

Metodologia uproszczonego audytu energetycznego

Zamawiający:

Województwo Dolnośląskie -

Dolnośląska Instytucja Pośrednicząca

Autorzy:

dr Agnieszka Placek

dr Wojciech Rogala

Opole, październik 2018 rok



**Fundusze
Europejskie**
Program Regionalny



**DOLNY
ŚLĄSK**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Zawartość

Metodologia uproszczonego audytu energetycznego	1
1. Wprowadzenie	3
2. Założenia dotyczące organizacji przeprowadzenia uproszczonego audytu energetycznego	4
3. Założenia obliczeniowe dla przeprowadzenia uproszczonego audytu energetycznego	4
4. Metodologia uproszczonego audytu energetycznego	6
Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania energii końcowej	6
Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania na energię końcową na cele c.w.u	9
Wyznaczenie zapotrzebowania na energię pomocniczą na cele systemu c.o. i c.w.u	13
Wyznaczanie zysków energii z OZE do celów grzewczych	14
Wyznaczenie wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną EP	17
Obliczanie wielkości emisji CO ₂	19
Obliczanie wielkości emisji pyłów PM ₁₀ i PM _{2,5}	20



1. Wprowadzenie

Celem niniejszego opracowania jest opis metodologii uproszczonego audytu energetycznego, który stanowi narzędzie obliczeniowe opracowane na potrzeby konkursów ogłaszanych w ramach Działania 3.3 Efektywność energetyczna w budynkach użyteczności publicznej i sektorze mieszkaniowym - Modernizacja systemów grzewczych i odnawialne źródła energii - projekty dotyczące zwalczania emisji kominowej – typ 3.3 e Uproszczony audyt energetyczny obejmuje następujące elementy:

1. Weryfikację istniejącego wysokoemisyjnego źródła ciepła w domu jednorodzinnym, wielorodzinnym lub pojedynczym mieszkaniu zlokalizowanym w budynku jednorodzinnym lub wielorodzinnym (wymianie podlegają wyłącznie źródła ciepła na paliwa stałe nie spełniające wymogów Ekoprojektu 2020 lub wymagań klasy 5¹)
2. Weryfikację ilości spalanych paliw w istniejących źródłach ciepła
3. Weryfikację podstawowych danych budynku/lokalu ubiegającego się o wymianę źródła ciepła oraz lokalnych potrzeb i możliwości dokonania wymiany
4. Obliczenie dla budynku/lokalu ubiegającego się o wymianę źródła ciepła:
 - a. wartości wskaźnika EP (zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej)
 - b. wielkości emisji pyłów zawieszonych PM10 i PM2,5
 - c. wielkości emisji CO₂
5. Weryfikację możliwości zastosowania następujących źródeł ciepła
 - a. podłączenie do sieci ciepłowniczej/chłodniczej lub - jeśli wg stanu na dzień składania wniosku o dofinansowanie nie jest to możliwe (brak sieci) albo nie jest ekonomicznie uzasadnione (zbyt duże koszty przyłącza) należy rozważyć pozostałe opcje:
 - b. instalacja źródeł ciepła opartych o OZE (np. pomp ciepła) lub
 - c. instalacja kotłów spalających biomasę, lub ewentualnie paliwa gazowe, ale gdy osiągnięte zostanie zwiększenie efektywności energetycznej oraz zmniejszenie emisji CO₂ (w przypadku zmiany paliwa o co najmniej 30%). Kotły muszą spełniać wymogi dla Ekoprojektu 2020. **Nie ma możliwości wspierania kotłów węglowych,**
 - d. dopuszcza się również zastosowanie ogrzewania elektrycznego (kable/maty grzejne, kotły elektryczne, piece akumulacyjne itp.), pod warunkiem, że będzie ono zasilane z OZE. Mikroinstalacja (w rozumieniu ustawy o odnawialnych źródłach energii) o odpowiedniej mocy może zostać zrealizowana w ramach projektu.
6. Obliczenie dla nowych źródeł ciepła:
 - a. wartości wskaźnika EP (zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej) - wymiana źródła ciepła musi prowadzić do zmniejszenia wskaźnika EP
 - b. wielkości emisji pyłów zawieszonych PM10 i PM2,5 - wymiana źródła ciepła musi prowadzić do zmniejszenia emisji pyłów (nie dotyczy sieci ciepłowniczej)
 - c. wielkości emisji CO₂ - wymiana źródła ciepła musi prowadzić do zmniejszenia emisji CO₂; w przypadku zmiany paliwa redukcja CO₂ o co najmniej 30%(nie dotyczy sieci ciepłowniczej)

¹ według normy PN-EN 303-5:2012



2. Założenia dotyczące organizacji przeprowadzenia uproszczonego audytu energetycznego

Przyjęto następujące założenia dotyczące organizacji procesu przeprowadzania uproszczonego audytu energetycznego:

1. Bezwzględne pierwszeństwo w określeniu parametru rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP mają wartości zawarte w charakterystyce energetycznej wykonanej zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 27 lutego 2015 roku w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku, lokalu lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.
2. W drugiej kolejności przyjmuje się wartości EP określone na podstawie audytu energetycznego przeprowadzonego w związku z przedsięwzięciami termomodernizacji (wykonanego zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3 września 2015 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego).
3. W trzeciej kolejności, jeśli brak jest dwóch wymienionych powyżej dokumentów, EP określa się na podstawie wizji lokalnej dostarczającej dane wejściowe wprowadzane do arkusza stanowiącego narzędzie obliczeniowe uproszczonego audytu energetycznego.
4. Audyt uproszczony powinien zapewnić weryfikację istniejącego źródła/źródeł ciepła oraz ilości spalanej paliwa, której dokonuje się na podstawie przedstawionych faktur dokumentujących średnie wartości z 3 lat lub na podstawie deklaracji użytkownika źródeł ciepła, jeśli nie posiada on faktur.
5. Wielkość emisji CO₂ oraz pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} określa się za pomocą arkusza stanowiącego narzędzie obliczeniowe uproszczonego audytu energetycznego lub stosując analogiczne algorytmy obliczeniowe i wskaźniki z użyciem wielkości energii końcowej obliczonych w charakterystyce energetycznej lub audycie energetycznym.

3. Założenia obliczeniowe dla przeprowadzenia uproszczonego audytu energetycznego

Na potrzeby przeprowadzenia uproszczonego audytu energetycznego przyjmuje się, że budynek/lokal ubiegający się o wymianę źródła ciepła był dotychczas ogrzewany tak, aby uzyskać komfort cieplny.



Fundusze Europejskie
Program Regionalny



DOLNY
ŚLĄSK

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Średnia temperatura dla pomieszczeń po zmianie źródła ciepła się nie zmieni. Wyjątek od tej reguły może wynikać z zastosowania zaawansowanych systemów monitoringu i zarządzania energią (termostaty, czujniki temperatury, pogodowe, obecności, sterowniki, automatyczne układy regulacji, aplikacje komputerowe, gotowe systemy, urządzenia pomiarowe itp.) mające na celu zmniejszenie zużycia energii poprzez dostosowanie mocy urządzeń do chwilowego zapotrzebowania, warunków atmosferycznych itp. Zastosowanie tych systemów może prowadzić do obniżenia rocznego zapotrzebowania na energię użytkową na ogrzewanie i wentylację rzędu 10% dotychczasowego zapotrzebowania.

Podstawę obliczeń rocznego zapotrzebowania na energię końcową na ogrzewanie i wentylację stanowią dane na temat ilości spalanych paliw. Weryfikacji dokonuje się na podstawie przedstawionych faktur dokumentujących średnie wartości z 3 lat lub na podstawie deklaracji użytkownika źródeł.

Pozostałe niezbędne do obliczeń dane pozyskiwane na cele przeprowadzenia uproszczonego audytu energetycznego dotyczące sposobu wykorzystania budynku stanowią powierzchnia ogrzewana budynku/lokalu oraz liczba zamieszkujących go osób.

Ponadto osoba przeprowadzająca weryfikację określa:

1. Czy istnieje szczególnie pilna potrzeba wymiany
2. Czy istnieje możliwość podłączenia do ciepła sieciowego
3. Czy istnieje możliwość podłączenia do sieci gazowej

Dane te warunkują rekomendację dotyczącą nowego źródła ciepła. Preferowanym źródłem ogrzewania jest ciepłownia/elektrociepłownia, w dalszej kolejności należy rozpatrywać pompy ciepła, kotły na biomasę spełniające wymogi Ekoprojektu 2020 i kotły gazowe (w zależności od obecności sieci gazowej) czy ogrzewanie elektryczne.

Podstawowe współczynniki i wskaźniki obliczeniowe przyjmuje się za Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 27 lutego 2015 roku w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku, lokalu lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.

Źródłem danych odnośnie wartości wskaźników emisyjnych oraz wartości opałowych są publikacje KOBIZE:

1. KOBIZE, Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2014 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2017
2. KOBIZE, 2017, WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego DLA ENERGII ELEKTRYCZNEJ na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2016 rok (dla odbiorców końcowych energii elektrycznej wartość wskaźnika CO₂ [kg/MWh] = 781)

Ponadto, zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej z dnia 27 lutego 2015 r. (Dz.U. z 2015 r. poz. 376): "Wartość wskaźnika emisji CO₂, w zależności od rodzaju spalanego paliwa WE dla odnawialnych źródeł energii (w przypadku miejscowego wytwarzania energii w budynku): energii słonecznej, energii wiatrowej, energii geotermalnej, biomasy i biogazu, jest równa 0."

Źródłem wskaźników emisyjnych dla pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} jest opracowanie eksperckie ATMOTERM S.A. wykonane na zlecenie Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska we współpracy z Ministerstwem Środowiska, w ramach prowadzonej Grupy ds. Ochrony Powietrza i Energetyki, funkcjonującej w Sieci ENEA „Partnerstwo: Środowisko dla Rozwoju”: 2017, Podniesienie jakości i skuteczności zarządzania jakością powietrza w strefach w celu zapewnienia czystego powietrza w województwie, „Następstwa i konsekwencje prawne podjętych uchwał sejmików województw w sprawie Programów Ochrony Powietrza i Planów Działań Krótkoterminowych” Poradnik dla organów administracji publicznej Część II. Emisja pyłu dla LPG obliczana jest na podstawie wartości TSP podanej w publikacji KOBIZE, 2015, Wskaźniki emisji zanieczyszczeń za spalania paliw w kotłach o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW

4. Metodologia uproszczonego audytu energetycznego

Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania energii końcowej

Dla budynków przed wymianą źródła ciepła

Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku Q_k oblicza się wg wzoru:

$$Q_k = Q_{k,h} + Q_{k,w} + E_{el\ pom}$$

gdzie:

$Q_{k,h}$ – roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu ogrzewania [kWh/rok]

$Q_{k,w}$ – roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej [kWh/rok]

$E_{el\ pom}$ – roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemów technicznych [kWh/rok]

$$Q_{k,h} = B \cdot W_O$$

gdzie:



Fundusze Europejskie
Program Regionalny



**DOLNY
ŚLĄSK**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



B - średnie zużycie paliw z ostatnich 3 lat [kg lub m³]

WO – Wartość opałowa paliwa przyjęta za:

KOBIZE, Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2014 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2017.

RODZAJ PALIWA	WO [MJ/kg]	WO [MJ/m ³]
Drewno/biomasa	15,6	
Węgiel kamienny	22,67	
Węgiel brunatny	8,13	
Olej opałowy lekki	43	
Gaz ziemny wysokometanowy		36,3
Gaz ciekły LPG (propan)	47,3	

Narzędzie umożliwia wprowadzenie dwóch rodzajów paliw dla głównego źródła ciepła oraz wprowadzenie danych dla jednego pomocniczego źródła ciepła.

Energia elektryczna do celów grzewczych

Jeżeli do celów grzewczych pomocniczo jest wykorzystywana energia elektryczna, jej ilość można oszacować dokonując następujących obliczeń:

$$E_h = Q_{el} \cdot \eta \cdot t_{uz} / 1000$$

gdzie:

E_h - energia do celów grzewczych [kWh/rok],

Q_{el} - moc instalacji [W],

η - sprawność instalacji [%],

t_{uz} - średni czas użytkowania w godzinach /rok [h/rok]

Dla budynków po wymianie źródła ciepła

Wspólnym mianownikiem pozwalającym na wyliczenie energii niezbędnej do ogrzewania dostarczanej przez nowe źródła ciepła jest energia użytkowa potrzebna do ogrzewania, którą wylicza się na podstawie energii końcowej oraz sprawności dotychczasowego systemu ogrzewania (1).

$$Q_{u,h} = Q_{k,h} \cdot \eta_{H,tot} \cdot 1$$

$Q_{u,h}$ – roczne zapotrzebowanie na energię użytkową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu ogrzewania [kWh/rok]

$\eta_{H,tot} \cdot 1$ – Całkowita sprawność systemu c.o. przed wymianą źródła

Jeśli system ogrzewania jest złożony i obejmuje więcej niż jedno źródło, wyliczenia prowadzone są osobno dla każdego źródła.

Zapotrzebowanie na energię końcową dla nowego źródła (2) obliczane jest ze wzoru:

$$Q_{k,h\ 2} = Q_{u,h} / \eta_{H,tot\ 2}$$

$\eta_{H,tot\ 2}$ – Całkowita sprawność systemu c.o. po wymianie źródła

Całkowita sprawność systemu c.o. $\eta_{H,tot}$ jest przyjmowana zgodnie z poniższą tabelą, sporządzoną na podstawie obowiązującego Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej z dnia 27 lutego 2015 r. (Dz.U. z 2015 r. poz. 376), z koniecznymi uproszczeniami:

Źródło ogrzewania	Sprawność wytwarzania ciepła z nośnika energii lub energii dostarczanych do źródła ciepła $\eta_{H,g}$ (c.o.)	Sprawność przesyłu ciepła ze źródła do przestrzeni ogrzewanej $\eta_{H,d}$ (c.o.)	Sprawność regulacji i wykorzystania ciepła w przestrzeni ogrzewanej $\eta_{H,e'}$ (c.o.)	Sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych $\eta_{H,s}$ (c.o.)	Całkowita sprawność systemu c.o. $\eta_{H,tot}$
Kocioł na pellety automatyczny	0,8	0,96	0,88	0,95	0,64
Kocioł na biomasę wrzutowy z obsługą ręczną	0,65	0,96	0,77	0,93	0,45
Kocioł na biomasę automatyczny	0,7	0,96	0,88	0,95	0,56
Ciepłownia (węgiel kamienny)	0,98	0,96	0,88	1	0,83
Elektrociepłownia (kogeneracja węgiel lub gaz)	0,98	0,96	0,88	1	0,83
Kocioł gazowy nowego typu (gaz ziemny)	0,86	0,96	0,77	0,95	0,60
Kocioł gazowy kondens. (gaz ziemny)	0,94	0,96	0,88	0,95	0,75
Kocioł gazowy standard (propan)	0,86	0,96	0,77	0,95	0,60
Kocioł gazowy kondens. (propan)	0,94	0,96	0,88	0,95	0,75
Kocioł olejowy	0,86	0,96	0,77	0,95	0,60
Pompa ciepła woda/woda, glikol/woda lub bezpośrednio odparowanie w gruncie/woda	3,5	0,96	0,93	0,95	2,97
Pompa ciepła powietrze/woda	2,6	0,96	0,93	0,95	2,21
Pompa ciepła powietrze/powietrze	3	0,96	0,93	0,95	2,54
Elektryczny podgrzewacz akumulacyjny	1	1	0,91	1	0,91

Elektryczny podgrzewacz przepływowy	0,94	1	0,91	1	0,86
Kocioł gazowy starego typu (gaz ziemny)	0,86	0,96	0,77	0,93	0,59
Kocioł węglowy stary	0,6	0,96	0,77	0,93	0,41
Kocioł węglowy nowy, poniżej 5 klasy, nie spełniający wymogów Ekoprojektu 2020	0,82	0,96	0,88	0,93	0,64
Kominiek z zamkniętą komorą spalania spełniający wymogi Ekoprojektu 2020	0,7	1	0,7	1	0,49
Kominiek z zamkniętą komorą spalania	0,7	1	0,7	1	0,49
Kominiek z otwartym paleniskiem	0,2	1	0,7	1	0,14
Piec kaflowy	0,8	1	0,7	1	0,56
Ogrzewanie elektryczne	0,99	1	0,91	1	0,90

Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania na energię końcową na cele c.w.u

Dla budynków przed wymianą źródła ciepła

Jeżeli budynek/lokal ubiegający się o wymianę źródła ciepła ma system ogrzewania oraz system przygotowania ciepłej wody użytkowej, które są zasilane jednym rodzajem nośnika energii i w dokumentach potwierdzających rzeczywiste zużycie nośnika nie jest wskazany cel jego zużycia, roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię końcową dla systemu ogrzewania oraz systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej jest wyznaczane wspólnie. Oznacza to, że w narzędziu obliczeniowym uproszczonego audytu w sekcji 3 (Dotychczasowy sposób podgrzania ciepłej wody użytkowej) w polu „Urządzenie do podgrzania c.w.u” wybieramy „brak”.

Jeśli system przygotowania ciepłej wody użytkowej oparty jest o użycie niezależnego urządzenia, lub system ten jest złożony i urządzenie do podgrzania c.w.u funkcjonuje równolegle lub komplementarnie do głównego źródła ciepła, wskazujemy rodzaj wykorzystywanego urządzenia i określamy procentowy udział źródła c.w.u. w pokryciu zapotrzebowania na energię do podgrzania c.w.u. (pozostałą część zapotrzebowania może pokrywać główne źródło ciepła). Jeśli system podgrzewania ciepłej wody jest niezależny od głównego źródła ciepła jego udział określamy jako 100%.

Dla budynków po wymianie źródła ciepła

Symulację zapotrzebowania na energię końcową do przygotowania ciepłej wody użytkowej opiera się na obliczeniowym zapotrzebowaniu na ciepło użytkowe do podgrzania ciepłej wody. Do narzędzia wprowadza się dane urządzenia grzewczego lub systemu grzewczego funkcjonującego po wymianie (niezależnie od danych wprowadzanych dla źródła ciepła). Nie określa się tu udziału procentowego głównego źródła. Całość obliczeń w obu przypadkach bazuje na tych samych równaniach.

Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania na energię końcową na cele c.w.u oblicza się wg wzoru:

$$Q_{k,w} = E_{Wody} / \eta_{W,tot}$$

gdzie:

E_{Wody} - roczne zapotrzebowanie na ciepło użytkowe do podgrzania ciepłej wody [kWh/rok]

$\eta_{W,tot}$ – efektywność wytwarzania, przesyłu i magazynowania c.w.u.

Wyznaczenie rocznego zapotrzebowania na ciepło użytkowe do podgrzania ciepłej wody

$$E_{Wody} = CW \cdot \rho \cdot V_{Wody} \cdot \text{Liczba mieszkańców} \cdot (T_c - T_z) \cdot \text{tuz} / 1000 \cdot 3600$$

gdzie:

CW – ciepło właściwe powietrza 4190 J/(kg·K),

ρ – gęstość wody 1000 kg/m³

V_{Wody} – dobowe zapotrzebowanie na c.w.u. / osobę (domyślnie przyjmowane jako 35 litrów)

T_c – temperatura ciepłej wody (domyślnie przyjmowana jako 55°C)

T_z – temperatura zimnej wody (domyślnie przyjmowana jako 10 °C)

tuz – czas użytkowania w ciągu roku: 365 dni * 90% = 328,5 dnia (przyjmuje się obecność każdej z osób w domu na poziomie 90%)

$$\eta_{W,tot} = \eta(c.w.u.) \cdot \eta_D \cdot \eta_Z$$

gdzie:

$\eta(c.w.u.)$ – Sprawność źródła ciepła dla przygotowania ciepłej wody [%]

η_D – Efektywność dystrybucji wody dla instalacji [%]

η_Z – Efektywność akumulacji ciepła w systemie ciepłej wody dla zasobnika [%]

Przyjęte sprawności wytwarzania ciepła (dla przygotowania ciepłej wody) w źródłach

Źródło ogrzewania	Sprawność η (c.w.u.)
Kocioł na pellety automatyczny	80%
Kocioł na biomasę automatyczny	75%
Ciepłownia (węgiel kamienny)*	98%
Elektrociepłownia (kogeneracja węgiel lub gaz)*	98%
Kocioł węglowy stary	40%
Kocioł węglowy nowy, poniżej 5 klasy, nie spełniający wymogów Ekoprojektu 2020	65%
Kocioł gazowy starego typu (gaz ziemny)	65%
Kocioł gazowy nowego typu (gaz ziemny)	83%



Fundusze Europejskie
Program Regionalny



DOLNY ŚLĄSK

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Kocioł gazowy kondensacyjny (gaz ziemny)	85%
Kocioł gazowy standard (propan)	83%
Kocioł gazowy kondensacyjny (propan)	85%
Terma gazowa z zapłonem elektrycznym	85%
Terma gazowa z zapłonem dyżurnym	50%
Kocioł olejowy	83%
Elektryczny podgrzewacz akumulacyjny	96%
Elektryczny podgrzewacz przepływowy	99%
Pompa ciepła woda/woda, glikol/woda lub bezpośrednio odparowanie w gruncie/woda**	300%
Pompa ciepła powietrze/woda**	260%

*dla elektrociepłowni i ciepłowni przyjęto sprawność dla węzłów cieplnych kompaktowych z obudową

**sprawność dla pomp przyjęto jak dla pomp napędzanych elektrycznie

Przyjęta efektywność dystrybucji wody dla instalacji

Dystrybucja	Efektywność (η_D)
Miejscowe przygotowanie ciepłej wody bezpośrednio przy punktach poboru	100%
Domy jednorodzinne: rury dobrze izolowane	95%
Domy jednorodzinne: rury plastikowe	85%
Domy jednorodzinne: rury nieizolowane	60%
Domy wielorodzinne: rury dobrze izolowane, automatyka	70%
Domy wielorodzinne: rury nieizolowane	50%
Kompaktowy węzeł cieplny dla pojedynczego lokalu mieszkalnego, bez obiegu cyrkulacyjnego	85%

Przyjęta efektywność akumulacji ciepła w systemie ciepłej wody dla zasobnika

Zasobnik	Efektywność (η_Z)
Brak zasobnika	100%
Węzeł cieplny bez zasobnika (podłączenie do ciepłowni zewn.)	100%
Zasobnik wyprodukowany po 2005 r.	85%
Zasobnik wyprodukowany w latach 2001-2005	80%
Zasobnik wyprodukowany w latach 1995-2000	65%
Stary zasobnik wyprodukowany przed 1995 r.	60%

Kolektory słoneczne

Istnieje możliwość wprowadzenia kolektorów słonecznych jako źródło wspomagające przygotowanie c.w.u. Jako źródło o zmiennej dostawie energii nie mogą one występować autonomicznie, a jedynie

jako dodatkowe urządzenie. Energia na ogrzewanie wody E_{WodyTot} jest najpierw zaspokajana za pomocą kolektorów słonecznych, pozostała energia jest zaspokajana z pomocą urządzenia grzewczego. Udział kolektorów w pokryciu zapotrzebowania na energię do podgrzania c.w.u. określany jest jako różnica między obliczeniowym rocznym zapotrzebowaniem na energię końcową na cele c.w.u. a sumą miesięcznych bilansów energii urządzenia grzewczego. Bilanse miesięczne energii urządzenia grzewczego dla systemu wspomaganego kolektorami oblicza się jako miesięczne zapotrzebowanie na c.w.u. pomniejszone o potencjalny uzysk energii z kolektora.

$$Q_{k,w} \text{ m urz. c.w.u.} = Q_{k,w} \text{ m} - Q_{\text{sol m}} * D$$

gdzie:

$Q_{k,w} \text{ m urz. c.w.u.}$ – zapotrzebowanie miesięczne na energię końcową dostarczaną do urządzenia do podgrzania c.w.u.

$Q_{k,w} \text{ m}$ – miesięczne zapotrzebowanie na energię końcową do podgrzania c.w.u.

Q_{sol} - miesięczny zysk energii z kolektora wybranego typu (dla każdego miesiąca wg tabeli poniżej)

D – powierzchnia zainstalowanych kolektorów

Jeśli energia dostarczana przez kolektory jest większa od potrzebnej do ogrzewania wody, nadwyżka jest pomijana. Jeśli energia jest niewystarczająca, pozostałą część energii dostarcza podstawowe urządzenie grzewcze.

Na podstawie średniej ilości energii słonecznej docierającej miesięcznie do powierzchni Ziemi w Polsce, w obliczeniach przyjęto ilość energii pozyskiwanej miesięcznie przez 1m^2 kolektora ustawionego w kierunku południowym pod kątem 45° w zależności od typu kolektora (płaski / próżniowy) zgodnie z poniższą tabelą.

Miesiąc	Energia słońca [45°]	miesięczny zysk energii z kolektora w zależności od typu	
		Kolektor płaski	Kolektor próżniowy
I	28	8,4	14
II	48	14,4	24
III	81	24,3	40,5
IV	107	32,1	53,5
V	136	40,8	68
VI	132	39,6	66
VII	133	39,9	66,5
VIII	126	37,8	63
IX	94	28,2	47
X	65	19,5	32,5
XI	30	9	15
XII	19	5,7	9,5



Fundusze Europejskie
Program Regionalny



**DOLNY
ŚLĄSK**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Potencjalne zyski energii z kolektorów pomniejszają ilość energii końcowej potrzebnej do dostarczenia za pomocą urządzenia grzewczego.

Wyznaczenie zapotrzebowania na energię pomocniczą na cele systemu c.o. i c.w.u.

Urządzenia pomocnicze stanowią pompy obiegowe ogrzewania i ciepłej wody. Zakłada się w budynku standardowym systemem ogrzewczy z grzejnikami płytowymi lub członowymi. Po zmianie źródła ciepła na pompę ciepła urządzenia przelicza się dla pompy (w uproszczeniu przyjęto bardziej energochłonną pompę woda/woda) i ogrzewania podłogowego. Po zmianie źródła ciepła na ciepłownię lub elektrociepłownię pompy regulacji kotła zastępuje się regulacją węzła cieplnego.

Zapotrzebowanie na energię pomocniczą na cele systemu c.o. i c.w.u. oblicza się według wzoru:

$$E_{el\ pom} = E_{el\ pom\ H} + E_{el\ pom\ W}$$

gdzie:

$E_{el\ pom\ H}$ - energia pomocnicza na cele systemu c.o.

$E_{el\ pom\ W}$ - energia pomocnicza na cele systemu c.w.u.

Dla każdego z systemów:

$$E_{el\ pom} = \sum q_{el} \cdot t_{uz} \cdot A_f / 1000$$

gdzie:

q_{el} - moc urządzeń [W],

t_{uz} - czas użytkowania [h/rok],

A_f - powierzchnia ogrzewana budynku [m²]

Wskaźniki przyjęto dla budynków o powierzchni ogrzewanej poniżej 250 m²

urządzenia pomocnicze C.O.	q_{el} [W/m ²]	t_{uz} [h/rok]
pompy obiegowe w systemie ogrzewczym z grzejnikami płytowymi lub członowymi	0,3	5700
pompa ładująca zasobnik buforowy	0,2	1500
napęd pomocniczy i regulacja kotła c.o.	0,5	2520
pompy obiegowe w systemie ogrzewczym z grzejnikami podłogowymi	0,5	6700



Fundusze Europejskie
Program Regionalny



**DOLNY
ŚLĄSK**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



urządzenia pomocnicze C.O.	qel [W/m ²]	tuz [h/rok]
napęd pomocniczy w systemie ogrzewczym pompy ciepła woda/woda	0,7	1600
napęd pomocniczy w systemie ogrzewczym pompy ciepła glikol/woda	0,45	1600

urządzenia pomocnicze C.W.U.	qel [W/m ²]	tuz [h/rok]
pompy cyrkulacyjne w systemie c.w.u.	0,15	8760
pompa ładująca zasobnik c.w.u.	0,25	270
napęd pomocniczy i regulacja kotła c.w.u.	1,4	310
napęd pomocniczy w systemie przygotowania c.w.u. pompy ciepła woda/woda	0,7	400
napęd pomocniczy w systemie przygotowania c.w.u. pompy ciepła glikol/woda	0,45	400
regulacja węzła cieplnego	0,09	8760
pompy i regulacja instalacji solarnej	0,4	1530

Wyznaczanie zysków energii z OZE do celów grzewczych

W związku z możliwością pozyskania części energii na cele grzewcze z odnawialnych źródeł energii (OZE), narzędzie umożliwia wprowadzenie takich instalacji do celów wspomagania ogrzewania. Jako najpowszechniejsze źródło OZE narzędzie przyjmuje zastosowanie mikroinstalacji fotowoltaicznej (PV) do celów grzewczych. Potencjalne zyski energii są przyjmowane w zależności od zainstalowanej mocy modułów. Obliczenia bazowe przeprowadzono według wzoru:

$$E_{rzeczywista} = \frac{\text{Nasłonecznienie} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right] * \text{wspKor} * \text{Moc modułów [kW]} * WW}{\text{Nat prom. (STC)} \left[\frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right]}$$

gdzie :

E rzeczywista – energia dostarczana przez moduł rocznie w kWh

Nasłonecznienie – średnie nasłonecznienie na powierzchnię poziomą (na terenie Dolnego Śląska nasłonecznienie jest silnie zróżnicowane, w uproszczeniu przyjęto średnią wartość na poziomie 1000 kWh/m²)



Fundusze Europejskie
Program Regionalny



**DOLNY
ŚLĄSK**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



wspKor - współczynnik korekcyjny uwzględniający kąt odchylenia płaszczyzny panelu od południa oraz kąt nachylenia dachu (przyjęty współczynnik korekcyjny 1,12 zakłada umieszczenie paneli pod kątem 45%, skierowanych na południe)

WW – Współczynnik wydajności określający straty energetyczne na instalacji fotowoltaicznej obliczany jako 100% – poziom wszystkich strat (zakładane straty energii są na poziomie 20%, przyjęto WW=0,8)

Nat. prom. (STC) – natężenie promieniowania słonecznego, przy którym testowane są moduły fotowoltaiczne (1000 W/m² = 1 kW/m²)

Moc modułów – moc nominalna modułów (generatora PV) wyznaczona w warunkach STC (obliczono dla modułów o mocy 1 kW)

$$E \text{ rzeczywista} = (1000 \text{ kWh/m}^2 * 1,12 * 1 \text{ kW} * 0,8) / 1000 \text{ W/m}^2 = 896 \text{ kWh}$$

E rzeczywista na moduł o nominalnej mocy 1 kW w założonych warunkach wynosi 896 kWh rocznie. Zyski energii z OZE wyznacza się maksymalnie do wysokości zapotrzebowania na energię elektryczną poszczególnych elementów systemu (Energia pomocnicza E elpom oraz elektryczne urządzenia grzewcze np. grzejniki akumulacyjne, czy elektryczny podgrzewacz przepływowy c.w.u.), zakładając, że energia jest w pierwszej kolejności zużywana do celów grzewczych, a nadwyżki mocy są konsumowane przez pozostałe urządzenia w budynku (nie wpływające na jego efektywność i bilans energetyczny) lub są oddawane do sieci. Uprozczone obliczenia nie uwzględniają ewentualnego odbioru nadwyżek energii z sieci.



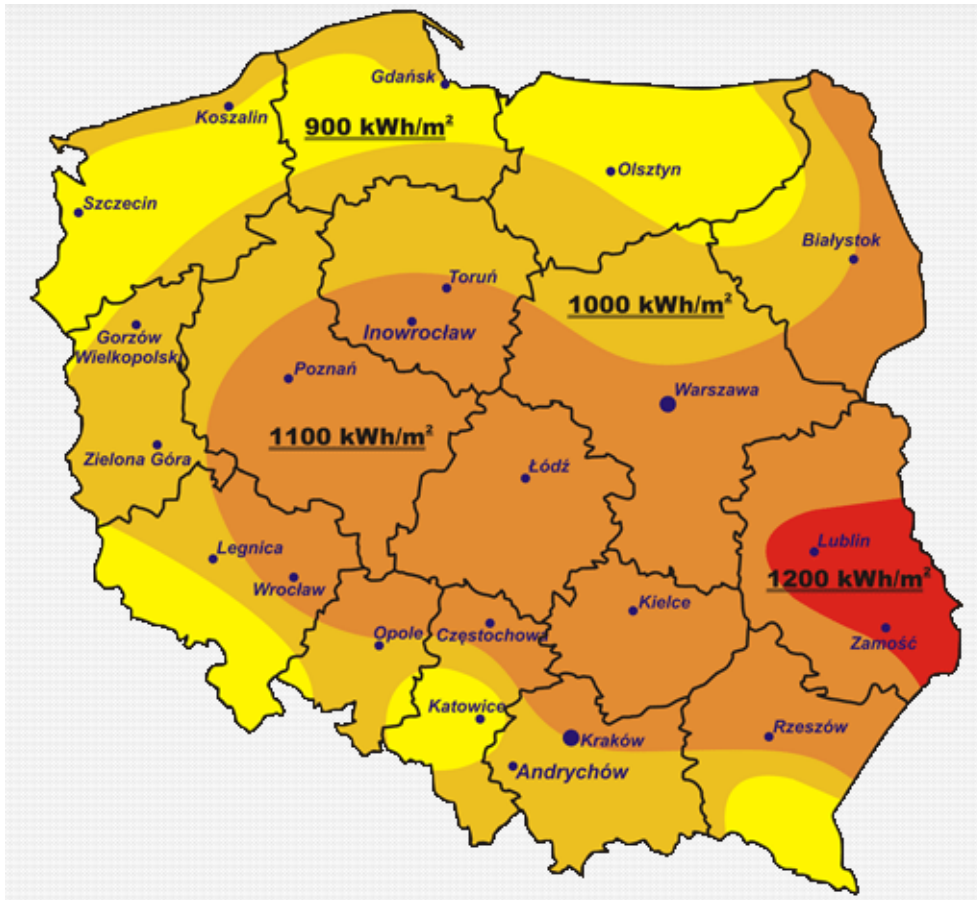
Fundusze Europejskie
Program Regionalny



DOLNY ŚLĄSK

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego





Mapa nasłonecznienia w Polsce

Tabela współczynników korekcyjnych, gdzie w poziomie jest podany kąt odchylenia od południa, a w pionie kąt nachylenia dachu.



Fundusze Europejskie
Program Regionalny



DOLNY ŚLĄSK

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Kąt	-90	-85	-80	-75	-70	-65	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04
10	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07
15	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,09	1,10
20	0,97	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,01
25	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
30	0,94	0,96	0,96	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
35	0,93	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
40	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13
45	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,05	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12
50	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11
55	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,97	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08
60	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	1,00	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06
65	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
70	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
75	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95
80	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90
85	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
90	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,97	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Wyznaczenie wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną EP

Wskaźnik EP dla budynku przed i po modernizacji źródła ciepła wyznacza się zgodnie z metodą określoną w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 27 lutego 2015 roku w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku, lokalu lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, według wzoru:

$$EP = Q_p / A_f \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)]}$$

gdzie:

Q_p roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną dla systemów technicznych (c.o. i c.w.u.) [kWh/rok]



Fundusze Europejskie
Program Regionalny



**DOLNY
ŚLĄSK**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Af powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza [m²]

Roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną dla systemów technicznych (c.o. i c.w.u.) Qp wyznacza się według wzoru:

$$Q_p = Q_{ph} + Q_{pw}$$

gdzie:

Q_{ph} - roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną dla systemu ogrzewania

Q_{pw} - roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną dla systemu przygotowania c.w.u.

Dla każdego elementu systemu (oznaczonego jako x) zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną oblicza się jako:

$$Q_{px} = Q_{kx} \cdot W_i$$

gdzie:

W_i - współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie:

a) nośnika energii lub energii dla systemu ogrzewania (współczynnik W_h),

b) nośnika energii lub energii dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej (współczynnik W_w),

d) energii elektrycznej (współczynnik W_{el})

Wobec czego ostateczne równania przyjmują postać:

$$Q_{ph} = Q_{kh} \cdot W_h + E_{El \text{ pom H}} \cdot W_{el}$$

$$Q_{pw} = Q_{kw} \cdot W_w + E_{El \text{ pom w}} \cdot W_{el}$$

Wartości współczynników nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii dla systemów technicznych W_i przyjmuje się zgodnie z tabelą:

Lp.	Sposób zasilania budynku lub części budynku w energię	Rodzaj nośnika energii lub energii	W _i
1	Miejscowe wytwarzanie energii w budynku	olej opałowy	1,10
2		gaz ziemny	
3		gaz płynny	
4		węgiel kamienny	
5		węgiel brunatny	
6		energia słoneczna	
7	energia wiatrowa		

8		energia geotermalna	
9		biomasa	0,20
10		biogaz	0,50
11	ciepło sieciowe z kogeneracji	węgiel kamienny lub gaz	0,80
12		biomasa, biogaz	0,15
13	ciepło sieciowe z ciepłowni	węgiel kamienny	1,30
14		gaz lub olej opałowy	1,20
15	Sieć elektroenergetyczna systemowa	energia elektryczna	3,00

Obliczanie wielkości emisji CO₂

Wielkość emisji CO₂ wyznacza się stosując metodologię zawartą w obliczaniu charakterystyki energetycznej budynku zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej z dnia 27 lutego 2015 r. (Dz.U. z 2015 r. poz. 376) dla wybranego scenariusza realizacji modernizacji odpowiednio przed i po zastosowaniu środków poprawy efektywności energetycznej podając wartość redukcji jako różnicę obliczonych wartości emisji CO₂.

Do obliczenia efektu ekologicznego wynikającego z ograniczenia zużycia energii elektrycznej mierzonej na granicy bilansowej budynku/-ów zastosowano wskaźnik emisji CO₂ podany przez KOBIZE przypadający na 1 MWh energii elektrycznej wyprodukowanej w elektrowniach i elektrociepłowniach w roku 2015, którym nie uwzględniono emisji ze spalania biomasy. Wynosi on dla odbiorców końcowych 781 kg CO₂/MWh

$$ECO_2 = Q_k * WE_{CO_2}$$

gdzie

ECO_2 – wielkość emisji [kg CO₂ /rok]

Q_k - roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku [kWh/rok]

WE – wskaźnik emisji [kg CO₂ /kWh]

Wskaźniki emisji WE określają, ile ton CO₂ przypada na jednostkę zużycia poszczególnych nośników energii. Z wyjątkiem biomasy/drewna przyjęto wskaźniki za: KOBIZE, 2017, WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego, a DLA ENERGII ELEKTRYCZNEJ na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2016 rok:

RODZAJ PALIWA	WE CO ₂	WE CO ₂
jednostka	kg/GJ	kg/kWh

Drewno/biomasa	0	0,000
Węgiel kamienny	94,72	0,341
Węgiel brunatny	104,12	0,375
Olej opałowy lekki	74,1	0,267
Gaz ziemny	56,1	0,202
Gaz ciekły LPG (propan)	63,1	0,227
Elektrociepłownia (węgiel kamienny)	92,3	0,332
Elektrociepłownia (węgiel brunatny)	110,77	0,399
Ciepłownia (węgiel kamienny)	94,93	0,342
Ciepłownia (węgiel brunatny)	109,77	0,395
Energia elektryczna	216,94	0,781

W narzędziu obliczono osobno emisję CO₂ dla budynku (lokalu) przed wymianą źródła ciepła i po wymianie źródła, a następnie obliczono efekt ekologiczny wymiany w zakresie CO₂ jako:

$$\text{Redukcja CO}_2 = \text{ECO}_2(1) - \text{ECO}_2(2)$$

gdzie

ECO₂(1) – emisja CO₂ przed wymianą źródła

ECO₂(2) – emisja CO₂ po wymianie źródła

Ze względu na skalę obliczeniową pojedynczej inwestycji podlegającej uproszczonej ocenie energetycznej oraz wielkość emisji z poszczególnych podsystemów, w narzędziu obliczeniowym jako jednostkę emisji CO₂ przyjęto kg/rok. Równoległe narzędzie obliczeniowe zwraca także wartość emisji w jednostce tony równoważnika CO₂/rok, która umożliwia sumowanie efektu ekologicznego wielu wymian dokonywanych w ramach projektu. Redukcję CO₂ przedstawiono także jako wartość procentową względem emisji CO₂ przed wymianą źródła.

Obliczanie wielkości emisji pyłów PM 10 i PM2,5

Analogicznie do obliczeń wielkości emisji CO₂ wykonuje się obliczenia wielkości emisji pyłów PM10 i PM2,5. Obliczenia wykonywane są dla każdej składowej systemu oddzielnie, a następnie emisja jest sumowana.

$$\text{EPM} = \text{Qk} * \text{WE PM}$$

gdzie

EPM – wielkość emisji [g pyłu /rok]

Qk – roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku [kWh/rok]

WE – wskaźnik emisji pyłu określonej frakcji [g pyłu /kWh]

Źródłem wskaźników emisyjnych dla pyłów PM10 i PM 2,5 jest opracowanie eksperckie ATMOTERM S.A. wykonane na zlecenie Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska we współpracy z Ministerstwem Środowiska, w ramach prowadzonej Grupy ds. Ochrony Powietrza i Energetyki, funkcjonującej w Sieci ENEA „Partnerstwo: Środowisko dla Rozwoju”: 2017, Podniesienie jakości i skuteczności zarządzania jakością powietrza w strefach w celu zapewnienia czystego powietrza w województwie, „Następstwa i konsekwencje prawne podjętych uchwał sejmików województw w sprawie Programów Ochrony Powietrza i Planów Działań Krótkoterminowych” Poradnik dla organów administracji publicznej Część II. Emisja pyłu dla LPG obliczana jest na podstawie wartości TSP podanej w publikacji KOBIZE, 2015, Wskaźniki emisji zanieczyszczeń za spalania paliw w kotłach o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW

Źródła ogrzewania	WE PM10 [g/GJ]	WE PM2,5 [g/GJ]	WE PM10 [g/kWh]	WE PM2,5 [g/kWh]
Węgiel kamienny – stare kotły	421	326	1,5156	1,1736
Węgiel brunatny	284,17	220,05	1,0230	0,7922
Gaz ziemny	0,7	0,7	0,0025	0,0025
Olej opałowy	2	1,9	0,0072	0,0068
Biomasa – drewno – stare kotły	760	740	2,7360	2,6640
Biomasa – drewno – nowe kotły	42	28	0,1512	0,1008
energia elektryczna	0	0	0,0000	0,0000
pompa ciepła	0	0	0,0000	0,0000

W narzędziu obliczono osobno emisję pyłów PM10 i PM2,5 dla budynku (lokalu) przed wymianą źródła ciepła i po wymianie źródła, a następnie obliczono efekt ekologiczny wymiany w zakresie obu frakcji pyłów jako:

Redukcja PM10 / PM2,5 = E PM10/PM2,5 (1) - E PM10/PM2,5 (2)

gdzie

E PM10/PM2,5 (1) – emisja pyłów PM10 lub PM2,5 przed wymianą źródła

E PM10/PM2,5 (2) – emisja pyłów PM10 lub PM2,5 po wymianie źródła

Redukcję pyłów PM10 i PM2,5 przedstawiono także jako wartość procentową względem emisji pyłów PM10 i PM2,5 przed wymianą źródła.

Obok obliczeń efektu ekologicznego przedstawionych w bardziej odpowiedniej dla skali pojedynczej wymiany jednostce g/rok, narzędzie obliczeniowe zwraca także wartość emisji w jednostce Mg/rok, która umożliwia sumowanie efektu ekologicznego wielu wymian dokonywanych w ramach projektu.