukowanej energii elektrycznej na potrzeby własne lub lokalnego odbiorcy i emisji z wyprodukowanej energii elektrycznej sprzedanej do krajowego systemu elektroenergetycznego. Dla energii elektrycznej wyprodukowanej na potrzeby własne przyjmuje się wskaźnik emisji dwutlenku węgla jak dla energii wyprodukowanej w typowej (przeciętnej) elektrowni zasilającej Krajową Sieć Elektroenergetyczną z uwzględnieniem strat przesyłu – kolumna nr 5 w tabeli nr 2.

Dla energii elektrycznej wyprodukowanej i sprzedanej do Krajowej Sieci Elektroenergetycznej przyjmuje się wskaźnik emisji dwutlenku węgla jak dla energii wyprodukowanej w typowej (przeciętnej) elektrowni zasilającej Krajową Sieć Elektroenergetyczną bez uwzględnienia strat przesyłu – kolumna nr 4 w tabeli nr 2.

$$E_{edod} = 3600 \cdot ( Q_{eunW} \cdot W_{eW} + Q_{eunSP} \cdot W_{eSP} ) \quad [ GJ ] \quad (21)$$

gdzie:

$Q_{eunW}$  – wartość rocznej produkcji energii elektrycznej ponad ilość produkowaną w dotychczasowej instalacji i wykorzystanej na potrzeby własne lub lokalnego odbiorcy (przy nowej instalacji odpowiada całkowitej ilości produkowanej energii elektrycznej na potrzeby własne lub lokalnego odbiorcy)

$W_{eW}$  – wskaźnik emisji dwutlenku węgla przy produkcji en elektr w elektrowniach zasilających krajowy system elektroenergetyczny z uwzględnieniem strat przesyłu (z tab. 2 kol 5)

$Q_{eunSP}$  – wartość rocznej produkcji energii elektrycznej ponad ilość produkowaną w dotychczasowej instalacji i sprzedanej do Zakładu Energetycznego zasilającego Krajowy System Elektroenergetyczny (przy nowej instalacji odpowiada całkowitej ilości produkowanej energii elektrycznej sprzedawanej do Zakłady Energetycznego)

$W_{eSP}$  - wskaźnik emisji dwutlenku węgla przy produkcji energii elektrycznej w elektrowniach zasilających krajowy system elektroenergetyczny bez uwzględnienia strat przesyłu (z tab. 2 kol 4).

Zastąpiona emisja dwutlenku węgla z dodatkowo wyprodukowanej energii cieplnej określa się jako sumę emisji z wyprodukowanej energii cieplnej wykorzystanej na potrzeby własne i emisji z wyprodukowanej energii cieplnej sprzedanej odbiorcom zewnętrznym. Dla energii cieplnej wyprodukowanej na potrzeby własne przyjmuje się wskaźnik emisji dwutlenku węgla jak dla energii wyprodukowanej w przedsiębiorstwie odpowiedniego typu zaopatrującym miejską sieć ciepłowniczą, z uwzględnieniem strat przesyłu ciepła w miejskiej sieci ciepłowniczej – kolumna nr 5 w tabeli nr 2.

Dla energii cieplnej wyprodukowanej i sprzedanej odbiorcom zewnętrznym przyjmuje się wskaźnik emisji dwutlenku węgla jak dla energii wyprodukowanej w przedsiębiorstwie odpowiedniego typu zaopatrującym miejską/lokalną sieć ciepłowniczą, bez uwzględnienia strat przesyłu ciepła w miejskiej/lokalnej sieci ciepłowniczej – kolumna nr 5 w tabeli nr 2.

$$E_{cdod} = Q_{cunW} * W_{cW} + Q_{cunSP} * W_{cSP} \quad [GJ] \quad (22)$$

$Q_{cunW}$  – wartość rocznej produkcji użytecznej energii cieplnej ponad ilość produkowaną w dotychczasowej instalacji i wykorzystywanej na potrzeby własne (przy nowej instalacji odpowiada całkowitej ilości produkowanej użytecznej energii cieplnej wykorzystanej na potrzeby własne)

$W_{cW}$  - wskaźnik emisji dwutlenku węgla przy produkcji energii cieplnej z dostępnych lokalnie systemów ciepłowniczych określonych z tab.2 zależnie od stosowanego w tych systemach paliwa i z uwzględnieniem strat przesyłu ciepła (kolumna nr 5 w tabeli nr 2)

$Q_{cunSP}$  – wartość rocznej produkcji użytecznej energii cieplnej ponad ilość produkowaną w dotychczasowej instalacji i sprzedawanej odbiorcom zewnętrznym (przy nowej instalacji odpowiada całkowitej ilości produkowanej użytecznej energii cieplnej i sprzedawanej odbiorcom zewnętrznym)

$W_{cSP}$  - wskaźnik emisji dwutlenku węgla przy produkcji energii cieplnej z dostępnych lokalnie systemów ciepłowniczych określonych z tab.2 zależnie od stosowanego w tych systemach paliwa bez uwzględnienia strat przesyłu ciepła (kolumna nr 4 w tabeli nr 2).

**Tabela nr 2 Wskaźniki emisji dwutlenku węgla dla standardowych źródeł ciepła i energii elektrycznej odniesione do jednostki dostarczonej energii elektrycznej lub cieplnej**

| Lp. | Rodzaj źródła energii cieplnej/elektrycznej   | jednostka         | Wskaźnik emisji CO <sub>2</sub> tylko dla produkcji energii (loco producent) | Wskaźnik emisji CO <sub>2</sub> dla produkcji energii z uwzględnieniem strat przesyłu (loco odbiorca) |
|-----|---|-------------------|--|---|
| 1   | 2   | 3                 | 4  | 5   |
| 1   | Typowa elektrownia zasilająca krajową sieć elektroenergetyczną                            | kg/GJ en elektr   | 267,6  | 304,0   |
| 2   | Typowa ciepłownia z kotłami węglowymi zasilająca miejską/lokalną sieć ciepłowniczą        | kg/GJ en cieplnej | 126,5  | 143,7   |
| 3   | Typowa elektrociepłownia z kotłami węglowymi zasilająca miejską/lokalną sieć ciepłowniczą | kg/GJ en cieplnej | 120,0  | 136,0   |
| 4   | Typowa ciepłownia z kotłami gazowymi zasilająca miejską/lokalną sieć ciepłowniczą         | kg/GJ en cieplnej | 65,5   | 74,4  |

Wyprodukowaną ilość energii elektrycznej i cieplnej w instalacji po wykonaniu projektu w stosunku ponad ilość energii cieplnej i elektrycznej produkowanej w dotychczasowym układzie określa się z poniższych zależności.

Wartość rocznej produkcji energii elektrycznej ponad ilość produkowaną w dotychczasowej instalacji (przy nowej instalacji odpowiada całkowitej ilości produkowanej energii elektrycznej)

$$Q_{eun} = (Q_{esg} + Q_{espg}) - (Q_{e2sg} + Q_{e2spg})$$

gdzie:

$Q_{esg}$  – jak we wzorze (16)

$Q_{espg}$  – jak we wzorze (16)

$Q_{e2sg}$  – jak we wzorze (16)

$Q_{e2spg}$  – jak we wzorze (16)

Wartość rocznej produkcji energii cieplnej ponad ilość produkowaną w dotychczasowej instalacji (przy nowej instalacji odpowiada całkowitej ilości produkowanej energii cieplnej)

$$Q_{\text{cun}} = (Q_{\text{csg}} + Q_{\text{cspg}}) - (Q_{\text{c2sg}} + Q_{\text{c2spg}})$$

gdzie:

$Q_{\text{csg}}$  – jak we wzorze (16)

$Q_{\text{cspg}}$  – jak we wzorze (16)

$Q_{\text{c2sg}}$  – jak we wzorze (16)

$Q_{\text{c2spg}}$  – jak we wzorze (16)

## 1.3 Przykłady

### *Przykład nr 1*

#### **Założenia wyjściowe**

Budowa nowej instalacji kogeneracyjnej opartej o spalanie miału węglowego

Instalacja zasila w ciepło technologiczne i energię elektryczną linie technologiczne w zakładzie produkcyjnym tj. energia elektryczna i cieplna będzie przeznaczona na potrzeby własne.

#### **Założenia do budowy instalacji**

Budowa instalacji składającej się z kotła parowego opalanego miałem węglowym o mocy cieplnej maksymalnej 5,8 MWc i silnika parowego z generatorem o mocy elektrycznej 0,67 MWe .

Instalacja dostarcza maksymalnie na cele technologiczne maksymalnie 4,6 MWc w postaci pary niskoprężnej . Wymagana maksymalna moc cieplna w paliwie 6,7 MWc.

Instalacja będzie wykorzystywana cały rok,

- w sezonie grzewczym średnia moc cieplna eksploatacyjna 4,4 MWc, średnia moc elektryczna 0,65 MWe, moc cieplna w doprowadzanym paliwie 6,5 MWc
- w sezonie poza-grzewczym średnia moc cieplna eksploatacyjna 4 MWc, średnia moc elektryczna 0,59 MWe, moc cieplna w doprowadzanym paliwie 6,0 MWc

Czas trwania sezonu grzewczego ( z PN-82/B-02403 )  $t_{\text{sg}} = 222 \text{ doby} * 24 \text{ h/dobę} = 5328 \text{ h}$ .

Czas trwania sezonu poza-grzewczego  $t_{\text{spg}} = 8760 - 5328 = 3432 \text{ h}$

Średnia wartość opałowa węgla – 22 MJ/kg

## Obliczenia

1. Obliczenia ilości paliwa i energii w paliwie zużywanej przez wybudowaną instalację

a) Sprawność wytwarzania energii elektrycznej - na pdst w/w założeń projektowych

$$\eta_{esg} = 10,0 \%$$

$$\eta_{espg} = 9,1 \%$$

b) Sprawność wytwarzania energii cieplnej - na pdst w/w założeń projektowych

$$\eta_{csg} = 68,0 \%$$

$$\eta_{cspg} = 67,1 \%$$

Ilość energii elektrycznej i cieplnej wyprodukowane w sezonie grzewczym i poza-grzewczym (wg wzorów ( 6 ) i ( 7 ))

Ilość energii elektrycznej

$$Q_{ek} = M_{ek} * t_k * 10^{-3} \text{ [GWh/sezon]} \quad ( 6 )$$

$$Q_{esg} = 0,65 * 5328/100 = 3,46 \text{ [GWh/sezon]}$$

$$Q_{espg} = 0,6 * 3522/100 = 2,11 \text{ [GWh/sezon]}$$

Ilość energii cieplnej

$$Q_{ck} = 3,6 * M_{ck} * t_k \text{ [GJ/sezon]} \quad ( 7 )$$

$$Q_{csg} = 3,6 * 4,4 * 5328 = 84395 \text{ [GJ/sezon]}$$

$$Q_{cspg} = 3,6 * 4,0 * 3522 = 50717 \text{ [GJ/sezon]}$$

Ilość paliwa zużytego w ciągu roku w instalacji po przebudowie (wg wzoru ( 5 ))

$$P_1 = \frac{3,6 \cdot 10^5 \cdot Q_{esg} + 100 Q_{csg}}{(\eta_{esg} + \eta_{csg}) \cdot U_1} + \frac{3,6 \cdot 10^5 \cdot Q_{espg} + 100 Q_{cspg}}{(\eta_{espg} + \eta_{cspg}) \cdot U_1} \text{ [ t/rok ]} \quad ( 5 )$$

$$P_1 = \frac{3,6 \cdot 10^5 \cdot 3,46 + 100 \cdot 84395}{(10 + 68) \cdot 22} + \frac{3,6 \cdot 10^5 \cdot 2,11 + 100 \cdot 50717}{(9,1 + 67,1) \cdot 22} = 9122 \text{ [ t/rok ]}$$

$Q_1$  – ilość energii dostarczonej z paliwem zużytym w ciągu roku [GJ/rok]

$$Q_1 = P_1 \cdot U_1 \text{ [GJ/rok]} \quad ( 3 )$$

$$Q_1 = 9122 * 22 = 200684 \text{ GJ/rok}$$

$W_1$  - wskaźnik emisji dwutlenku węgla z stosowanego paliwa – węgiel kamienny – wynosi z tabeli nr 1

$$W_1 = 94,85 \text{ kg/GJ}$$

Roczna emisja dwutlenku węgla z wybudowanej instalacji

$$E_1 = 10^{-3} * Q_1 * W_1 \quad [\text{t/rok}] \quad (2)$$

$$E_1 = 10^{-3} * 200684 * 94,85 = 19035 \text{ t/rok}$$

### **Roczna emisja dwutlenku węgla przed wykonaniem projektu (emisja uniknięta).**

W wyniku zbudowania instalacji zostanie zlikwidowana produkcja ciepła w starej instalacji (ograniczenia pracy kotłów węglowych) oraz zostanie dodatkowo produkowana energia elektryczna.

Obniżenie emisji dwutlenków węgla powstaje w wyniku uniknięcia emisji dwutlenku węgla z obniżonej produkcji energii cieplnej w dotychczasowej ciepłowni oraz z unikniętej emisji dwutlenku węgla związanej z produkcją i przesyłem energii elektrycznej z Krajowej Sieci Energetycznej.

Uniknięta emisja dwutlenku węgla związana z wyprodukowaną energią elektryczną:

$$E_{\text{cdod}} = 3600 * Q_{\text{eun}} * W_e \quad (21)$$

Wskaźnik emisji dwutlenku węgla określa się z tabeli nr 2 kol 5 poz. 1

$$W_e = 304,0 \text{ kg/GJ}$$

$$Q_{\text{eun}} = Q_{\text{esg}} + Q_{\text{espg}}$$

$$Q_{\text{eun}} = 3,46 + 2,11 = 5,57 \text{ GWh}$$

$$E_{\text{cdod}} = 3,6 * 5,57 * 304,0 = 6096 \text{ t/rok}$$

Uniknięta emisja dwutlenku węgla związana z brakiem konieczności podłączania się do Lokalnej Sieci Ciepłowniczej (LSC).

$$E_{\text{cdod}} = 0,001 * Q_{\text{cun}} * W_{\text{cLSC}} \quad [\text{GJ}] \quad (22)$$

Wskaźnik emisji dwutlenku węgla określa się z tabeli nr 2 kol. 5 poz. 2

$$W_{\text{cLSC}} = 143,7 \text{ kg/GJ}$$

$$Q_{\text{cun}} = Q_{\text{csg}} + Q_{\text{cspg}}$$

$$Q_{\text{eun}} = 84395 + 50707 = 135112 \text{ GJ/rok}$$

$$E_{\text{cdod}} = 0,001 * 135112 * 143,7 = 19416 \text{ t/rok}$$

Wielkość emisji unikniętej w wyniku realizacji projektu

$$E_2 = E_{\text{edod}} + E_{\text{cu}} = 6096 + 19416 = 25512 \text{ t/rok}$$

Oszczędności w emisji dwutlenku węgla wynikających z realizacji projektu wynosi

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 25512 - 19035 = 6477 \text{ t/rok}$$

**Roczne obniżenie emisji dwutlenku węgla w wyniku zrealizowania projektu wynosi:**

$$\Delta E = 6477 \text{ ton w ciągu roku}$$

### *Przykład nr 2*

#### **Założenia wyjściowe**

##### **Stan przed przebudową**

Ciepłownia węglowa z kotłami wodnymi o mocy cieplnej maksymalnej 50 MWc

Średnia moc cieplna w sezonie poza-grzewczym 5MWc. Ciepłownia opalana miałem węglowym o wartości opałowej 22 MJ/kg. Średnia sprawność cieplna kotłowni w sezonie grzewczym 83%, średnia sprawność cieplna kotłowni w sezonie poza-grzewczym 80%.

##### **Założenia do przebudowy instalacji**

Budowa instalacji składającej się z kotła parowego opalanego biomasą (zrębki pochodzenia leśnego i rolnego) o mocy cieplnej maksymalnej 10,8 MWc i turbiny parowej przeciwprężnej z generatorem o mocy elektrycznej 2,1 MWe. Instalacja dostarcza maksymalnie 8,0 MWc w postaci pary niskoprężnej.

Ciepło z pary grzewczej w stacji wymienników ciepła będzie zamieniane na ciepło w gorącej wodzie wykorzystywanej do ogrzewania budynków osiedli mieszkaniowych i przygotowania CWU. Energia elektryczna będzie sprzedawana do sieci zarządzanej przez Zakład Energetyczny.

Wymagana moc cieplna w paliwie 12,6 MWc. Instalacja będzie wykorzystywana cały rok:

- w sezonie grzewczym średnia moc cieplna eksploatacyjna 7,5 MWc, średnia moc elektryczna 1,95 MWe
- w sezonie poza-grzewczym średnia moc cieplna eksploatacyjna 5 MWc, średnia moc elektryczna 1,1 MWe

Czas trwania sezonu grzewczego (z PN-82/B-02403)  $t_{\text{sg}} = 222 \text{ doby} * 24 \text{ h/dobę} = 5328 \text{ h}$ .

Czas trwania sezonu poza-grzewczego  $t_{spg} = 8760 - 5328 = 3522$  h

Średnia wartość opałowa biomasy – 12 MJ/kg

### Obliczenia

1. Obliczenia ilości paliwa i energii w paliwie zużywanej przez instalację po wykonaniu przebudowy

a) Sprawność wytwarzania energii elektrycznej - na pdst w/w założeń projektowych

$$\eta_{esg} = 16,6 \%$$

$$\eta_{espg} = 14,1 \%$$

b) Sprawność wytwarzania energii cieplnej - na pdst w/w założeń projektowych

$$\eta_{csg} = 63,4 \%$$

$$\eta_{cspg} = 61,4 \%$$

Ilość energii elektrycznej i cieplnej wyprodukowane w sezonie grzewczym i poza-grzewczym (wg wzorów ( 6 ) i ( 7 ))

Ilość energii elektrycznej

$$\mathbf{Q_{ek} = M_{ek} * t_k * 10^{-3} \text{ [GWh/sezon]}} \quad \mathbf{( 6 )}$$

$$Q_{esg} = 1,95 * 5328 = 10,4 \text{ [GWh/sezon]}$$

$$Q_{espg} = 1,1 * 3522 = 3,9 \text{ [GWh/sezon]}$$

Ilość energii cieplnej

$$\mathbf{Q_{ck} = 0,278 * M_{ck} * t_k \text{ [GJ/sezon]}} \quad \mathbf{( 7 )}$$

$$Q_{csg} = 3,6 * 7,5 * 5328 = 143856 \text{ [GJ/sezon]}$$

$$Q_{cspg} = 3,6 * 5 * 3522 = 63396 \text{ [GJ/sezon]}$$

Ilość paliwa zużytego w ciągu roku w instalacji po przebudowie (wg wzoru ( 5 ))

- w związku z tym że po wykonaniu przebudowy instalacji paliwem jest biomasa, dla której wskaźnik emisji dwutlenku węgla wynosi zero tj  $W_1 = 0$  ilości paliwa można nie liczyć bo roczna emisja dwutlenku węgla będzie równa zero  $E_1 = 0,0$

Roczna emisja dwutlenku węgla przed wykonaniem projektu (emisja uniknięta).



W wyniku zastosowania zbudowanej instalacji zostanie zlikwidowana produkcja ciepła w starej instalacji (ograniczenia pracy kotłów węglowych) oraz zostanie dodatkowo produkowana energia elektryczna.

Obniżenie emisji dwutlenku węgla powstaje w wyniku uniknięcia emisji dwutlenku węgla z obniżonej produkcji energii cieplnej w dotychczasowej ciepłowni oraz z unikniętej emisji dwutlenku węgla związanej z produkcją energii elektrycznej z Krajowej Sieci Energetycznej.

Uniknięta emisja dwutlenku węgla związana z wyprodukowaną energią elektryczną

$$E_{\text{edod}} = 3600 * Q_{\text{eun}} * W_e \quad (21)$$

Wskaźnik emisji dwutlenku węgla określa się z tabeli nr 2 kol 4 poz. 1

$$W_e = 267,6 \text{ kg/GJ}$$

$$Q_{\text{eun}} = Q_{\text{esg}} + Q_{\text{espg}}$$

$$Q_{\text{eun}} = 10,4 + 3,9 = 14,3 \text{ GWh}$$

$$E_{\text{edod}} = 3,6 * 14,3 * 267,6 = 13776 \text{ t/rok}$$

Uniknięta emisja dwutlenku węgla związana z ograniczeniem wytwarzania energii cieplnej w instalacji przed przebudową.

Obliczenia emisji dwutlenku węgla po przebudowie instalacji

Wskaźnik emisji dwutlenku węgla określa się z tabeli nr 2 kol 4 poz. 2

$$E_{\text{cdod}} = 0,001 * Q_{\text{cun}} * W_{\text{cLSC}} \quad [\text{GJ}] \quad (22)$$

$$W_{\text{cLSC}} = 126,5 \text{ kg/GJ}$$

$$Q_{\text{cun}} = Q_{\text{csg}} + Q_{\text{cspg}}$$

$$Q_{\text{cun}} = 143856 + 63396 = 207252 \text{ GJ/rok}$$

$$E_{\text{cdod}} = 0,001 * 207252 * 126,5 = 26217 \text{ t/rok}$$

Wielkość emisji unikniętej w wyniku realizacji projektu

$$E_2 = E_{\text{edod}} + E_{\text{cu}} = 13776 + 26217 = 39993 \text{ t/rok}$$

Oszczędności w emisji dwutlenku węgla wynikających z realizacji projektu wynosi

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 39993 - 0 = 39993 \text{ t/rok}$$

**Roczne obniżenie emisji dwutlenku węgla w wyniku zrealizowania projektu wynosi**

$$\Delta E = 39993 \text{ ton w ciągu roku}$$

## 1.4 Obliczenia oszczędności w emisji dwutlenku węgla wynikających z realizacji projektu w OZE

W celu obliczenia oszczędności w emisji dwutlenku węgla wynikających z realizacji projektu należy skorzystać z następującego wzoru:

$$\Delta E = E_1 - E_2 \text{ [t/rok]} \quad (1)$$

gdzie:

$E_1$  – roczna emisja dwutlenku węgla zastąpiona (uniknięta) w wyniku realizacji projektu [t/rok],

$E_2$  – roczna emisja dwutlenku węgla z instalacji po realizacji projektu [t/rok].

Dla wszystkich instalacji OZE wartość wskaźników emisji dwutlenku węgla odniesione do produkowanej energii przyjmuje się za zerowe tj. emisja dwutlenku węgla z tych instalacji nie występuje  $E_2 = 0$  [t/rok].

### 1.4.1 Roczna emisja dwutlenku węgla zastąpiona ( uniknięta) w wyniku realizacji projektu

Wielkość emisji dwutlenku węgla zastąpioną ( unikniętą) w wyniku realizacji projektu określa się przyjmując że uniknięto emisję jaka by wystąpiła przy wyprodukowaniu tej samej ilości energii elektrycznej w krajowej sieci energetycznej i/lub ciepłej w lokalnej sieci ciepłowniczej.

$$E_1 = E_{1e} + E_{1c} \cdot 1000 \cdot ( Q_{1e} \cdot W_{1KSE} + Q_{1c} \cdot W_{1LSC} ) \text{ [t/rok]} \quad (2)$$

gdzie:

$E_{1e}$  – roczna emisja dwutlenku węgla związana z produkcją energii elektrycznej z instalacji po realizacji projektu

$E_{1c}$  – roczna produkcja dwutlenku węgla związana z produkcją energii ciepłej z instalacji po realizacji projektu

$W_{1KSE}$  – wskaźnik emisji dwutlenku węgla dla standardowego źródła energii elektrycznej – typowej elektrowni zasilającej Krajową Sieć Elektroenergetyczną – wartość z tabeli nr 1

Zastąpiona emisja dwutlenku węgla z dodatkowo wyprodukowanej energii elektrycznej określa się jako sumę emisji z wyprodukowanej energii elektrycznej na potrzeby własne lub lokalnego

odbiorcy i emisji z wyprodukowanej energii elektrycznej sprzedanej do krajowego systemu elektroenergetycznego.

Dla energii elektrycznej wyprodukowanej na potrzeby własne przyjmuje się wskaźnik emisji dwutlenku węgla jak dla energii wyprodukowanej w typowej (przeciętnej) elektrowni zasilającej Krajową Sieć Elektroenergetyczną z uwzględnieniem strat przesyłu – kolumna nr 5 w tabeli nr 1.

Dla energii elektrycznej wyprodukowanej i sprzedanej do Krajowej Sieci Elektroenergetycznej przyjmuje się wskaźnik emisji dwutlenku węgla jak dla energii wyprodukowanej w typowej (przeciętnej) elektrowni zasilającej Krajową Sieć Elektroenergetyczną bez uwzględnienia strat przesyłu – kolumna nr 4 w tabeli nr 2.

$$E_{1e} = 3600 * ( Q_{1eW} * W_{eW} + Q_{1eSP} * W_{eSP} ) \quad [ GJ ] \quad ( 21 )$$

gdzie:

$Q_{1eW}$  – wartość rocznej produkcji energii elektrycznej ponad ilość produkowaną w dotychczasowej instalacji i wykorzystanej na potrzeby własne lub lokalnego odbiorcy ( przy nowej instalacji odpowiada całkowitej ilości produkowanej energii elektrycznej na potrzeby własne lub lokalnego odbiorcy )

$W_{eW}$  – wskaźnik emisji dwutlenku węgla przy produkcji energii elektrycznej w elektrowniach zasilających krajowy system elektroenergetyczny z uwzględnieniem strat przesyłu (z tab. 1 kol 5)

$Q_{1eSP}$  – wartość rocznej produkcji energii elektrycznej ponad ilość produkowaną w dotychczasowej instalacji i sprzedanej do Zakładu Energetycznego zasilającego Krajowy System Elektroenergetyczny ( przy nowej instalacji odpowiada całkowitej ilości produkowanej energii elektrycznej sprzedawanej do Zakłady Energetycznego )

$W_{eSP}$  - wskaźnik emisji dwutlenku węgla przy produkcji en elektrycznej w elektrowniach zasilających krajowy system elektroenergetyczny bez uwzględnienia strat przesyłu (z tab. 1 kol 4).

Zastąpiona emisja dwutlenku węgla z dodatkowo wyprodukowanej energii cieplnej określa się jako sumę emisji z wyprodukowanej energii cieplnej wykorzystanej na potrzeby własne i emisji z wyprodukowanej energii cieplnej sprzedanej odbiorcom zewnętrznym. Dla energii cieplnej wyprodukowanej na potrzeby własne przyjmuje się wskaźnik emisji dwutlenku węgla jak dla energii wyprodukowanej w przedsiębiorstwie odpowiedniego typu zaopatrującym miejską sieć

ciepłowniczą, z uwzględnieniem strat przesyłu ciepła w miejskiej sieci ciepłowniczej – kolumna nr 5 w tabeli nr 2.

Dla energii cieplnej wyprodukowanej i sprzedanej odbiorcom zewnętrznym przyjmuje się wskaźnik emisji dwutlenku węgla jak dla energii wyprodukowanej w przedsiębiorstwie odpowiedniego typu zaopatrującym miejską/lokalną sieć ciepłowniczą, bez uwzględnienia strat przesyłu ciepła w miejskiej/lokalnej sieci ciepłowniczej – kolumna nr 5 w tabeli nr 2.

$$E_{1c} = Q_{1cW} * W_{cW} + Q_{1cSP} * W_{cSP} \quad [GJ] \quad (22)$$

$Q_{1cW}$  – wartość rocznej produkcji użytecznej energii cieplnej ponad ilość produkowaną w dotychczasowej instalacji i wykorzystywanej na potrzeby własne (przy nowej instalacji odpowiada całkowitej ilości produkowanej użytecznej energii cieplnej wykorzystanej na potrzeby własne)

$W_{cW}$  - wskaźnik emisji dwutlenku węgla przy produkcji energii cieplnej z dostępnych lokalnie systemów ciepłowniczych określonych z tab.2 zależnie od stosowanego w tych systemach paliwa i z uwzględnieniem strat przesyłu ciepła (kolumna nr 5 w tabeli nr 2).

$Q_{1cSP}$  – wartość rocznej produkcji użytecznej energii cieplnej ponad ilość produkowaną w dotychczasowej instalacji i sprzedawanej odbiorcom zewnętrznym (przy nowej instalacji odpowiada całkowitej ilości produkowanej użytecznej energii cieplnej i sprzedawanej odbiorcom zewnętrznym).

$W_{cSP}$  - wskaźnik emisji dwutlenku węgla przy produkcji energii cieplnej z dostępnych lokalnie systemów ciepłowniczych określonych z tab.1 zależnie od stosowanego w tych systemach paliwa bez uwzględnienia strat przesyłu ciepła (kolumna nr 4 w tabeli nr 1)

**Tabela nr 1 Wskaźniki emisji dwutlenku węgla dla standardowych źródeł ciepła i energii elektrycznej odniesione do jednostki dostarczonej energii elektrycznej lub cieplnej**

| Lp. | Rodzaj źródła energii cieplnej/elektrycznej                    | jednostka         | Wskaźnik emisji CO <sub>2</sub> tylko dla produkcji energii (loco producent) | Wskaźnik emisji CO <sub>2</sub> dla produkcji energii z uwzględnieniem strat przesyłu (loco odbiorca) |
|-----|--|-------------------|--|---|
| 1   | 2  | 3                 | 4  | 5   |
| 1   | Typowa elektrownia zasilająca krajową sieć elektroenergetyczną | kg/GJ en elektr   | 267,6  | 304,0   |
| 2   | Typowa ciepłownia z kotłami węglowymi                          | kg/GJ en cieplnej | 126,5  | 143,7   |

| Lp. | Rodzaj źródła energii cieplnej/elektrycznej   | jednostka         | Wskaźnik emisji CO <sub>2</sub> tylko dla produkcji energii (loco producent) | Wskaźnik emisji CO <sub>2</sub> dla produkcji energii z uwzględnieniem strat przesyłu (loco odbiorca) |
|-----|---|-------------------|--|---|
|     | zasilająca miejską/lokalną sieć ciepłowniczą  |                   |  |   |
| 3   | Typowa elektrociepłownia z kotłami węglowymi zasilająca miejską/lokalną sieć ciepłowniczą | kg/GJ en cieplnej | 120,0  | 136,0   |
| 4   | Typowa ciepłownia z kotłami gazowymi zasilająca miejską/lokalną sieć ciepłowniczą         | kg/GJ en cieplnej | 65,5   | 74,4  |

Roczna produkcja energii elektrycznej z instalacji  $Q_{1e}$  określa zależność:

$$Q_{1e} = Q_{1esg} + Q_{1espg} \quad (2) \text{ [GWh/rok]} \quad (3)$$

gdzie:

$Q_{1esg}$  – ilość energii elektrycznej wyprodukowanej w sezonie grzewczym [GWh/sezon]

$Q_{1espg}$  – ilość energii elektrycznej wyprodukowanej w sezonie poza-grzewczym [GWh/sezon]

Roczna produkcja energii cieplnej z instalacji  $Q_{1c}$  określa zależność

$$Q_{1c} = Q_{1csg} + Q_{1cspg} \quad (3) \text{ [GJ/rok]} \quad (4)$$

gdzie:

$Q_{1csg}$  – ilość energii cieplnej wyprodukowanej w sezonie grzewczym [GWh/sezon]

$Q_{1cspg}$  – ilość energii cieplnej wyprodukowanej w sezonie poza-grzewczym [GWh/sezon]

Ilość energii elektrycznej  $Q_{ek}$  lub cieplnej  $Q_{ck}$ , wyprodukowanej w sezonie grzewczym  $k = sg$  lub pozagrzewczym  $k = spg$ , w przypadku dostarczania energii cieplnej do celów grzewczych określa się na pdst projektowych danych technicznych planowanego przedsięwzięcia

Ilość energii elektrycznej  $Q_{e2k}$ :

$$Q_{1ek} = M_{1ek} * t_{1k} * 10^{-3} \text{ [GWh/sezon]} \quad (5)$$

gdzie:

$M_{1ek}$  – średnia moc elektryczna układu produkującego energię energetyczną i ciepłą w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub poza-grzewczym  $k=spg$  [MWe]

$t_k$  – czas trwania sezonu grzewczego lub pozagrzewczego [ h ] określony na pdst Polskich Norm lub danych meteorologicznych IMiGW

Ilość energii cieplnej  $Q_{1ck}$ :

$$Q_{1ck} = 3,6 * M_{1ck} * t_{1k} \quad [GJ/sezon] \quad (6)$$

gdzie:

$M_{1ck}$  – średnia moc cieplna układu produkującego en elektryczną i ciepłą w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub pozagrzewczym  $k=spg$  [MWc]

$t_k$  – czas trwania sezonu grzewczego lub pozagrzewczego (określanego wg danych IMGWiŚ lub Polskiej Normy) [ h ]

Roczną produkcję energii cieplnej z instalacji należy określić na pdst założeń projektowych w oparciu o przewidywane miesięczne zapotrzebowanie technologiczne.

W przypadku gdy planowana instalacja będzie wykorzystywana wyłącznie do celów ciepłowniczych i będzie jedynym źródłem ciepła , średnie w sezonie grzewczym zapotrzebowanie na ciepło do celów ogrzewania należy określić zgodnie z prawem energetycznym, na pdst mocy maksymalnej i średnich miesięcznych mocy wykorzystywanej i średnich miesięcznych temperatur powietrza określonych dla danej miejscowości wg danych meteorologicznych IMiGW lub polskiej normy.

#### **1.4.2 Roczna emisja dwutlenku węgla po realizacji projektu (na potrzeby własne funkcjonowania OZE)**

Należy określić ilość energii elektrycznej i/lub cieplnej niezbędnej do dostarczenia do instalacji celem zapewnienia możliwości zagospodarowania energii z OZE.

Roczną emisję dwutlenku węgla z instalacji po realizacji projektu  $E_2$  określa się z następującej zależności:

$$E_2 = 1000 * Q_2 * W_2 \quad [t/rok] \quad (7)$$

Gdzie:

$Q_2$  – ilość energii dostarczonej z paliwem kopalnym zużyty w ciągu roku [GJ/rok]

$W_2$  - wskaźnik emisji dwutlenku węgla z stosowanego paliwa [kg/GJ]

Ilość energii dostarczonej z paliwem  $Q_2$  określa się ze wzoru:

$$Q_2 = P_2 * U_2 \quad [GJ/rok] \quad (8)$$

gdzie:

$U_2$  – wartość opałowa paliwa [ MJ/kg] lub [MJ/m<sup>3</sup>]

$P_2$  – roczne zużycie paliwa w instalacji [t/rok], [tys m<sup>3</sup>/rok]

Wskaźniki emisji dwutlenku węgla dla typowych paliw zestawiono w tabeli nr 2

**Tabela nr 2 Wskaźniki emisji dwutlenku węgla ze spalania różnych paliw**

| Lp. | Rodzaj paliwa                    | jednostka | Wskaźnik emisji |
|-----|----------------------------------|-----------|-----------------|
| 1   | Węgiel kamienny                  | kJ/GJ     | 94,85           |
| 2   | Węgiel brunatny                  | kJ/GJ     | 107,83          |
| 3   | Ropa naftowa                     | kJ/GJ     | 72,60           |
| 4   | Gaz ziemny                       | kJ/GJ     | 55,82           |
| 5   | Inne produkty naftowe            | kJ/GJ     | 109,76          |
| 6   | Koks naftowy                     | kJ/GJ     | 99,83           |
| 7   | Koks i półkoks                   | kJ/GJ     | 106,00          |
| 8   | Gaz ciekły                       | kJ/GJ     | 62,44           |
| 9   | Benzyny silnikowe                | kJ/GJ     | 68,61           |
| 10  | Benzyny lotnicze                 | kJ/GJ     | 69,3            |
| 11  | Paliwa odrzutowe                 | kJ/GJ     | 70,79           |
| 12  | Olej napędowy                    | kJ/GJ     | 73,33           |
| 13  | Oleje opałowe                    | kJ/GJ     | 76,59           |
| 14  | Gaz rafineryjny                  | kJ/GJ     | 66,07           |
| 15  | Gaz koksowniczy                  | kJ/GJ     | 47,43           |
| 16  | Gaz wielkopiecowy                | kJ/GJ     | 240,79          |
| 17  | Biopaliwa, biogaz, biomasa, itp. | kJ/GJ     | 0,00            |

Dla paliw nietypowych, nie umieszczonych w tabeli nr 2 wskaźnik emisji dwutlenku węgla można obliczyć z zależności:

$$W_2 = 3660 * C_2 / U_2 \quad [\text{kg/GJ}] \quad (9)$$

gdzie:

$C_2$  – udział masowy węgla pierwiastkowego w paliwie [kg/kg], [kg/Nm<sup>3</sup>]

$U_2$  – wartość opałowa paliwa [MJ/kg], [MJ/Nm<sup>3</sup>]

Ilość paliwa zużytego w ciągu roku określa się ze wzoru:

$$P_2 = \frac{3.6 \cdot 10^5 \cdot Q_{e2sg} + 100 Q_{c2sg}}{(\eta_{e2sg} + \eta_{c2sg}) \cdot U_2} + \frac{3.6 \cdot 10^5 \cdot Q_{e2spg} + 100 Q_{c2spg}}{(\eta_{e2spg} + \eta_{c2spg}) \cdot U_1} \quad [\text{t/rok}] \quad (10)$$

gdzie;

$Q_{e2sg}$  – ilość energii elektrycznej zużyta w sezonie grzewczym [GWh/sezon]

$Q_{e2spg}$  – ilość energii elektrycznej zużyta w sezonie poza-grzewczym [GWh/sezon]

$Q_{c2sg}$  – ilość użytecznej energii cieplnej zużytej w sezonie grzewczym [GJ/sezon]

$Q_{c2spg}$  – ilość użytecznej energii cieplnej zużytej w sezonie poza-grzewczym [GJ/sezon]

$\eta_{e2sg}$  – udział procentowy dostarczonej energii elektrycznej w wyprodukowanej energii cieplnej, średnia w sezonie grzewczym [ % ]

$\eta_{e2spg}$  – udział procentowy dostarczonej energii elektrycznej w wyprodukowanej energii cieplnej, średnia w sezonie poza-grzewczym [ % ]

$\eta_{c2sg}$  – udział procentowy dostarczonej energii cieplnej w wyprodukowanej energii cieplnej, średnia w sezonie grzewczym [ % ]

$\eta_{c2spg}$  – udział procentowy dostarczonej energii cieplnej w wyprodukowanej energii cieplnej, średnia w sezonie poza-grzewczym [ % ]

$U_2$  – jak we wzorze ( 3,4 )

Ilość energii elektrycznej lub cieplnej  $Q_{e2k}$ ,  $Q_{c2k}$  zużytej w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub pozagrzewczym  $k=spg$ , w przypadku dostarczania energii cieplnej do celów grzewczych określa się na podstawie wykresu uporządkowanego obciążeń cieplnych

$$Q_{e2k} = M_{e2k} * t_{2k} * 10^{-3} \quad [\text{GWh/sezon}] \quad (11)$$

gdzie:

$M_{e2k}$  – średnia moc elektryczna układu produkującego energetyczną i ciepłą w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub pozagrzewczym  $k=spg$  [MWe]

$t_{2k}$  – czas trwania sezonu grzewczego lub pozagrzewczego [ h ] określony na pdst Polskich Norm lub danych meteorologicznych IMiGW

$$Q_{c2k} = 0,278 * M_{c2k} * t_k \quad [\text{GJ/sezon}] \quad (12)$$

gdzie:

$M_{c2k}$  – średnia moc cieplna układu produkującego en elektryczną i ciepłą w sezonie grzewczym  $k=sg$  lub pozagrzewczym  $k=spg$  [MWc]

$t_{2k}$  – czas trwania sezonu grzewczego lub pozagrzewczego (określanego wg danych IMGWiŚ lub Polskiej Normy) [ h ]

Zapotrzebowanie dodatkowej energii elektrycznej lub cieplnej  $\eta_{ek}$ ,  $\eta_{ck}$  niezbędnej do prawidłowego działania instalacji wykonanej w ramach projektu obliczana jest na pdst danych projektowych producentów instalacji w odniesieniu do energii zawartej w paliwie określonej za pomocą wartości opałowej, następująco

$$\eta_{ek}, \eta_{ck} = 100 * Q_k / U_{pal} \quad (13)$$

gdzie:



$Q_k - Q_e, Q_c$  – uzyskana energia elektryczna/ciepłna z 1kg paliwa stosowanego w instalacji

$U_{pal}$  – wartość opałowa 1kg/1Nm<sup>3</sup> paliwa [MJ/kg], [MJ/Nm<sup>3</sup>]

## 1.5 Przykłady

### *Przykład nr 1*

#### **Założenia wyjściowe**

#### **Założenia do budowy instalacji**

Budowa instalacji składającej się z kotła parowego opalanego biomasą (zrębki pochodzenia leśnego i rolnego) o mocy cieplnej maksymalnej 10,8 MWc i turbiny parowej przeciwprężnej z generatorem o mocy elektrycznej 2,1 MWe. Instalacja dostarcza maksymalnie 8,0 MWc w postaci pary niskoprężnej.

Ciepło z pary grzewczej w stacji wymienników ciepła będzie zamieniane na ciepło w gorącej wodzie wykorzystywanej do celów technologicznych w zakładzie.

Wymagana moc cieplna w paliwie 12,6 MWc. Instalacja będzie wykorzystywana cały rok:

- w sezonie grzewczym średnia moc cieplna eksploatacyjna 7,5 MWc, średnia moc elektryczna 1,95 MWe
- w sezonie poza-grzewczym średnia moc cieplna eksploatacyjna 5 MWc, średnia moc elektryczna 1,1 MWe

Czas trwania sezonu grzewczego (z PN-82/B-02403)  $t_{sg} = 222 \text{ doby} * 24 \text{ h/dobę} = 5328 \text{ h}$ .

Czas trwania sezonu poza-grzewczego  $t_{spg} = 8760 - 5328 = 3522 \text{ h}$

Średnia wartość opałowa biomasy – 12 MJ/kg

#### **Obliczenia**

1. Obliczenia ilości paliwa i energii w paliwie zużywanego wytwarzanej przez instalację po wykonaniu przebudowy

a) Sprawność wytwarzania energii elektrycznej - na pdst w/w założeń projektowych

$$\eta_{esg} = 16,6 \%$$

$$\eta_{espg} = 14,1 \%$$

b) Sprawność wytwarzania energii cieplnej - na pdst w/w założeń projektowych

$$\eta_{csg} = 63,4 \%$$

$$\eta_{\text{esg}} = 61,4 \%$$

Ilość energii elektrycznej i ciepłej wyprodukowane w sezonie grzewczym i poza-grzewczym ( wg wzorów ( 6) i ( 7) )

Ilość energii elektrycznej

$$Q_{1\text{ek}} = M_{\text{ek}} * t_{\text{k}} * 10^{-3} \quad [\text{GWh/sezon}] \quad ( 5 )$$

$$Q_{1\text{esg}} = 1,95 * 5328 = 10,4 \quad [\text{GWh/sezon}]$$

$$Q_{1\text{espg}} = 1,1 * 3522 = 3,9 \quad [\text{GWh/sezon}]$$

Ilość energii ciepłej

$$Q_{1\text{ck}} = 3,6 * M_{1\text{ck}} * t_{1\text{k}} \quad [\text{GJ/sezon}] \quad ( 6 )$$

$$Q_{1\text{csg}} = 3,6 * 7,5 * 5328 = 143856 \quad [\text{GJ/sezon}]$$

$$Q_{1\text{cspg}} = 3,6 * 5 * 3522 = 63396 \quad [\text{GJ/sezon}]$$

W związku z tym, że po wykonaniu przebudowy instalacji paliwem jest biomasa, dla której wskaźnik emisji ditlenku węgla wynosi zero tj  $W_1 = 0$  ilości paliwa można nie liczyć, bo roczna emisja dwutlenku węgla będzie równa zero  $E_1 = 0,0$

### 1.5.1 Roczna emisja dwutlenku węgla uniknięta (zaoszczędzona) w wyniku wykonania projektu (emisja uniknięta)

Eksploatacja zbudowanej instalacji pozwala uniknąć emisja dwutlenku węgla w wyniku nie podłączenia odbiorców energii z instalacji do Krajowej Sieci Energetycznej i Lokalnej Sieci Ciepłowniczej.

Uniknięta emisja dwutlenku węgla związana z wyprodukowana energie elektryczną.

$$E_{1\text{e}} = 3600 * Q_{1\text{e}} * W_{\text{eKSE}} \quad ( 21 )$$

Wskaźnik emisji dwutlenku węgla określa się z tabeli nr 2 kol 5 poz. 1

$$W_{\text{eKSE}} = 304,0 \text{ kg/GJ}$$

$$Q_{1\text{e}} = Q_{1\text{esg}} + Q_{1\text{espg}}$$

$$Q_{1\text{e}} = 10,4 + 3,9 = 14,3 \text{ GWh}$$

$$E_{1\text{e}} = 3,6 * 14,3 * 304,0 = 15650 \text{ t/rok}$$

Uniknięta emisja dwutlenku węgla związana z ograniczeniem wytwarzania energii ciepłej .

$$E_{1\text{c}} = 0,001 * Q_{1\text{c}} * W_{\text{eLSC}} \quad [\text{GJ}] \quad ( 22 )$$

Wskaźnik emisji dwutlenku węgla określa się z tabeli nr 2 kol 5 poz. 2

$$W_{\text{CLSC}} = 143,7 \text{ kg/GJ}$$

$$Q_{1c} = Q_{1csg} + Q_{1cspg}$$

$$Q_{1e} = 143856 + 63396 = 207252 \text{ GJ/rok}$$

$$E_{1cdod} = 0,001 * 207252 * 143,7 = 29782 \text{ t/rok}$$

Wielkość emisji unikniętej w wyniku realizacji projektu

$$E_2 = E_{edod} + E_{cu} = 15650 + 29782 = 45432 \text{ t/rok}$$

Oszczędności w emisji dwutlenku węgla wynikających z realizacji projektu wynosi:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 45432 - 0 = 45432 \text{ t/rok}$$

**Roczne obniżenie emisji dwutlenku węgla w wyniku zrealizowania projektu wynosi:**

$$\Delta E = 45432 \text{ ton w ciągu roku}$$