

Wytyczne
dla projektów z zakresu poprawy efektywności energetycznej budynków
finansowanych z programu Fundusze Europejskie dla Małopolski 2021-2027

Lipiec 2024 r.

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Metodyka sporządzania audytu energetycznego dla budynków użyteczności publicznej podlegających głębokiej modernizacji energetycznej w ramach programu Fundusze Europejskie dla Małopolski 2021-2027	5
2.1 Wybór rodzaju audytu	5
2.2 Audyt energetyczny budynku	6
2.3 Audyt energetyczny lokalnego źródła ciepła	24
2.4 Audyt energetyczny sieci ciepłowniczej	31
2.5 Audyt efektywności energetycznej	37
2.5.1 Wymagania prawne	37
2.5.2 Termomodernizacja	40
2.5.3 Modernizacja oświetlenia	40
2.5.4 Modernizacja klimatyzacji	44
2.5.5 Modernizacja wind	46
2.5.6 Inne modernizacje	46
3. Obliczenia ilości energii odnawianej wyprodukowanej z urządzenia odnawianego źródła energii	46
3.1 Pompy ciepła	46
3.2 Instalacje fotowoltaiczne	48
3.3 Instalacje kolektorów słonecznych	48
3.4 Mikroelektrownie wiatrowe	49
3.5 Podsumowanie dotyczące wykorzystania energii odnawianej w budynku	50
4. Magazyny Energii	51
5. Kogeneracja i trigeneracja	52
6. Obliczenia emisji	58
6.1 Obliczenia emisji CO ₂	58
6.2 Obliczenia emisji pyłów	60
7. Lista norm technicznych	61
Bibliografia	62

1. Wstęp

Celem niniejszego dokumentu (zwanego: **Wytyczne**) jest zapewnienie jednolitego opracowywania i przedstawiania przez Wnioskodawców w programie Fundusze Europejskie dla Małopolski 2021-2027 (FEM 2021-2027) danych wymaganych do prawidłowego przygotowania wniosku o dofinansowanie w ramach:

1. Priorytetu 2. Fundusze europejskie dla środowiska, cel szczegółowy 2 Wspieranie efektywności energetycznej i redukcji emisji gazów cieplarnianych,
2. Priorytetu 8. Fundusze europejskie dla sprawiedliwej transformacji Małopolski Zachodniej.

Opracowanie to dotyczy przede wszystkim wymogów stawianych w zakresie:

- Audytu energetycznego lub audytu efektywności energetycznej – obowiązkowego załącznika do wniosku o dofinansowanie,
- Efektu ekologicznego – w kontekście wymogów stawianych na etapie oceny projektów

Ale jest to też dokument mający charakter informacyjny, znacznie wykraczający poza szablon wypełniania audytu, w którym przedstawione zostały m.in.:

- różne rozwiązania mogące zaistnieć w zależności od planowanego zakresu rzeczowego projektu i adekwatny do nich sposób postępowania (np. zasady opracowania audytu energetycznego dla lokalnego źródła ciepła, dla modernizacji oświetlenia, zastosowania odnawialnych źródeł energii itp.)
- charakterystyki różnych potencjalnych źródeł energii mogących pojawić się w projektach
- podstawy prawne wymagane do opracowywania audytów
- źródła danych do obliczania emisji zanieczyszczeń, wskaźników dla projektu.

Szablon dla audytu będzie przygotowany, jako drugi, oddzielny dokument stanowiący wyciąg z Wytycznych i mający wyłącznie charakter tabelaryczny. Dokument ten będzie równocześnie obowiązkowym załącznikiem do wniosku o dofinansowanie.

Informacyjnie:

Audyt energetyczny

- a) Audyt energetyczny sporządza się zgodnie z wymogami metodyki opisanej w rozdziale 2. *Metodyka sporządzania audytu energetycznego dla budynków użyteczności publicznej podlegających głębokiej modernizacji energetycznej w ramach FEM 2021-2027.*
- b) Audyt energetyczny lub audyt efektywności energetycznej jest obowiązkowym załącznikiem do wniosku o dofinansowanie i powinien być opracowany **dla każdego budynku** będącego elementem projektu. W przypadku projektów kompleksowych w ramach, których modernizacji energetycznej podlega kilka budynków audyt jest opracowywany dla każdego z nich. Ponadto w przypadku gdy budynki te są zasilane z jednego lokalnego źródła energii poprzez sieć ciepłowniczą w przypadku modernizacji tego lokalnego źródła energii i sieci ciepłowniczej należy przeprowadzić osobno audyt energetyczny lokalnego źródła ciepła (wg opisu w pkt. 2.3 Audyt energetyczny lokalnego źródła ciepła) i audyt energetyczny sieci

ciepłowniczej (wg opisu w pkt 2.4 Audyt energetyczny sieci ciepłowniczej). **Dodatkowo dla tego rodzaju projektów Wnioskodawca załącza do wniosku o dofinansowanie zestawienie zbiorcze z wyników opracowanych audytów.**

- c) Wynik audytu energetycznego narzuca na wnioskodawcę obowiązek realizacji w projekcie **pełnego zakresu rzeczowego ujętego w wybranym w audycie optymalnym wariantcie dla przedsięwzięcia.**
- d) Podczas opracowywania audytu należy mieć na uwadze, liczne wymogi stawiane projektom z zakresu modernizacji energetycznej budynków ujęte w Szczegółowym Opisie Priorytetów Programu Fundusze Europejskie dla Małopolski 2021-2027 (SzOP FEM 2021-2027) (np. warunki dostępowe, wskaźniki produktu i rezultatu).
- e) Preferowane będą przedsięwzięcia o najwyższej efektywności kosztowej i oszczędności energii w oparciu o przyjęty minimalny próg oszczędności energii pierwotnej **na poziomie nie niższym niż 30%** (z wyjątkiem budynków zabytkowych).
- f) Zapisy SzOP FEM 2021-2027 należy interpretować w ten sposób, że wymagana „redukcja energii pierwotnej na poziomie nie niższym niż 30% (z wyjątkiem budynków zabytkowych): dotyczy energii pierwotnej nieodnawialnej. Jak wynika z tej interpretacji każde zastosowanie odnawialnych źródeł energii zmniejsza udział energii pierwotnej nieodnawialnej w budynku lub rozpatrywanej we wniosku grupie budynków, zatem przyczynia się do uzyskania wymaganej redukcji energii (pierwotnej nieodnawianej) na poziomie min. 30%.

Efekt ekologiczny:

Zasady obliczania redukcji emisji szkodliwych substancji do atmosfery przedstawiono w rozdziale 6 :

- a) Redukcja emisji gazów cieplarnianych (CO₂) opisana jest w podrozdziale 6.1.
- b) Redukcja emisji pyłów opisana jest w podrozdziale 6.2.

2. Metodyka sporządzania audytu energetycznego dla budynków użyteczności publicznej podlegających głębokiej modernizacji energetycznej w ramach programu Fundusze Europejskie dla Małopolski 2021-2027

2.1 Wybór rodzaju audytu

1. **Audyt energetyczny budynku** zgodnie z wymaganiami ustawy z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów [1] przeprowadzany jest wyłącznie dla:

- a) budynków mieszkalnych
- b) budynków zbiorowego zamieszkania
- c) **budynków stanowiących własność jednostek samorządu terytorialnego służących do wykonywania przez nie zadań publicznych.**

W każdym przypadku budynku z poza tych kategorii budynków należy wykonać audyt efektywności energetycznej.

Modernizacje rozważane w audycie energetycznym budynku to:

- a) przedsięwzięcia termomodernizacyjne - ulepszenia, w wyniku, których następuje zmniejszenie zapotrzebowania na energię potrzebną do ogrzewania budynku i podgrzewania wody użytkowej,
- b) zastosowanie odnawialnych źródeł energii (jako element projektu) - inwestycje polegające na zainstalowaniu, przyłączeniu i uruchomieniu OZE.

2. **Audyt energetyczny lokalnego źródła ciepła** przeprowadzany jest, gdy jedno źródło ciepła zasila więcej niż jeden budynek lub źródło ciepła zlokalizowane jest poza zaopatrywanym przez to źródło budynkiem.

Przez **lokalne źródło ciepła** należy rozumieć:

- a) kotłownię lub węzeł cieplny, z których nośnik ciepła jest dostarczany bezpośrednio do instalacji ogrzewania i ciepłej wody w budynku,
- b) ciepłownię osiedlową lub grupowy wymiennik ciepła wraz z siecią ciepłowniczą o mocy nominalnej do 11,6 MW, dostarczającą ciepło do budynków.

W celu wykazania oszczędności energii poprzez modernizację lokalnego źródła ciepła należy w tych przypadkach przeprowadzić audyt energetyczny lokalnego źródła ciepła.

3. **Audyt energetyczny lokalnej sieci ciepłowniczej** przeprowadzany jest, gdy modernizacji podlega sieć ciepłownicza dostarczająca ciepło do budynków zasilanych z lokalnych źródeł ciepła.

4. **Audyt efektywności energetycznej** zgodnie z ustawą z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej [3] i wynikającym z niej rozporządzeniem [4] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii i przeznaczenia pomieszczenia należy przeprowadzić, gdy modernizacja:

- a) dotyczy innej kategorii budynków niż wymieniona w pkt. 1,

- b) wykracza poza zakres wymieniony w pkt. 1, czyli obejmuje szerszy zakres niż przedsięwzięcia termomodernizacyjne i zastosowanie odnawialnego źródła energii. W szczególności może dotyczyć to przypadków, gdy w projekcie zaplanowana zostanie modernizacja np.
- oświetlenia,
 - klimatyzacji,
 - zastosowania wysokosprawnej kogeneracji,
 - wymiany wind.

Każdy z wyżej wymienionych przypadków można uznać za element modernizacji energetycznej budynku, jeżeli obliczenia w audycie dowiodą oszczędność energii pierwotnej nieodnawialnej na skutek przeprowadzenia tych prac. Zatem przykładowo wymiana wind może zostać uznana za element modernizacji energetycznej budynku, jeżeli nowa winda będzie wykazywać w tych samych warunkach eksploatacji niższe zużycie energii. Oznacza to mniejsze zużycie energii finalnej, a to również powoduje spadek zużycia energii pierwotnej nieodnawialnej.

2.2 Audyt energetyczny budynku

1. Podstawa prawna

Audyt energetyczny dla budynku przeprowadza się na podstawie ustawy z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz o centralnej ewidencji emisyjności budynków [1] z uwzględnieniem rozporządzenia [5]. Rozporządzenie to odwołuje się do metodologii obliczenia charakterystyki energetycznej [6].

W bibliografii można znaleźć pod pozycją [1] link do jednolitego tekstu ustawy. Natomiast zmiany rozporządzenia dot. audytów energetycznych można prześledzić w pozycjach: [7], [8], [9]. Dla rozporządzenia dot. metodologii charakterystyki energetycznej zmiana nastąpiła w 2023 r. [10]

Wybrane informacje uszczegóławiające

1. Sprawności składowe systemu grzewczego

Zgodnie z rozporządzeniem [6] sprawności określa się:

- a) **dla węzłów ciepłowniczych** – wartość $\eta_{H,g}$ przyjmuje się na podstawie danych udostępnionych przez producenta lub dostawcę źródła ciepła,
- b) **w budynkach, w których zostały przeprowadzone kontrole systemu ogrzewania** - wartość $\eta_{H,g}$ powinna zostać określona na podstawie wyników tych kontroli.

Wartość średniej sezonowej sprawności wytwarzania ciepła z nośnika energii lub energii dostarczanych do źródła ciepła w budynkach, w których zostały przeprowadzone kontrole systemu ogrzewania, powinna zostać określona na podstawie wyników tych kontroli.

- c) **w przypadku braku takich danych** przyjmuje się wartości $\eta_{H,g}$ określone w tabeli 2 pkt. 3.

Ustawa [11] wprowadziła począwszy od roku 2015 obowiązek kontroli systemu ogrzewania i systemu klimatyzacji w budynkach. Wymagania prawne określające w jakich przypadkach konieczne jest przeprowadzenie tej kontroli określa art. 23. Rozporządzenia [12] oraz przedstawia wzór protokołu kontroli systemu ogrzewania i systemu klimatyzacji w budynkach. Protokoły są rejestrowane w centralnym rejestrze charakterystyki energetycznej budynków. Również w tym rejestrze można znaleźć aktualny wykaz osób uprawnionych do przeprowadzenia takiej kontroli

[13]. W związku z powyższym w przypadku, gdy ustawa [11] wymaga przeprowadzenia kontroli systemu ogrzewania w budynku, którego dotyczy audyt i wniosek, wartości sprawności $\eta_{H,g}$ przyjmuje się wyłącznie na podstawie protokołu kontroli systemu ogrzewania. Protokół kontroli systemu ogrzewania może być wymagany w ramach oceny projektu.

Sprawność urządzenia grzewczego (lub efektywność energetyczną np. w przypadku pomp ciepła) po modernizacji należy zgodnie z pkt. a) przyjąć na podstawie danych producenta przykładowego urządzenia, które zostało dobrane w audycie jako rozwiązanie zalecane po modernizacji. **Należy zwrócić uwagę, że sprawność ta lub efektywność energetyczna np. w przypadku pomp ciepła ma być wartością średniosezonową**, a nie parametrem określonym dla jednego specyficznego punktu pracy, gdzie np. wskazane urządzenie osiąga wartość maksymalną.

2. Sieci ciepłownicze

Przy wyborze w audycie sposobu ogrzewania budynku należy zwrócić uwagę na art. 7b Prawa Energetycznego. Aktualny tekst jednolity tej ustawy można znaleźć na stronie Urzędu Regulacji Energetyki [14]:

*„Art. 7b. 1. Podmiot posiadający tytuł prawny do korzystania z obiektu, który nie jest przyłączony do sieci ciepłowniczej lub wyposażony w indywidualne źródło ciepła, zlokalizowanego na terenie, na którym istnieją techniczne warunki dostarczania ciepła z systemu ciepłowniczego lub chłodniczego, zapewnia efektywne energetycznie wykorzystanie lokalnych zasobów paliw i energii **przez przyłączenie obiektu do sieci ciepłowniczej, o ile istnieją techniczne i ekonomiczne warunki przyłączenia do sieci ciepłowniczej i dostarczania ciepła do tego obiektu z sieci ciepłowniczej.***

2. Przez system ciepłowniczy lub chłodniczy rozumie się sieć ciepłowniczą lub chłodniczą oraz współpracujące z tą siecią urządzenia lub instalacje służące do wytwarzania lub odbioru ciepła lub chłodu.

3. **Wzory kart audytu energetycznego** na podstawie rozporządzenia [9] przedstawiają się następująco (pozycje od 9 do 11 nie będą zakresem audytu opracowywanym w ramach projektów do FEM 2021-2027):

a) Strona tytułowa:

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU

Tabela 1 karta tytułowa audytu energetycznego

Dane budynku	Nazwa jednostki: Nazwa budynku: Adres: ulica: kod pocztowy: miejscowość: powiat: województwo: małopolskie
-------------------------	---

Data,.....

b) karta audytu energetycznego budynku:

Tabela 2 karta audytu energetycznego

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku		
2.	Liczba kondygnacji		
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]		
4.	Powierzchnia użytkowa budynku [m ²]		
5.	Powierzchnia użytkowa służąca celom mieszkalnym i wykonywaniu zadań publicznych przez organy administracji publicznej [m ²]		
6.	Wskaźnik udziału powierzchni (poz. 5) / (poz. 4) [%]		
7.	Liczba lokali mieszkalnych		
8.	Liczba osób użytkujących budynek		
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej		
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku		
11.	Współczynnik A/V [1/m]		
12.	Powierzchnia budynku netto [m ²]		
2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m²·K)]			
1.	Ściany zewnętrzne		
2.	Dach/stropodach/strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami		
3.	Strop nad piwnicą		
4.	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych		
5.	Okna, drzwi balkonowe		
6.	Drzwi zewnętrzne/bramy		
7.	Inne		
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]		
2.	Sprawność przesyłu [-]		
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]		
4.	Sprawność akumulacji [-]		
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]		
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]		
4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
1.	Sprawność wytwarzania [-]		
2.	Sprawność przesyłu [-]		

3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]		
4.	Sprawność akumulacji [-]		
5. Charakterystyka systemu wentylacji			
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		
3.	Strumień powietrza zewnętrznego [m ³ /h]		
4.	Krotność wymian powietrza [1/h]		
6. Charakterystyka energetyczna budynku			
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]		
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowania ciepłej wody użytkowej [kW]		
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]		
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]		
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej [GJ/rok]		
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]		
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]		
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m ² xrok)]		
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m ² xrok)]		
10. ¹⁾	Udział odnawialnych źródeł energii [%]		

7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)			
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku ²⁾ [zł/GJ]		
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc ³⁾ [zł/(MW m-c)]		

3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej ²⁾ [zł/m ³]		
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc ³⁾ [zł/(MW m-c)]		
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² powierzchni użytkowej [zł/(m ² m-c)]		
6.	Miesięczna opłata abonamentowa [zł/m-c]		
7.	Inne [zł]		
8.1 Wskaźniki dla optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
1.	EK – wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową [kWh/(m ² -rok)]		
2.	EP – wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną [kWh/(m ² -rok)]		
3.	Zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię końcową [%]		
4.	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię końcową [GJ/rok]		
5.	Średnioroczna oszczędność energii finalnej [toe/rok]		
6.	Uniknięta emisja CO ₂ [t CO ₂ /rok]		
7.	Roczne oszczędności kosztów energii [zł/rok]		
8.	Moc instalacji OZE w ramach termomodernizacji [kW] ⁴⁾		
8.2 Charakterystyka ekonomiczna przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
1.	Koszty całkowite przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, bez kosztów, o których mowa w wierszu 2 [zł]	netto	brutto
2.	Koszty zakupu, montażu, budowy albo modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii [zł] ⁴⁾	netto	brutto
3.	Udział kosztów (brutto) zakupu, montażu, budowy albo modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii w łącznych kosztach (brutto) przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz zakupu, montażu, budowy lub modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii [%] ⁴⁾		
4.	Czy inwestorowi przyznano grant OZE: TAK/NIE ⁵⁾		
5.	Premia termomodernizacyjna ⁶⁾ [zł] [*]		

9. Grant termomodernizacyjny	
1. Maksymalna wartość wskaźnika EP określona zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane [kWh/(m ² ·rok)]	
2. Przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku ODPOWIADAJĄ / NIE ODPOWIADAJĄ ⁷⁾ wymaganiom izolacyjności cieplnej określonym w przepisach wydanych na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane	
3. Wysokość grantu termomodernizacyjnego [zł] ^{8)***)}	
10. Premia MZG i grant MZG⁹⁾	
1. Przed realizacją przedsięwzięcia termomodernizacyjnego / W ramach przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ⁷⁾ w budynku jest spełniony warunek, o którym mowa w art. 11h ust. 1 ustawy: TAK/NIE, jeżeli TAK, to:– pkt 1 / – pkt 2 / – pkt 3 ⁷⁾	
2. Wysokość premii MZG [zł]	
3. Wysokość grantu MZG [zł] ^{4)***)}	
4. Wysokość premii MZG łącznie z wartością grantu MZG [zł]	
11. Inne	
1. W ramach przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ZOSTANIE / NIE ZOSTANIE ⁷⁾ zastosowana wysokosprawna kogeneracja	
2. Budynek JEST / NIE JEST ⁷⁾ wpisany do rejestru zabytków lub znajduje się na obszarze wpisanym do rejestru zabytków	
3. Przedsięwzięcie STANOWI / NIE STANOWI ⁷⁾ przedsięwzięcia rewitalizacyjnego, o którym mowa w art. 11g ust. 2 ustawy	
4. Z audytu energetycznego WYNIKA / NIE WYNIKA ⁷⁾ , że po zrealizowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego elementy budynku poddane temu przedsięwzięciu termomodernizacyjnemu będą spełniać wymagania, o których mowa w art. 5a ust. 2 i art. 11g ust. 1 pkt 4 ustawy ¹⁰⁾	
<p>1) U_{OZE} [%] obliczany zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, jako udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową dostarczaną do budynku dla systemu grzewczego oraz dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej.</p> <p>2) Opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii.</p> <p>3) Stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii.</p> <p>4) Jeśli dotyczy.</p> <p>5) Jeśli dotyczy, w przypadku gdy inwestorowi nie przyznano grantu OZE.</p> <p>6) Należy wpisać 0, jeśli inwestorowi została przyznana premia MZG.</p> <p>7) Niepotrzebne skreślić.</p> <p>8) Należy wpisać 0, jeśli inwestorowi nie przysługuje premia termomodernizacyjna.</p> <p>9) Dotyczy inwestora, o którym mowa w art. 11g ust. 1 pkt 1 ustawy.</p> <p>10) Jeżeli z audytu energetycznego wynika, że nie jest możliwe spełnienie tego warunku, to w przypadku budynku, o którym mowa w art. 11g ust. 2 ustawy, audytor załącza do karty audytu energetycznego oświadczenie, które to potwierdza, wraz z uzasadnieniem.</p> <p>*) Wysokość premii termomodernizacyjnej wynosi:</p> <p>1) 26% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 1 ustawy;</p> <p>2) 31% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 2a ustawy;</p> <p>3) 31% łącznych kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz zakupu, montażu, budowy lub modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 2b ustawy.</p> <p>***) 10% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego netto.</p> <p>****) 30% kosztów przedsięwzięcia netto.</p>	

(źródło [5])

Tabela 3 Współczynniki przeliczeniowe dla jednostek energii

Jednostka energii	GJ	MWh	toe*
1 GJ ciepła	1	0,27778	0,02388
1 MWh energii elektrycznej	3,6	1	0,08598
1 toe	41,868	11,630	1

* toe - tona oleju ekwiwalentnego - ustawa o efektywności energetycznej [3] definiuje tonę oleju ekwiwalentnego, jako równoważnik jednej tony ropy naftowej o wartości opałowej równej 41 868 kJ/kg. Rozporządzenie [4] wydane do tej ustawy podaje tabele dla przeliczenia toe na inne jednostki (tabela 3 powyżej)

- c) **Budynki zabytkowe - jeżeli budynek jest wpisany do rejestru zabytków należy posiadać opinię właściwego konserwatora zabytków, z której będzie wynikało, jaki zakres termomodernizacji jest przez niego dopuszczony, a które działania wykluczył. Oznacza to, że w przypadku budynku zabytkowego wykonanie audytu energetycznego musi być poprzedzone uzgodnieniami z konserwatorem zabytków zakończonymi wydaniem przez niego pisemnej opinii dotyczącej planowanej termomodernizacji.**

Jeżeli z audytu energetycznego **nie wynika**, że po zrealizowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego elementy budynku poddane temu przedsięwzięciu termomodernizacyjnemu będą spełniać wymagania, o których mowa w art. 5 a ust. 2 i art. 11 g ust. 1 pkt 4 ustawy [1] to oznacza, że po wykonaniu termomodernizacji nie wszystkie przegrody budowane i wyposażenie będzie spełniało wymagania rozporządzenia [16]. W takim przypadku należy dołączyć wyjaśnienie, dlaczego wymagania rozporządzenia [16] dotyczące współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych izolacji przewodów c.o. i c.w.u. nie zostały spełnione we wszystkich przypadkach. Takim uzasadnieniem może być np. opinia konserwatora zabytków niedopuszczająca izolowanie ścian zewnętrznych.

Karty dokumentujące wybór ulepszeń termomodernizacyjnych wg rozporządzenia [5] należy dobrać odpowiednio do ich rodzaju np. poniżej przykładowa karta dotycząca docieplenia ścian.

Karta będzie powielana dla innych elementów np. stropodach, strop pod piwnicą itd.

Tabela 4 Karta ulepszeń termomodernizacyjnych dot. ścian zewnętrznych

Określenie optymalnego wariantu zmniejszającego straty ciepła przez przegrody zewnętrzne budynku			Przegroda (symbol)				
			Ściana zewnętrzna				
<u>Dane do obliczeń</u>							
1.	powierzchnia przegrody do obliczania strat ciepła	$A_{\text{strat}} =$	m^2				
2.	powierzchnia przegrody do obliczania kosztów usprawnienia	$A_{\text{koszt}} =$	m^2				
3.	liczba stopniodni ogrzewania	$S_d =$	dzień K/rok				
4.	technologia ocieplenia i wybrany materiał izolacyjny:						
<u>Rozpatrywane warianty ocieplenia:</u>							
W1 - o grubości warstwy izolacji, przy której będzie spełniona wymagana maksymalna wartość U_{cmax} zgodnie z obowiązującymi wymaganiami warunków technicznych							
W2 i następane - o grubości warstwy izolacji większej niż w wariantcie 1							
Lp.		Jednostki	Warianty				
			Stan istniejący	W1	W2	W3	W4
1.	Grubość dodatkowej warstwy izolacyjnej d	m	----				
2.	Współczynnik przenikania ciepła przed i po modernizacji U_c	W/(m ² K)					
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przenikania ciepła Q_{0U}, Q_{1U}	GJ/rok					
4.	Roczne zapotrzebowanie na moc na pokrycie strat przez przenikanie q_{0U}, q_{1U}	MW					
5.	Roczna oszczędność kosztów energii ΔO_{ru}	zł/rok	----				
6.	Cena jednostkowa usprawnienia C_{jed}	zł/m ²	----				
7.	Koszt realizacji usprawnienia N_U	zł	----				
8.	Prosty czas zwrotu SPBT	lat	----				
Podstawa przyjętych wartości N_U							
Wybrany wariant:		Koszt wariantu:		SPBT = lat			

Tabela 5 Karta ulepszeń termomodernizacyjnych dot. wymiany okien

Określenie optymalnego wariantu polegającego na wymianie okien oraz poprawie systemu wentylacyjnego				Przedsięwzięcie			
				Wymiana okien			
<u>Dane do obliczeń</u>							
1.	powierzchnia okien	$A_{ok} =$	m^2				
2.	projektowy strumień powietrza wentylacyjnego	$V_{nom} =$	m^3/h				
3.	liczba stopniodni ogrzewania	$S_d =$	dzień K/rok				
4.	współczynnik przenikania ciepła okien - stan istniejący	$U_{ok} =$	$W/(m^2K)$				
<u>Rozpatrywane warianty usprawnienia:</u>							
W1 - okna o współczynniku przenikania ciepła U_{ok} zgodnie z obowiązującymi wymaganiami warunków technicznych							
W2 i następne - okna o lepszych współczynnikach przenikania ciepła U_{ok} niż w wariantcie 1							
Usprawnienie obejmuje wymianę istniejących okien na okna szczelne, o lepszych współczynnikach U, z wbudowanymi nawiewnikami							
			Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
					W1	W2	W3
1.	Współczynnik przenikania ciepła okien	U	$W/(m^2K)$				
2.	Współczynniki korekcyjne dla wentylacji	C_r	---				
		C_m	---				
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikania ciepła	Q_0	GJ/rok				
4.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat	Q_1	GJ/rok				
5.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło	Q_{0u}	GJ/rok				
6.	Roczne zapotrzebowanie na moc	q_0	MW				
7.	Roczne zapotrzebowanie na moc	q_1	MW				
8.	Roczne zapotrzebowanie na moc	q_{0u}	MW				
9.	Roczna oszczędność kosztów energii	ΔO_{ru}	zł/rok				
10.	Koszt jednostkowy okien	C_{jed}	zł/m ²				
11.	Koszt wymiany okien	N_{ok}	zł				
12.	Koszt modernizacji wentylacji	N_{went}	zł				
13.	Koszt całkowity	N_U	zł				
14.	Prosty czas zwrotu	SPBT	lat				
Podstawa przyjętych wartości N_U							
Wybrany wariant:			Koszt wariantu:		SPBT = lat		

Przy wymianie okien i drzwi rozporządzenie [5] wymaga by uwzględnić montaż nawiewników. Stąd poz. 12 koszt modernizacji wentylacji (N_{went}). W przypadku gdy modernizacja polega na wykonaniu instalacji wentylacji kanałowej zastosowanie nawiewników w oknach nie jest potrzebne. Okna mogą być szczelne. Wówczas obliczenia dla wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej, w tym określenie kosztu tej modernizacji przeprowadza się osobno.

Tabela 6 Karta ulepszeń termomodernizacyjnych dot. wymiany drzwi

Określenie optymalnego wariantu polegającego na wymianie drzwi oraz poprawie systemu wentylacyjnego			Przedsięwzięcie				
			Wymiana drzwi				
<u>Dane do obliczeń</u>							
1.	powierzchnia drzwi	$A_d =$	m^2				
2.	projektowy strumień powietrza wentylacyjnego	$V_{nom} =$	m^3/h				
3.	liczba stopniodni ogrzewania	$S_d =$	dzień K/rok				
4.	współczynnik przenikania ciepła drzwi - stan istniejący	$U_d =$	$W/(m^2K)$				
<u>Rozpatrywane warianty usprawnienia:</u>							
W1 - drzwi o współczynniku przenikania ciepła U_{ok} zgodnie z obowiązującymi wymaganiami warunków technicznych W2 i następane - drzwi o lepszych współczynnikach przenikania ciepła U_d niż w wariantcie 1							
- wymiana istniejących drzwi na drzwi szczelne, o lepszych współczynnikach U_d ,							
			Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
					W1	W2	W3
1.	Współczynnik przenikania ciepła drzwi	U	$W/(m^2K)$				
2.	Współczynniki korekcyjne dla wentylacji	C_r	---				
		C_m	---				
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikania ciepła	Q_0	GJ/rok				
4.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat	Q_1	GJ/rok				
5.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło	Q_{0u}	GJ/rok				
6.	Roczne zapotrzebowanie na moc	q_0	MW				
7.	Roczne zapotrzebowanie na moc	q_1	MW				
8.	Roczne zapotrzebowanie na moc	q_{0u}	MW				
9.	Roczna oszczędność kosztów energii	ΔO_{ru}	zł/rok				
10.	Koszt jednostkowy drzwi	C_{jed}	zł/m ²				
11.	Koszt wymiany drzwi	N_{ok}	zł				
12.	Koszt modernizacji wentylacji	N_{went}	zł				
13.	Koszt całkowity	N_u	zł				
14.	Prosty czas zwrotu	SPBT	lat				
Podstawa przyjętych wartości N_u							
Wybrany wariant:		Koszt wariantu:		SPBT = lat			

Rozważanie w audycie modernizacji c.w.u. składa się z dwóch części:

1. obliczenia zapotrzebowania na moc i energię do c.w.u.
2. wyboru optymalnego wariantu modernizacji c.w.u.

Przykładowa tabela dot. obliczenia zapotrzebowania na moc i energię do c.w.u.

Tabela 7 Karta obliczenia mocy i energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej

Przedsięwzięcie modernizacyjne prowadzące do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynku					
Zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej					
System zaopatrzenia w c.w.u.			Jednostki	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1.	Jednostkowe dobowe zużycie ciepłej wody	V_w	$\text{dm}^3/\text{m}^2\text{d}$		
2.	Powierzchnia o regulowanej temperaturze	A_f	m^2		
3.	Obliczeniowa temperatura wody w zaworze	θ_{CW}	$^{\circ}\text{C}$		
4.	Temperatura wody przed podgrzaniem	θ_0	$^{\circ}\text{C}$		
5.	Współczynnik korekcyjny	k_R			
6.	Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	$Q_{w,nd}$	kWh/rok		
7.	Średnia roczna sprawność wytwarzania	η_{wg}	---		
8.	Średnia roczna sprawność przesyłu	η_{wd}	---		
9.	Średnia roczna sprawność akumulacji	η_{ws}	---		
10.	Średnia roczna sprawność wykorzystania	η_{we}	----		
11.	Średnia roczna sprawność całkowita	η_{wtot}	----		
12.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło końcowe	Q_{kw}	kWh/rok		
13.			GJ/rok		
14.	Sumaryczne roczne zapotrzebowanie na ciepło końcowe	Q_{kw}	kWh/rok		
15.			GJ/rok		
Zapotrzebowanie na moc na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej					
16.	Jednostkowe dobowe zużycie ciepłej wody	V_{CW}	$\text{dm}^3/\text{os d}$		
17.	Ilość użytkowników	L	osób		
18.	Czas użytkowania c.w.u.	τ	godz.		
19.	Średnie godzinowe zapotrzebowanie na c.w.u. w budynku	$V_{h\acute{s}r}$	m^3/h		
20.	Współczynnik godzinowej nierównomierności rozbioru c.w.u.	N_h	---		
21.	Zapotrzebowanie na ciepło na ogrzanie 1 m^3 wody	Q_{CWjed}	kWh/m^3		
22.	Współczynnik akumulacyjności	ϕ	----		
23.	Współczynnik redukcji	$\psi = 1/((N_h - 1) \cdot \phi + 1)$	-----		
24.	Maksymalna moc na potrzeby c.w.u	$q_{CW \max.}$	kW		
25.	Średnia moc na potrzeby c.w.u.	$q_{CW \acute{s}r}$	kW		

Tabela wyboru optymalnego wariantu termomodernizacyjnego w zakresie c.w.u. wygląda następująco:

Tabela 8 Karta ulepszeń termomodernizacyjnych dot. ciepłej wody użytkowej

Ocena przedsięwzięcia modernizacyjnego prowadzącego do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło do przygotowania c.w.u. w budynku					
<u>Dane do obliczeń - stan istniejący</u>					
1. Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego			$Q_{KW} =$	GJ/rok	
2. Średnia moc na potrzeby c.w.u.			$q_{CW\ \acute{s}r} =$	MW	
<u>Rozpatrywane są następujące usprawnienia instalacji c.w.u.</u>					
1.					
2.					
3.					
4.					
Lp.		Jednostki	Stan istniejący	Wariant 1	Wariant 2
1.	Średnia moc na potrzeby ciepłej wody użytkowej $q_{CW\ \acute{s}r}$	MW			
2.	Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego Q_{KW}	GJ/rok			
3.	Roczna opłata zmienna za podgrzanie wody O_{Oz}	zł/rok			
4.	Roczna opłata stała za moc O_{Om}	zł/rok			
5.	Roczny abonament A_b	zł/rok			
6.	Roczny koszt przygotowania c.w.u. O_{CW}	zł/rok			
7.	Roczne oszczędności kosztów przygotowania c.w.u. ΔO_{rcw}	zł/rok	-----		
8.	Koszt modernizacji instalacji c.w.u. N_{CW}	zł			
9.	Prosty czas zwrotu $SPBT$	lat			
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	%			
Podstawa przyjętych wartości N_{CW}					
Koszt modernizacji $N_{CW} =$ zł				SPBT = lat	

Aby wyznaczyć udział odnawialnych źródeł energii w produkcji energii do c.w.u. lub w karcie poniżej dotyczącej modernizacji c.o. należy obliczyć produkcję energii ze źródeł odnawialnych wg zasad przedstawionych w rozdziale 3. dotyczącym obliczeń energii z odnawialnych źródeł energii. Rozporządzenie [5] wymaga by wybrać optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność cieplną systemu grzewczego. Dlatego w karcie dot. modernizacji instalacji c.o. rozważane muszą być co najmniej 2 warianty i wybrany lepszy, czyli ten o krótszym prostym czasie zwrotu inwestycji SPBT:

Tabela 9 Karta ulepszeń termomodernizacyjnych dot. centralnego ogrzewania

Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia poprawiającego sprawność systemu ogrzewania				
<u>Dane do obliczeń - stan istniejący</u>				
1.	zapotrzebowanie mocy do ogrzewania budynku	$q_{Hco} =$	kW (MW)	
2.	sezonowe zapotrzebowanie ciepła	$Q_{Hco} =$	GJ/rok	
<u>Instalacja c.o. - stan istniejący</u>				
1.	instalacja c.o.: instalacja	stan techniczny:		
2.	parametry pracy instalacji:.....			
3.	węzeł cieplny / kotłownia:.....	stan techniczny:		
4.	grzejniki: typ..... ilość:.....	stan techniczny:		
5.	zawory termostatyczne: typ.....			
6.	zawory podpionowe: typ.....			
7.	automatyka z regulacją węzła:.....			
8.	modernizacja instalacji:	data:		
Przewiduje się następujące usprawnienia poprawiające sprawność systemu ogrzewania				
Lp.	Opis usprawnienia	Ilość	Cena jednostkowa	Koszt
Wariant 1				
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
Wariant 2				
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
Zestawienie współczynników sprawności systemu ogrzewania związanych z modernizacją				
Lp.			Współczynniki sprawności	
			Stan istniejący	Wariant 1	Wariant 2
1.	Średnia sezonowa sprawność wytwarzania	η_{Hg}		
2.	Średnia sezonowa sprawność przesyłu	η_{Hd}		
3.	Średnia sezonowa sprawność akumulacji	η_{Hs}		
4.	Średnia sezonowa sprawność regulacji	η_{He}		
5.	Średnia sezonowa sprawność całkowita	η_{Htot}		

6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu tygodnia	W_t			
7.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby - wprowadzenie podzielników	W_d			
Ocena finansowa przedsięwzięcia modernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu ogrzewania					
Lp.		Jednostki	Stan istniejący	Wariant 1	Wariant 2
1.	Obliczeniowa moc cieplna instalacji c.o. q_{co}	MW			
2.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby instalacji c.o. w standardowym sezonie grzewczym bez uwzględnienia sprawności systemu ogrzewania	GJ/rok			
3.	Średnia sezonowa sprawność całkowita η_{Htot}	----			
4.	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby instalacji c.o. z uwzględnieniem sprawności systemu i przerw w ogrzewaniu Q_{co}	GJ/rok			
5.	Roczna opłata zmienna za zużyte ciepło O_{coz}	zł/rok			
6.	Udział OZE	%			
7.	Roczna opłata stała za moc O_{com}	zł/rok			
8.	Roczny abonament A_b	zł/rok			
9.	Roczny koszt ogrzewania w standardowym sezonie grzewczym O_{co}	zł/rok			
10.	Roczne oszczędności kosztów ogrzewania ΔO_{rco}	zł/rok	-----		
11.	Całkowity koszt usprawnień systemu ogrzewania N_{co}	zł	-----		
12.	Prosty czas zwrotu SPBT	lat	-----		

Tabela 10. Rodzaje ulepszeń termomodernizacyjnych składające się na optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiający sprawność cieplną systemu grzewczego

Rodzaje ulepszeń termomodernizacyjnych	Wartości sprawności składowych η oraz współczynników w *)
1.	2.
Wytwarzanie ciepła np. wymiana lokalnego wbudowanego źródła ciepła	$\eta_g =$
Przesyłanie ciepła np. izolacja pionów zasilających	$\eta_d =$
Regulacja systemu grzewczego np. wprowadzenie automatyki pogodowej	$\eta_e =$
Akumulacja ciepła np. wprowadzenie zasobnika buforowego	$\eta_s =$
Uwzględnienie wprowadzenia przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia	$w_t =$
Uwzględnienie wprowadzenia przerw na ogrzewanie w ciągu doby	$w_d =$
Sprawność całkowita systemu grzewczego	$\eta_g \eta_d \eta_e \eta_s =$
*) - przyjmuje się z tabeli 9.	

(źródło [5])

Tabela 11. Wybrane i zoptymalizowane ulepszenia termomodernizacyjne

Lp.	Rodzaj i zakres ulepszenia termomodernizacyjnego albo wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty robót [zł]	SPBT [lata]
1.	2.	3.	4.
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

(źródło [5])

Tabela podsumowująca wyniki audytu (wynikająca z rozporządzenia) wygląda następująco:

Tabela 12 Tabela podsumowująca wyniki audytu energetycznego

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Koszty całkowite [zł]	Roczne oszczędności kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej) [%]
1	2	3	4	5
1.	Zestaw wszystkich ulepszeń termomodernizacyjnych wymienionych w tabeli 11 i wybranego wariantu optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego określonego w tabeli 10			
2.	Zestaw jak pod lp. 1 bez ulepszenia z tabeli 11 o najwyższym wskaźniku prostego czasu zwrotu nakładów (SPBT)			
3.	Zestaw jak pod lp. 2 bez ulepszenia z tabeli 11 o kolejnym najwyższym wskaźniku prostego czasu zwrotu nakładów (SPBT)			
n-1	Przedsięwzięcie o najmniejszej wartości prostego czasu zwrotu nakładów (SPBT) z tabeli 11 i wybrany wariant optymalny przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiający sprawność systemu grzewczego określony w tabeli 10			
n	Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiający sprawność systemu grzewczego określony w tabeli 10			

Do audytu należy dołączyć dokumenty wymienione w § 5 rozporządzenia [5] m.in.:

- a) wykaz dokumentów i danych źródłowych, z których korzystał audytor
- b) inwentaryzacji techniczno-budowlanej budynku, zawierającej:
 - ogólne dane techniczne, w tym w szczególności opis konstrukcji i technologii, nazwę systemu, niezbędne wskaźniki powierzchniowe i kubaturowe, średnią wysokość kondygnacji, współczynnik kształtu,
 - co najmniej uproszczoną dokumentację techniczną, w tym rzuty poziome z zaznaczeniem układu przerw dylatacyjnych oraz stron świata,
 - opis techniczny podstawowych elementów budynku, w tym w szczególności ścian zewnętrznych, dachu, stropów, ścian piwnic, okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, drzwi.

Ponadto inne dokumenty potwierdzające przyjęte do obliczeń wartości.

Przykładowo faktury określające stawki za energię i dystrybucję, przykładowe karty katalogowe rozważanych do zastosowania urządzeń (z zastrzeżeniem, że mogą być użyte wszystkie rozwiązania równoważne lub lepsze pod względem technicznym od proponowanego), kosztorysy wymienione w § 5 pkt 7 rozporządzenia [5], lub inne dokumenty określające, że przedstawione w audycie koszty są realnymi do realizacji cenami rynkowymi np. linki do ofert internetowych przykładowe oferty wykonawców itp.

2.3 Audyt energetyczny lokalnego źródła ciepła

Audyt energetyczny lokalnego źródła ciepła przeprowadzany jest, gdy jedno źródło ciepła zasila więcej niż jeden budynek lub źródło ciepła zlokalizowane jest poza zaopatrywanym przez to źródło budynkiem.

Przez lokalne źródło ciepła należy rozumieć:

- a) kotłownię lub węzeł cieplny, z których nośnik ciepła jest dostarczany bezpośrednio do instalacji ogrzewania i ciepłej wody w budynku,
- b) ciepłownię osiedlową lub grupowy wymiennik ciepła wraz z siecią ciepłowniczą o mocy nominalnej do 11,6 MW, dostarczającą ciepło do budynków

Zasady wykonywania tego rodzaju audytów określa rozporządzenie [5] w swojej części drugiej.

Strona tytułowa audytu energetycznego lokalnego źródła ciepła:

Tabela 13 Strona tytułowa audytu energetycznego lokalnego źródła

1. DANE IDENTYFIKACYJNE ŹRÓDŁA CIEPŁA			
1.1 Nazwa źródła ciepła	..... .....	1.2 Rok budowy	
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji, PESEL*)	..... ..... ul. nr..... kod miejscowość..... tel fax PESEL..... Nazwa nr.....	1.4 Adres źródła ul. nr..... kod miejscowość..... powiat..... województwo.....	
2. NAZWA, ADRES I NUMER REGON PODMIOTU WYKONUJĄCEGO AUDYT:			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
3. IMIĘ, NAZWISKO, ADRES AUDYTORA KOORDYNUJĄCEGO WYKONANIE AUDYTU, POSIADANE KWALIFIKACJE, PODPIS:			

.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
4. WSPÓŁAUTORZY AUDYTU: IMIONA, NAZWISKA, ZAKRESY PRAC		
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego lub audytu remontowego
1.	.....	.....
2.	.....	.....
3.	.....	.....
5. MIEJSCOWOŚĆ.....DATA WYKONANIA OPRACOWANIA:.....		
6. SPIS TREŚCI		
1.	.....	.....str.
2.	.....	.....str.
3.	.....	.....str.
4.	.....	.....str.
5.	.....	.....str.
6.	.....	.....str.
7.	.....	.....str.

(źródło [5])

Karta audytu energetycznego lokalnego źródła ciepła:

Tabela 14 Karta audytu energetycznego lokalnego źródła

1. CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGICZNA			
Wyszczególnienie		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Moc zainstalowana [kW]		
2.	Rodzaj i ilość paliwa:		
	a) stałe [t/rok]		
	b) ciekłe [t/rok]		
	c) gazowe [Nm ³ /rok]		
3.	Typ kotłów (urządzeń)		
2. CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA			
1.	Zapotrzebowanie na moc cieplną odbiorców [kW]		
2.	Straty mocy cieplnej [kW]		
3.	Potrzeby własne źródła [kW]		

4.	Zapotrzebowanie na moc cieplną źródła [kW]										
5.	Obliczeniowe zużycie energii na ogrzewanie i ciepłej wody użytkowej odbiorców [GJ/rok]										
6.	Straty przesyłania [GJ/rok]										
7.	Potrzeby własne źródła [GJ/rok]										
8.	Ilość wytwarzanego ciepła [GJ/rok]										
9.	Sprawność eksploatacyjna [%]										
10.	Zużycie energii pierwotnej [GJ/rok]										
3. PROGNOZA BILANSU CIEPŁA											
Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zapotrzebowanie na moc cieplną źródła [kW]											
Obliczeniowe zużycie energii na ogrzewanie i ciepłej wody użytkowej odbiorców [GJ/rok]											
Prognoza efektów ekonomicznych [zł/rok]											
4. EFEKTY TERMOMODERNIZACJI I WYNIKI ANALIZY EKONOMICZNEJ											
Roczne zmniejszenie zużycia energii	[%]										
Całkowity koszt wytwarzania wyjściowy	[zł/rok]										
Całkowity koszt wytwarzania docelowy	[zł/rok]										
Roczne oszczędności	[zł/rok]										
Jednostkowy koszt wytwarzania wyjściowy	[zł/GJ]										
Planowana kwota kredytu	[zł]										
Planowane koszty całkowite	[zł]										

(źródło [5])

W sytuacji gdyby lista paliw w pkt. 1 pkt. 2 tabeli powyżej okazała się niewystarczająca można wprowadzić dodatkowo właściwe np. gdyby źródłem ciepła po modernizacji była pompa ciepła zasilana elektrycznie należy uwzględnić w tabeli energię elektryczną.

Wspomniane rozporządzenie [6] w pkt. 1. 2) definiuje **sprawność eksploatacyjną** lokalnego źródła ciepła wyznaczaną jako stosunek ilości wyprodukowanego (pozyskanego) ciepła do **energii pierwotnej, rozumianej jako energia chemiczna spalonego paliwa**. Dlatego zużycie energii pierwotnej pojawia się w poz. 10. tabeli powyżej, a sprawność eksploatacyjna w pozycji 9. tej tabeli. Nie należy mylić energii pierwotnej zdefiniowanej wyżej jako energia chemiczna spalonego paliwa z pojęciem, które występuje w rozporządzeniu dot. metodologii charakterystyki energetycznej [6] **energii pierwotnej nieodnawialnej**.

Już sama różnica w nazwach wskazuje, że to nie jest to samo. Np. jeśli kotłownia osiedlowa zużyje 10 000 GJ jako energię zawartą w paliwie jakim jest biomasa - energia pierwotna w obliczeniach sprawności wyniesie właśnie 10 000 GJ (a nie 0,2x10 000 GJ).

Natomiast współczynnik nakładu energii pierwotnej nieodnawialnej, o którym mówi rozporządzenie [6] dla sieci ciepłowniczej obsługiwanej przez tę kotłownię wyznacza się ze wzoru podanego w rozporządzeniu [4].

Wskaźnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej, oznaczony symbolem „ $W_{p,c}$ ”, dla sieci ciepłowniczej, bez względu na ilość i rodzaj źródeł ciepła oraz technologii wykorzystywanych do wytwarzania i dostarczania ciepła do odbiorcy końcowego, oblicza się według wzoru:

$$W_{p,c} = \frac{\sum (w_{p,i} \times H_{ch,i}) - \sum (w_{el} \times E_l)}{\sum Q_{K,i}} \quad \text{Równanie 1}$$

Gdzie poszczególne symbole oznaczają:

$w_{p,i}$ – współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej, określony w tabeli, odpowiedni dla danego nośnika energii finalnej, stosownie do wykorzystywanego paliwa lub źródła energii,

$H_{ch,i}$ – ilość energii wprowadzonej w paliwie, w tym w biomasie lub biogazie, do źródeł ciepła dostarczających ciepło do danej sieci ciepłowniczej, zarówno do kotłów części ciepłowniczej, jak i jednostek kogeneracyjnych, liczoną jako iloczyn ilości tego paliwa i jego wartości opałowej, a także ilość ciepła odpadowego z instalacji przemysłowych lub ilość ciepła wytworzonego w instalacjach odnawialnego źródła energii, z wyjątkiem źródeł wykorzystujących w procesie przetwarzania energię pozyskaną z biomasy lub biogazu, dostarczoną w ciągu roku do tej sieci ciepłowniczej, w roku kalendarzowym poprzedzającym rok, w którym sporządzana jest ocena efektywności energetycznej dostarczania ciepła, wyrażoną w MWh/rok, W przypadku gdy przedsiębiorstwa wytwarzające ciepło i dostarczające to ciepło do danej sieci ciepłowniczej dostarczają ciepło również do odbiorcy końcowego nieprzyłączonego do tej sieci, ilość energii wprowadzonej w paliwie do źródeł ciepła tych przedsiębiorstw ustala się proporcjonalnie do ilości ciepła dostarczonego do sieci ciepłowniczej.

w_{el} – współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla energii elektrycznej z produkcji mieszanej, określony w tabeli,

E_l – sumę ilości energii elektrycznej brutto, mierzonej na zaciskach generatorów, wytworzonej w ciągu roku z układu kogeneracyjnego, w roku kalendarzowym poprzedzającym rok, w którym sporządzana jest ocena efektywności energetycznej dostarczania ciepła, wyrażonej w MWh/rok,

$Q_{K,i}$ – ilość ciepła dostarczoną w ciągu roku z sieci ciepłowniczej do odbiorców końcowych przyłączonych do tej sieci, w roku kalendarzowym poprzedzającym rok, w którym jest sporządzana ocena efektywności energetycznej dostarczania ciepła, wyrażoną w MWh/rok.

Jeżeli wartość wskaźnika „ $W_{p,c}$ ” wyznaczona według wzoru jest mniejsza od 0, przyjmuje się wartość równą 0,00.

Jeśli tak jak w tym przykładzie jest jedno źródło ciepła nie ma kogeneracji (źródłem ciepła jest kocioł na biomasę) współczynnik nakładu energii pierwotnej nieodnawialnej przeliczony ze wzoru (1) wyniesie $w_{p,c}=0,2$.

Zatem jeśli energia końcowa dla budynku zasilanego z tej kotłowni za pośrednictwem sieci ciepłowniczej wyniesie np. 1300 GJ to energia pierwotna nieodnawialna dla tego budynku obliczona zostanie jako $0,2 \times 1300 \text{ GJ} = 260 \text{ GJ}$ i to będzie podstawą wyznaczenia wskaźnika E_p dot. ogrzewania dla tego budynku. Dalsza procedura postępowania zwarta jest w rozporządzeniu [5].

Tabela 15 Zapotrzebowanie na moc cieplną i ciepło lokalnego źródła ciepła

Lp.	Obiekt	Stan przed termomodernizacją		Okres trwałości projektu [lata]														
				1.		2.		3.		4.		5.		n-1		n		
		q kW	Q GJ/rok	q kW	Q GJ/rok	q kW	Q GJ/rok	q kW	Q GJ/rok	q kW	Q GJ/rok	q kW	Q GJ/rok	q kW	Q GJ/rok	q kW	Q GJ/rok	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	n-1	n	
1.	Odbiorcy																	
2.																		
3.																		
4.																		
n-1																		

(źródło [5])

n																		
I	Straty przesyłania																	
II	Potrzeby własne źródła																	
III	Razem																	
Q - zapotrzebowanie na moc cieplną budynku, straty mocy cieplnej sieci w warunkach obliczeniowych lub zapotrzebowanie na moc cieplną budynku (pomieszczeń) kotłowni, kW, Q - roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej uwzględniające sprawności systemu c. o., roczne straty przesyłania ciepła lub roczne zużycie energii do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody w budynku (pomieszczeniach) kotłowni, GJ/rok																		

W tabeli powyżej należy natomiast przedstawić bilans mocy i energii, prognozę zapotrzebowania na energię. Oryginalnie rozporządzenie określa czas tej prognozy na okres spłaty kredytu. W tym przypadku, ponieważ jest to umowa nie na spłatę kredytu tylko dofinansowanie, okresem tym jest okres trwałości projektu. Rok pierwszy i następne jest to prognoza. Możliwość wpisania równych wartości w poszczególnych latach wynika z faktu, że budynki mogą być termomodernizowane niezależnie od modernizacji lokalnego źródła ciepła w innym czasie. W często spotykanym przypadku, budynki zasilane z lokalnego źródła ciepła są modernizowane równocześnie z modernizacją lokalnego źródła ciepła, ponieważ są objęte tą samą umową o dofinansowanie. W takim przypadku w 1 roku nastąpi spadek zapotrzebowania na moc i energię cieplną w stosunku do stanu z przed modernizacji, a w następnych latach będzie to ta sama wartość jak w roku pierwszym po modernizacji.

Kolejna tabela podaje bilans ciepła dla lokalnego źródła ciepła dla stanu przed termomodernizacją i wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, oraz efekty energetyczne.

Tabela 16 Bilans ciepła dla lokalnego źródła ciepła dla stanu przed termomodernizacją i wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz efekty energetyczne

Lp.	Wyszczególnienie	Stan przed termo modernizacją	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant n
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1	Zapotrzebowanie na moc cieplną źródła [kW]					
2	Moc cieplna zainstalowana [kW]					
3	Zapotrzebowanie na ciepło źródła [GJ/rok]					
4	Sprawność eksploatacyjna [%]					
5	Zużycie energii pierwotnej [GJ/rok]					
6	Efekt energetyczny E_i [%]					

(źródło [5])

Efekt energetyczny (zmniejszenie strat energii pierwotnej) wymieniony w tej tabeli przedstawiającej bilans ciepła dla lokalnego źródła ciepła oblicza się ze wzoru [5]:

$$E_i = \frac{\eta_i - \eta_w}{\eta_i \cdot (1 - \eta_w)} \cdot 100\% \quad \text{Równanie 2}$$

gdzie:

η_w - sprawność eksploatacyjna źródła dla stanu przed termomodernizacją,

η_i - sprawność eksploatacyjna źródła dla rozpatrywanego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

Koszt wytwarzania ciepła składa się z kosztów stałych i kosztów zmiennych.

W kosztach stałych należy uwzględnić następujące pozycje: koszt stały zakupu ciepła, amortyzację, wynagrodzenia, koszty funduszu płac, koszty finansowe, koszty ogólne, remonty i konserwacje, oraz inne czynniki mające wpływ na wytworzenie kosztów stałych.

W kosztach zmiennych należy uwzględnić następujące pozycje: koszt zmienny zakupu ciepła, energię elektryczną, koszty zakupu paliwa, transport, opłaty za gospodarcze korzystanie ze środowiska.

Koszty zmienne wytwarzania ciepła w lokalnym źródle ciepła określone dla ostatniego roku rachunkowego poprzedzającego podjęcie przedsięwzięcia termomodernizacyjnego należy przeliczyć na warunki roku standardowego według wzoru [5]

$$K_s = K_r \cdot \frac{S_d - u_{cw} \cdot (S_d - S_{dr})}{S_{dr}} \quad \text{Równanie 3}$$

- K_s - koszt zmienny w roku standardowym, [zł/rok],
 K_r - koszt zmienny w roku rzeczywistym, [zł/rok],
 S_{dr} - liczba stopniodni w sezonie rzeczywistym (ostatni rok rachunkowy), [dzień K/rok],
 S_d - liczba stopniodni w sezonie standardowym, obliczona ze wzoru (4) [dzień K/rok],
 u_{cw} - udział produkcji na potrzeby ciepłej wody użytkowej w całkowitej produkcji w roku rzeczywistym.

Stopniodni oblicza się ze wzoru [2]:

$$S_d = \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e] \cdot L_d(m) \quad \text{Równanie 4}$$

gdzie :

L_g - liczba miesięcy ogrzewania w sezonie grzewczym

t_{wo} - obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur ogrzewanych pomieszczeń w budynkach, w °C

$t_e(m)$ - średnia wieloletnia temperatura miesiąca m, a w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod nie ogrzewanymi poddaszami – temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku, w °C,

$L_d(m)$ - liczba dni ogrzewania w miesiącu m, podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji.

Tabela z rozporządzenia [5] przedstawia podsumowanie wyników audytu źródła ciepła:

Tabela 17 Zestawienie kosztów wytwarzania ciepła dla stanu wyjściowego i poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz efektów ekonomicznych

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Koszty/efekty [zł/rok]	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok	rok	rok
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	n-1.	n.
1.	Stan przed termomodernizacją	Koszt wytwarzania ciepła							
2.	Wariant 1	Koszt wytwarzania ciepła							
		Efekt ekonomiczny							
3.	Wariant 2	Koszt wytwarzania ciepła							
		Efekt ekonomiczny							
4.	Wariant 3	Koszt wytwarzania ciepła							
		Efekt ekonomiczny							

n-1	Wariant n-1	Koszt wytwarzania ciepła							
		Efekt ekonomiczny							
n	Wariant n	Koszt wytwarzania ciepła							
		Efekt ekonomiczny							

(źródło [5])

Końcowym elementem obliczeń jest wyznaczenie prostego czasu zwrotu inwestycji.

$$SPBT = \frac{N}{\Delta Q_{\min}} [lata] \quad \text{Równanie 5}$$

gdzie:

ΔQ_{\min} - minimalny efekt ekonomiczny wybrany spośród efektów obliczonych dla poszczególnych lat spłaty kredytu, [zł]

N - planowane koszty całkowite wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji technicznej, [zł].

2.4 Audyt energetyczny sieci ciepłowniczej

Audyt sieci ciepłowniczej jest zalecany wtedy, gdy wnioskodawca posiada własną sieć ciepłowniczą zasilaną z własnej kotłowni (rzadziej z wymiennika ciepła zasilanego z sieci miejskiej), a sieć ta jest na tyle stara i w złym stanie technicznym, że jej modernizacja może przynieść widoczne oszczędności energii. Oczywiście, nie zawsze wykonanie takiego audytu jest wskazane. Jeśli sieć jest stosunkowo nowa albo gdy nie ma jej w ogóle (np. każdy budynek ma własny kocioł lub wymiennik ciepła) nie ma takiej potrzeby.

Tabela 18 Strona tytułowa audytu energetycznego lokalnej sieci ciepłowniczej

1. DANE IDENTYFIKACYJNE LOKALNEJ SIECI CIEPŁOWNICZEJ			
1.1 Nazwa sieci ciepłowniczej	..... .....	1.2 Rok budowy	
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji, PESEL*)	..... ..... ..... ul. nr.....	1.4 Adres sieci ciepłowniczej	
(*w przypadku cudzoziemca nazwa i numer	kod miejscowość.....	ul. nr..... kod miejscowość..... .	

dokumentu tożsamości)	tel fax PESEL..... Nazwa nr.....	powiat..... województwo.....
2. Nazwa, adres i numer REGON podmiotu wykonującego audyt:		
.....		
3. Imię, nazwisko, adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:		
.....		
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac,		
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego lub audytu remontowego
1.	.....	.....
2.	.....	.....
3.	.....	.....
5. Miejscowość.....data wykonania opracowania:.....		
6. Spis treści		
1.....str 2.....str 3.....str 4.....str 5.....str. 6.....str 7.....str		

(źródło [5])

Karta audytu energetycznego podaje podstawowe parametry sieci i wyniki analizy w audycie:

Tabela 19 Karta audytu energetycznego lokalnej sieci ciepłowniczej

1. CHARAKTERYSTYKA KONSTRUKCYJNA		
Wyszczególnienie		Stan przed termomodernizacją / Stan po termomodernizacji
Ogólna długość sieci	[m]	
Zakres średnic	[mm]	
Temperatury obliczeniowe	[°C]	
Przepływ nominalny	[t/h]	
2. CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA		
Straty mocy cieplnej w warunkach obliczeniowych	[kW]	
Całkowite straty ciepła	[GJ/rok]	
3. EFEKTY TERMOMODERNIZACJI I WYNIKI ANALIZY EKONOMICZNEJ		
Roczne zmniejszenie zużycia energii	[%]	
Całkowity koszt wytwarzania wyjściowy	[zł/rok]	
Całkowity koszt wytwarzania docelowy	[zł/rok]	
Roczne oszczędności	[zł/rok]	
Jednostkowy koszt wytwarzania wyjściowy	[zł/GJ]	
Planowana kwota kredytu	[zł]	
Planowane koszty całkowite	[zł]	

(źródło [5])

Podstawowe informacje o sieci ciepłowniczej podaje się w tabeli określającej charakterystykę konstrukcyjną sieci ciepłowniczej:

Tabela 20 Charakterystyka konstrukcyjna sieci

Lp.	Średnica nominalna [mm]	Długość sieci [m]	Technologia (producent)	Rok budowy	Głębokość posadowienia [m]	Stan izolacji	Armatura (wymienić)
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
1.							
2.							
n-1							
n							

(źródło [5])

Metoda obliczeniowa jest następująca:

Całkowite straty ciepła sieci ciepłowniczej stanowią sumę strat ciepła przez przenikanie i strat ciepła spowodowanych jej nieuszczelnnością.

Straty ciepła przez przenikanie

Straty ciepła przez przenikanie E stanowiące sumę strat ciepła w okresie sezonu grzewczego i poza nim dla każdego odcinka sieci ciepłowniczej wyróżnionego w charakterystyce konstrukcyjnej sieci zawartej w tabeli 1 części 2 załącznika nr 3 oblicza się według wzoru [17]:

$$E = E_s + E_1, \text{ [GJ/rok]} \quad \text{Równanie 6}$$

gdzie:

E_s - straty ciepła w sezonie grzewczym, obliczane według wzoru poniżej, [GJ/rok],

E_1 - straty ciepła w sieci poza sezonem grzewczym, obliczone według wzoru poniżej, [GJ/rok].

Straty ciepła w sezonie grzewczym E_s oblicza się według wzoru [17]:

$$E_s = 10^{-5} \cdot 8,64 \cdot q_s \cdot L_i \cdot D_s, \text{ [GJ/rok]} \quad \text{Równanie 7}$$

gdzie:

D_s - liczba dni działania sieci na ogrzewanie [dni],

L_i - długość odcinka sieci; w przypadku gdy odcinek sieci wyposażony jest w armaturę, jego długość należy odpowiednio zwiększyć zgodnie z ogólnymi zasadami obliczania strat rurociągów [m],

q_s - średnie jednostkowe straty w sieci w sezonie grzewczym, określane na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji sieci według ogólnych zasad obliczania strat ciepła w sieciach przy uwzględnieniu rzeczywistego stanu technicznego sieci i izolacji termicznej, W/m.

Straty ciepła w sieci poza sezonem grzewczym oblicza się według wzoru [17]:

$$E_1 = 10^{-5} \cdot 8,64 \cdot q_1 \cdot L_i \cdot (365 - D_s), \text{ [GJ/rok]} \quad \text{Równanie 8}$$

gdzie:

q_1 - średnie jednostkowe straty w sieci poza sezonem, określane jak wyżej, [W/m],

L_i - długość odcinka sieci; w przypadku gdy odcinek sieci wyposażony jest w armaturę, jego długość należy odpowiednio zwiększyć zgodnie z ogólnymi zasadami obliczania strat rurociągów [m],

D_s - liczba dni działania sieci na ogrzewanie [dni],

Średnie jednostkowe straty w sieci poza sezonem q_1 oblicza się według wzoru [17]:

$$q_1 = u \cdot (110 - 2 \cdot t_s) \text{ [W/m]} \quad \text{Równanie 9}$$

w tym wzorze:

110 - to suma średniej temperatury wody w rurociągu zasilającym (70°C) i powrotnym (40°C) poza sezonem grzewczym,

t_s - temperatura na zewnątrz rurociągu (poza sezonem grzewczym)

Straty mocy cieplnej w warunkach obliczeniowych oblicza się według wzoru:

$$Q_o = 10^{-3} \cdot q_o \cdot L_i, \text{ [kW]}$$

gdzie:

q_o - jednostkowe straty ciepła sieci w warunkach obliczeniowych q_o , W/m,

L_i - jak we wzorze (8)

Jednostkowe straty mocy określa wzór [17]:

$$q_s = u \cdot (t_{1sr} + t_{2sr} - 2 \cdot t_s) \left[\frac{W}{m} \right] \quad \text{Równanie 10}$$

przy czym:

t_{1sr} – średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu zasilającym [°C],

t_{2sr} – średnia temperatura wody w okresie ogrzewania w rurociągu powrotnym [°C],

t_s – temperatura na zewnątrz rurociągu;

w przypadku, gdy rurociąg położony jest w gruncie $t_s = 8$ [°C],

w przypadku rurociągów napowietrznych $t_s = t_{zsr1}$ (w okresie grzewczym) i $t_s = t_{zsr2}$ (poza okresem grzewczym).

Przykładowe dane dla kilku lokalizacji w Małopolsce przedstawia tabela:

Tabela 21 Wieloletnie dane meteorologiczne wybranych miast Małopolski

l.p.	Stacja meteorologiczna	Liczba dni trwania sezonu grzewczego - D_s	Średnia temperatura zewnętrzna w okresie ogrzewania – t_{zsr1}	Średnia temperatura zewnętrzna poza okresem ogrzewania - t_{zsr2}
		dni	°C	°C
1.	Aleksandrowice	222	3,0	14,9
2.	Kraków	222	2,9	15,9
3.	Nowy Sącz	222	2,9	15,4
4.	Tarnów	222	3,2	16,0

Źródło: [17]

Ponieważ rzeczywista średnia temperatura zewnętrzna za sezon grzewczy, w przypadku gdy rurociąg jest napowietrzny, wynosi zwykle ok. 3°C, samo przeniesienie rurociągu do gruntu przy okazji jego wymiany już spowoduje spadek strat ciepła. Dodatkowe rezultaty termomodernizacji będą wynikały z faktu położenia w gruncie nowych rur preizolowanych.

W przypadku rurociągów umieszczonych w kanałach, t_s zależy od nominalnych temperatur sieci, a jej wartość można odczytać w tabeli:

Tabela 22 Charakterystyka konstrukcyjna sieci

D_{nom} rurociągu mm	Maksymalne obliczeniowe temperatury czynnika (zasilanie/powrót)				
	180/70	150/70	130/70	110/70	90÷95/70
do 50	16	14	13	12	11
65÷150	21	19	17	16	15
200÷350	28	25	23	21	19
400÷600	33	29	27	25	22
700÷900	36	33	30	27	24
1000÷1400	39	35	32	29	25

Źródło: [17]

Występujący we wzorze (10) współczynnik $u \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$ – czyli współczynnik przenikania ciepła przez izolację, charakteryzujący rurociąg, określa się w następujący sposób [17]:

$$u = a \cdot u_0 \left[\frac{W}{m \cdot K} \right] \quad \text{Równanie 11}$$

gdzie:

u_0 - wyznacza się na podstawie tabeli 20;

a - dobierane jest z tabeli 21;

Tabela 23 Wartość współczynnika przenikania ciepła przed modernizacją

2xD _{nom} rurociągu [mm]	Współczynnik strat ciepła (u_0) [W/mK]
20	0,2885
25	0,3060
32	0,3300
40	0,3570
50	0,3899
65	0,4378
80	0,4840
100	0,5432
125	0,6135
150	0,6802
200	0,8044
250	0,9186
300	1,0256
350	1,1275
400	1,2262
450	1,3232
500	1,4197
600	1,6140
700	1,8122
800	2,0131
900	2,2115
1000	2,3985
1200	2,6893
1400	2,7647

Źródło: [17]

Wskaźnik „a” czyli wskaźnik pogorszenia izolacji rurociągu (przed modernizacją), określa się na podstawie wieku rurociągu, co pokazuje tabela:

Tabela 24 Zależność wskaźnika pogorszenia izolacji od wieku rurociągu

Wskaźnik pogorszenia izolacji	Liczba lat eksploatacji rurociągu					
	0÷5	6÷10	11÷15	16÷20	21÷25	powyżej 25
a	1	1,2	1,4	1,6	1,75	1,85

Źródło: [17]

Straty ciepła spowodowane nieszczelnością sieci równe są ilości ciepła potrzebnego do podgrzania wody uzupełniającej. Strumień masy wody uzupełniającej, konieczny do uzupełnienia ubytków spowodowanych nieszczelnościami sieci, należy określić jako różnicę pomiędzy całkowitym strumieniem masy wody uzupełniającej w źródle ciepła, a sumą strumieni masy wody

uzupełniającej w instalacjach wewnętrznych.

W celu obliczenia strat ciepła spowodowanych nieszczelnością sieci należy skorzystać z następującego wzoru:

$$E_n = 3,26 \cdot L_i \cdot D_{wn}^2 \cdot v_s \cdot (t_{1sr} + t_{2sr} - 24) \cdot 10^{-9} [\text{GJ/rok}]$$

Równanie 12

Źródło: [17]

gdzie:

D_{wn} – wewnętrzna średnica rurociągu w [mm],

v_s – stosunek rocznych ubytków wody w sieci do wielkości zładu. L_i , t_{1sr} , t_{2sr} jak we wzorach (8),(9)

W celu obliczenia strat ciepła po modernizacji należy skorzystać z tych samych reguł, które zostały zastosowane przy wyliczaniu strat przed modernizacją, z tą różnicą, że współczynnik strat ciepła (u) zamiast z tabeli 18, należy uzyskać od dostawcy rur preizolowanych. Straty nie szczelności przyjmuje się zerowe.

W celu obliczenia zmniejszenia strat ciepła w procentach w wyniku wymiany rur tradycyjnych na preizolowane należy skorzystać ze wzoru:

$$O = (\Delta E / E_1) \cdot 100\%$$

Równanie 13

Źródło: [17]

2.5 Audyt efektywności energetycznej

2.5.1 Wymagania prawne

Należy zwrócić uwagę, że ustawa o efektywności energetycznej [3] (a w zasadzie jej późniejsza zmiana [18]) nakłada na audytora wymagania dot. jego kwalifikacji.

Audyt efektywności energetycznej może sporządzić wyłącznie osoba, która:

- 1) posiada co najmniej dwuletnie doświadczenie zawodowe w zakresie obsługi, eksploatacji lub montażu danego rodzaju urządzeń technicznych lub instalacji, lub w zakresie obsługi lub eksploatacji danego rodzaju obiektów, objętych audytem efektywności energetycznej, lub
- 2) ukończyła:
 - a) studia wyższe zakończone uzyskaniem tytułu zawodowego magistra, magistra inżyniera albo tytułu równorzędnego potwierdzającego wykształcenie wyższe na tym samym poziomie lub
 - b) studia podyplomowe– których program uwzględnia zagadnienia związane z energetyką, elektrotechniką, efektywnością energetyczną, wykonywaniem audytów energetycznych budynków, budownictwem energooszczędnym lub odnawialnymi źródłami energii.

Audyt efektywności energetycznej dotyczy obliczeń oszczędności energii na skutek poprawy efektywności energetycznej. Ustawa o efektywności energetycznej [3] (z późniejszymi zmianami [18]) definiuje podstawowe pojęcia używane w audycie efektywności energetycznej:

efektywność energetyczna – stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt;

oszczędność energii – ilość energii stanowiącą różnicę między energią potencjalnie zużytą przez obiekt, urządzenie techniczne lub instalację w danym okresie, przed zrealizowaniem jednego lub kilku przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej, a energią zużytą przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację w takim samym okresie, po zrealizowaniu tych przedsięwzięć i po uwzględnieniu znormalizowanych warunków zewnętrznych wpływających na zużycie energii;

przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej – działanie polegające na wprowadzeniu zmian lub usprawnień w obiekcie, w urządzeniu technicznym lub w instalacji, w wyniku których uzyskuje się oszczędność energii;

audyt efektywności energetycznej – opracowanie zawierające analizę zużycia energii oraz określające stan techniczny obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, zawierające wykaz przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, a także ocenę ich opłacalności ekonomicznej i możliwej do uzyskania oszczędności energii;

energia pierwotna – energię zawartą w pierwotnych nośnikach energii, pozyskiwaną bezpośrednio ze środowiska, a w szczególności: w węglu kamiennym energetycznym (łącznie z węglem odzyskanym z hałd), w węglu kamiennym koksowym, w węglu brunatnym, w ropie naftowej (łącznie z gazoliną), w gazie ziemnym wysokometanowym (łącznie z gazem z odmetanowania kopalń węgla kamiennego), w gazie ziemnym zaazotowanym, w torfie do celów opałowych, oraz energię: wody, wiatru, słoneczną, geotermalną wykorzystywaną do wytwarzania energii elektrycznej, ciepła lub chłodu, a także biomasę w rozumieniu ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych (Dz. U. z 2021 r. poz. 1355 i 1642);

energia finalna – energię lub paliwa w rozumieniu art. 3 pkt 1 i 3 ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne, dostarczone odbiorcy końcowemu.

Szczegółowy zakres i sposób sporządzania audytu efektywności energetycznej, oraz metody obliczania oszczędności energii są przedstawione w rozporządzeniu [4] (późniejszymi zmianami [19]).

Poniżej wymienione postanowienia nie są powtórzeniem całości wymagań zawartych w rozporządzeniu. Natomiast wymienione tu przypadki są przyczyną najczęściej występujących pomyłek w audytach efektywności energetycznej.

W każdym audycie wymagane m.in. jest :

1. **„Wskazanie dopuszczalnych, ze względów technicznych, i ekonomicznie uzasadnionych rodzajów i wariantów realizacji przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej, z uwzględnieniem zastosowania różnych technologii”**(§ 3. Pkt 1.1.). Np. rozważanie wymiany oświetlenia na LED z uwzględnieniem dwóch lub więcej ofert różnych producentów lub dostawców nie spełnia wymogów tego zapisu ponieważ rozważana jest ta sama technologia LED. Natomiast drugim wariantem może być np. zastosowanie LED, ale z systemem automatycznie regulującym natężenie oświetlenia w zależności od poziomu światła dziennego lub z czujnikami ruchu itp. Kolejnym może być np. połączenie tej technologii z niżej wspomnianymi rurami świetlnymi

zwiększającymi udział światła naturalnego w pomieszczeniach. Analogicznie w przypadku innych zakresów modernizacji rozważane warianty muszą być oparte o różne technologie.

2. „Audyty, o którym mowa w § 4 ust. 1, sporządza się zgodnie z wiedzą techniczną, z wykorzystaniem, w szczególności, danych i metod określania oszczędności energii, z zastosowaniem odpowiednio udokumentowanej metody obliczeń lub na podstawie dokonywanych pomiarów” (§ 5.1).
3. W § P2. 1. podkreślone zostało, że audyt zawiera wyniki pomiarów wielkości fizycznych i parametrów pracy tego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, z uwzględnieniem:
 - czynników wpływających na zużycie przez nie energii,
 - charakterystyki sprzętu służącego do wykonywania pomiarów, wraz z dokumentacją tych pomiarów oraz określeniem okresów, w których pomiary te wykonano,Jak wynika z pkt. 2 i 3 rola pomiarów w tego rodzaju audytach jest ważna.
4. W § 2.1 podkreślone zostało też, że audyt musi zawierać ocenę błędów:
 - wykonanych pomiarów wielkości fizycznych i wewnętrznej spójności wyników tych pomiarów – w przypadku wykonania czynności, o których mowa w lit. b,
 - wykonanych oszacowań zużycia energii i wewnętrznej spójności wyników tych oszacowań – w przypadku wykonania czynności, o których mowa w lit. c,
 - uzgodnienie wyników pomiarów z oszacowaniami analitycznymi – w przypadku wykonania czynności, o których mowa w lit. b i c.

Jak wynika z § 2.1 można wykonać w każdym przypadku obliczenia poprawy efektywności energetycznej, które nie mieszczą się w zakresie audytu energetycznego. Mogą być np.:

1. Termomodernizacje dotyczące innych kategorii budynków niż wymienione w ustawie o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz centralnej bazie danych o emisyjności [1]
2. Inne przedsięwzięcia służące poprawie efektywności energetycznej, wśród których w odniesieniu do budynków najczęściej spotykane są modernizacje :
 - oświetlenia,
 - klimatyzacji,
 - zastosowania wysokosprawnej kogeneracji,
 - wymiany wind (jeżeli w ich wymiana powoduje mierzalną oszczędność energii)
3. Rozszerza się zakres zastosowania odnawianych źródeł energii. Mogą one służyć nie tylko ogrzewaniu budynku i przygotowaniu c.w.u, ale też klimatyzacji (np. poprzez zastosowanie rewersyjnych pomp ciepła), oświetleniu (np. poprzez wprowadzanie naturalnego światła słonecznego do pomieszczeń przy użyciu rur świetlnych skupiających u góry, nad dachem, promieniowanie słoneczne i rozpraszających w pomieszczeniu). Wspomniana kogeneracja może być jednocześnie odnawianym źródłem energii, nie tylko wtedy gdy agregat kogeneracyjny jest zasilany biomasą lub biogazem czy zielonym wodorem, ale też np. w przypadku kolektorów słonecznych fotowoltaiczno-termicznych (PVT), które jednocześnie produkują energię elektryczną i ciepłą z energii słonecznej. Ponadto fotowoltaika może być źródłem energii odnawialnej dla wszystkich systemów budynku zużywających energię elektryczną od pomp ciepła lub wentylacji mechanicznej, poprzez oświetlenie do napędu wind.

Tematy zastosowania odnawianych źródeł energii, kogeneracji i trigeneracji oraz w obu tych przypadkach przydatnych magazynów energii są omówione w osobnych punktach poniżej. Dlatego tu zostaną omówione inne zagadnienia, które mogą się pojawiać w audycie efektywności energetycznej.

2.5.2 Termomodernizacja

Rozporządzenie [4] (§5 pkt.1.2) mówi: „dla przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej polegającego na realizacji przedsięwzięcia termomodernizacyjnego w rozumieniu ustawy z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów (Dz. U. z 2017 r. poz. 130 i 1529) dotyczącego również innych budynków niż budynki mieszkalne, budynki zbiorowego zamieszkania oraz budynki stanowiące własność jednostek samorządu terytorialnego służące do wykonywania przez nie zadań publicznych – stosuje się metody obliczeń określone w rozporządzeniu wydanym na podstawie art. 18 ust. 1 ustawy z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów, z uwzględnieniem różnic w sposobie użytkowania tych budynków i ich właściwościach”

Zatem niezależnie od powodu wykonania audytu efektywności energetycznej:

- inna kategoria budynku niedopuszczona do wykonania audytu energetycznego
- większy zakres audytu wykraczający w swojej części poza termomodernizację

w zakresie termomodernizacji audyt wykonuje się tak jak audyt energetyczny budynku z zastosowaniem przepisów rozporządzenia [5] dot. audytu energetycznego. Należy tu też zastosować karty przedstawione w części dot. audytu energetycznego. W zakresie termomodernizacji różnica polega na zmianie nazwy audytu na audyt efektywności energetycznej.

2.5.3 Modernizacja oświetlenia

Modernizacja oświetlenia może polegać nie tylko na wymianie istniejących starszych źródeł światła na LED, ale również na zastosowaniu np.

- czujników ruchu ograniczających czas świecenia np. w toaletach na korytarzach
- automatyki dynamicznie sterującej natężeniem oświetlenia
- automatyki korygującej moc elektryczną źródła światła utrzymującą strumień światła na wymaganym poziomie uwzględniając spadek wydajności źródła światła na skutek starzenia się
- rur świetlnych

Roczne zapotrzebowania na energię końcową dostarczaną do budynku dla wbudowanej instalacji oświetlenia $Q_{k,L}$ wyznacza się według wzoru [6]:

$$Q_{k,L} = LENI \cdot A_L \quad \text{Równanie 14}$$

gdzie :

LENI - liczbowy wskaźnik energii oświetlenia wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej charakterystyki energetycznej budynków [7] wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia [kWh/(m²/rok)]

A_L - powierzchnia pomieszczeń wyposażonych w system wbudowanej instalacji oświetlenia równa powierzchni przyjętej do obliczenia wskaźnika LENI [m²]

Aby obliczyć LENI należy najpierw wyznaczyć moc jednostkową oświetlenia:

$$P_N = \frac{M_o}{A_L} \quad [\text{W}/\text{m}^2] \quad \text{Równanie 15}$$

Do obliczeń stosuje się następujące współczynniki:

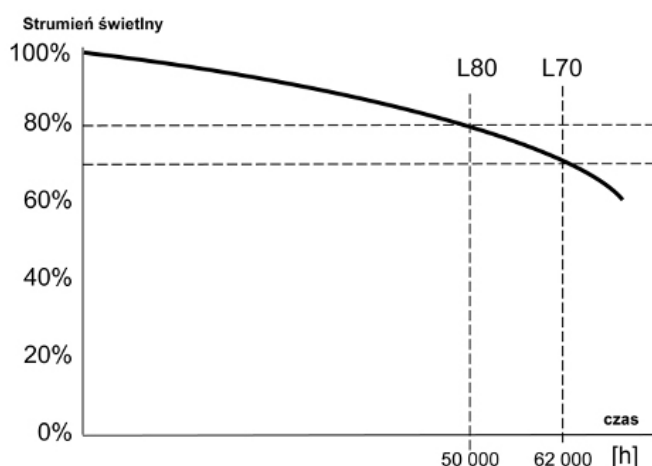
M_o - moc źródła światła

t_D - czas użytkowania oświetlenia podstawowego w ciągu dnia

t_N - czas użytkowania oświetlenia podstawowego w ciągu nocy

F_C - Współczynnik uwzględniający obniżenie natężenia oświetlenia do poziomu wymaganego.

Lampa nowa wykazuje większą skuteczność emisji światła. Pod koniec okresu eksploatacji strumień świetlny spada do 80% wartości początkowej. Tak określany jest czas eksploatacji (trwałość źródła światła). Typowa wartość dla LED (dobrej jakości) to 50 000 h (Rysunek 1). Oznacza to, że źródło światła przy pracy pełną mocą na początku emituje zbyt duży strumień światła (powyżej wymagań normy), a wartość zgodną z normą osiąga dopiero pod koniec eksploatacji. Korygując automatycznie strumień światła odpowiedni układ automatyki początkowo zmniejsza aktualną moc elektryczną oprawy. Natomiast w miarę zużycia i spadku wydajności źródła światła układ automatyki podnosi moc elektryczną powoli dochodząc do mocy maksymalnej potrzebnej pod koniec eksploatacji. Dzięki temu przez to przez cały czas pracy emituje ona strumień świetlny taki, który pozwala na spełnienie wymagań normy, np. dla danego stanowiska pracy. Natomiast opisana tu automatyka generuje oszczędności energii elektrycznej.



Rysunek 1 Określanie trwałości użytkowej lamp i opraw LED na podstawie zmian strumienia świetlnego

Źródło: [20]

Typowe wartości F_C :

1. bez regulacji $F_C=1$
2. z automatyczną regulacją $F_C=0,93$

F_O - Współczynnik uwzględniający nieobecność użytkowników w miejscu pracy

Wartości te należy wyliczyć na podstawie sposobu eksploatacji budynku, np. przy ruchu ciągłym $F_C=1$.

F_D -Współczynnik uwzględniający wykorzystanie światła dziennego

Typowe wartości F_D :

1. bez regulacji $F_D=1$

2. z automatyczną regulacją $F_D = 0,8$

$$E_L = P_N \cdot t_D \text{ [kWh/m}^2\text{]}$$

Równanie 16

– jednostkowa roczna energia na 1m² powierzchni w dzień

Jeżeli rozważaną modernizacją będą są rury świetlne należy obliczyć lub zmierzyć energię rocznie przez niedostarczaną i odjąć od wyżej wyliczonej wartości. Następnie ponownie wyliczyć P_N jako:

$$P_N = E_L / t_D$$

Równanie 17

Do obliczeń w zakresie oświetlenia służą specjalistyczne programy np. DIALux [21], Relux [22].

Obliczenia dotyczące rur świetlnych również tak można przeprowadzić.

Wartość LENI wyznacza się z wzoru:

$$LENI = P_N \cdot F_C \cdot F_O \cdot (t_D \cdot F_D + t_N)$$

Równanie 18

Oczywiście w uzasadnionych przypadkach wzór można by bardziej rozbudować wyznaczając osobne współczynniki nieobecności dla pory dziennej i nocnej.

Niezależnie od przyczyny oszczędności energii czy są to przykładowe modernizacje wyżej wymienione, czy jeszcze inne zaproponowane przez audytora rozwiązanie obliczenie zawsze sprowadza się do prawidłowego wyznaczenia współczynnika LENI przed i po modernizacji. Umożliwia to karta dotycząca modernizacji oświetlenia:

Tabela 25 modernizacja systemu oświetlenia

MODERNIZACJA SYSTEMU OŚWIETLENIA					
Rozpatrywane są dwa warianty modernizacji systemu oświetlenia: system świetlówkowy i system za pomocą LED. Oszczędności zużycia energii elektrycznej dla źródeł światła po modernizacji obliczane są przy założeniu, że natężenie oświetlenia powierzchni mierzone w luksach spełnia wymagania PN-EN 12464-1:2022-01					
Dane do oceny - stan istniejący					
- powierzchnia pomieszczeń wyposażonych w system wbudowanej instalacji oświetlenia $A_L =$ m ²					
- system oświetlenia wbudowanego:					
Opis modernizacji:					
Wariant I					
Wariant II					
		Jednostki	Stan istniejący	System oświetlenia po modernizacji	
				Wariant I	Wariant II
1.	Moc jednostkowa opraw oświetlenia podstawowego w budynku P_N	W/m ²			
2.	Czas użytkowania oświetlenia podstawowego w ciągu dnia t_D	h			

MODERNIZACJA SYSTEMU OŚWIETLENIA					
3.	Czas użytkowania oświetlenia podstawowego w ciągu nocy t_N	h			
4.	Współczynnik uwzględniający obniżenie natężenie oświetlenia do poziomu wymaganego F_c	----			
5.	Współczynnik uwzględniający nieobecność użytkowników w miejscu pracy F_o	----			
6.	Współczynnik uwzględniający wykorzystanie światła dziennego F_D	-----			
7.	Liczbowy wskaźnik energii oświetlenia LENI	kWh/m ² rok			
8.	Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku dla wbudowanej instalacji oświetleniowej $Q_{kl} = A_f \cdot LENI$	kWh/rok			
9.	Roczne oszczędności energii końcowej po modernizacji systemu oświetlenia ΔQ_{kl}	kWh/rok	-----		
10.	Jednostkowe opłaty za energię elektryczną C_{jed}	zł/kWh			
11.	Roczne koszty zużycia energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia wbudowanego K	zł/rok			
12.	Roczne oszczędności kosztów zużycia energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia ΔQ_k	zł/rok	-----		
13.	Koszt modernizacji systemu oświetlenia N_U	zł	-----		
14.	Prosty czas zwrotu SPBT	lat	----		
Dodatkowe informacje:					

Ponadto należy przedstawić zestawienie dot. inwentaryzacji istniejącego oświetlenia oraz przewidywanych modernizacji w postaci czytelnej tabeli przedstawiającej ilości opraw istniejących, planowane modernizacje i koszty. Przykładowa tabela dla modernizacji oświetlenia polegające na wymianie istniejącego oświetlenia na LED wygląda następująco:

Tabela 26 modernizacja systemu oświetlenia

Stan istniejący				Stan po modernizacji (opis modernizacji)					
Oświetlenie	Ilość [szt.]	Moc jednostkowa oprawy [W]	łącznie moc zainstalowana [W]	Ilość [szt.]	Moc jednostkowa oprawy [W]	łącznie moc zainstalowana [W]	Koszt jednostkowy [zł]	łącznie koszt urządzeń [zł]	Dane techniczne i wycena
Razem									-

Tabele tego typu przedstawiające wykaz urządzeń przed i po modernizacji można modyfikować tak, by dobrze przedstawiało proponowane w audycie rozwiązanie.

2.5.4 Modernizacja klimatyzacji

Termomodernizacja budynku czyli docieplenie nie przezroczystych przegród budowlanych, wymiana okien i drzwi, zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła zmniejsza zapotrzebowanie budynku nie tylko na energię do ogrzewania, ale też do chłodzenia.

Inną metodą zmniejszenia zysków słonecznych w czasie termomodernizacji jest zmniejszenie powierzchni okien zwykle od strony południowej, jako najbardziej nasłonecznionej. Powoduje to również zmniejszenie strat ciepła w sezonie grzewczym, ponieważ rozporządzenie [16] wymaga by ściana po dociepleniu (dla temperatury wewnątrz pomieszczenia równej lub wyższej niż 16°C) miała współczynnik $U=0,2$ [W/m²·K], podczas gdy okno spełniające wymagania tego samego rozporządzenia będzie miało $U=0,9$ [W/m²·K]. Należy tu jednak pamiętać, że rozporządzenie [23] podaje wzór na minimalną wymaganą powierzchnię okien dla budynku. Dlatego w przypadku takiej modernizacji należy załączyć obliczenie potwierdzające, że wymagania rozporządzenia [23] są spełnione.

Obliczenia zapotrzebowania na moc i energię w trybie chłodzenia zwykle można przeprowadzić w tych samych programach, które wyliczają energię i moc potrzebną do ogrzewania.

Obliczenia dot. modernizacji systemu klimatyzacji należy przedstawić w tabeli:

Tabela 27 Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia poprawiającego sprawność systemu klimatyzacji

Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia poprawiającego sprawność systemu klimatyzacji				
<u>Dane do obliczeń - stan istniejący</u>				
1.	zapotrzebowanie mocy do chłodzenia budynku	$q_{Hco} =$		kW (MW)
2.	sezonowe zapotrzebowanie na energię chłodu	$Q_{Hco} =$		GJ/rok
<u>Instalacja klimatyzacji. - stan istniejący</u>				
1.	instalacja chłodu	instalacja		stan techniczny:
2.	Rodzaj systemu chłodzenia: bezpośrednie zdecentralizowane/ bezpośrednie zdecentralizowane/ System chłodzenia z cieczą pośredniczącą			
3.	parametry pracy instalacji:.....			
4.	źródło chłodu:.....			stan techniczny:
5.	klimatyzatory: typ.....	ilość:.....		stan techniczny:
6.	automatyka z regulacją:.....			
7.	modernizacja instalacji:			data:
Przewiduje się następujące usprawnienia poprawiające sprawność systemu klimatyzacji				
Lp.	Opis usprawnienia	Ilość	Cena jednostkowa	Koszt
Wariant 1				
1.				
2.				

3.					
4.					
5.					
6.					
Wariant 2					
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
Zestawienie współczynników sprawności systemu klimatyzacji związanych z modernizacją					
Lp.		Współczynniki sprawności			
			Stan istniejący	Wariant 1	Wariant 2
1.	Średnia sezonowa sprawność wytwarzania	η_{Cg}			
2.	Średnia sezonowa sprawność przesyłu	η_{Cd}			
3.	Średnia sezonowa sprawność akumulacji	η_{Cs}			
4.	Średnia sezonowa sprawność regulacji	η_{Ce}			
5.	Średnia sezonowa sprawność całkowita	η_{Ctot}			
Ocena finansowa przedsięwzięcia modernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu klimatyzacji					
Lp.		Jednostki	Stan istniejący	Wariant 1	Wariant 2
1.	Obliczeniowa moc cieplna instalacji chłodzenia q_c	MW			
2.	Roczne zapotrzebowanie na chłód na potrzeby instalacji chłodzenia. w standardowym sezonie chłodniczym bez uwzględnienia sprawności systemu chłodzenia	GJ/rok			
3.	Średnia sezonowa sprawność całkowita η_{Ctot}	----			
4.	Sezonowe zapotrzebowanie na energię na potrzeby instalacji chłodzenia. z uwzględnieniem sprawności systemu Q_c	GJ/rok			
5.	Roczna opłata zmienna za energię stosowaną do wytworzenia chłodu O_{Cz}	zł/rok			
6.	Roczna opłata stała za moc O_{Cm}	zł/rok			
7.	Roczny abonament A_b	zł/rok			
8.	Roczny koszt ogrzewania w standardowym sezonie grzewczym O_c	zł/rok			

9.	Roczne oszczędności kosztów ogrzewania ΔO_{rc}	zł/rok	-----		
10.	Całkowity koszt usprawnień systemu ogrzewania N_c	zł	-----		
11.	Prosty czas zwrotu SPBT	lat	-----		

2.5.5 Modernizacja wind

W takim przypadku oszczędność energii można wykazać jedynie metodą pomiarową przewidzianą w rozporządzeniu [4].

1. Należy zmierzyć rzeczywiste zużycie energii eksploatowanej za reprezentatywny okres. Reprezentatywnym okresem jest 1 pełny rok. Przez rok w tym przypadku należy rozumieć okres 12 następujących po sobie miesięcy, nie koniecznie rok kalendarzowy. Np. okres od marca do lutego następnego roku też spełnia te wymagania. W sytuacji, gdy takich danych nie ma dopuszcza się pomiary za okres krótszy, ale min. 1 kwartał i ekstrapolację wyników na cały rok. Pomiar musi się odbywać licznikiem energii elektrycznej o określonej klasie dokładności, tak aby błąd pomiaru nie miał istotnego wpływu na wyliczoną oszczędność.
2. Wynik pomiaru dla windy przed modernizacją należy porównać z deklarowanym przez producenta rocznym zużyciem energii dla windy nowej lub pomiarem rzeczywistego zużycia dla tego modelu jeśli są dostępne pomiary z innego budynku tego samego rodzaju z tym modelem windy. Porównywać można tylko dane np. pomiędzy budynkami mieszkalnymi o tej samej ilości pięter lub pomiędzy budynkami użyteczności publicznej o tej samej ilości pięter.
3. Należy pamiętać o opisanej wcześniej wymaganej rozporządzeniem [4] analizie błędów pomiarowych.

2.5.6 Inne modernizacje

Gdyby audytor planował przedstawić ewentualne inne przedsięwzięcia służące poprawie efektywności energetycznej nie ujęte w powyższych punktach należy to również przedstawić na podstawie pomiarów jak w przykładzie z punktu 2.5.5. Oczywiście przedsięwzięcia te muszą się mieścić w wymaganiach Szczegółowego Opisu Priorytetów FEM 2021-2027 dla odpowiednich priorytetów 2 lub 8.

3. Obliczenia ilości energii odnawianej wyprodukowanej z urządzenia odnawianego źródła energii

3.1 Pompy ciepła

Wg ustawy o odnawialnych źródłach energii [2] odnawialne źródła energii to „odnawialne, niekopalne źródła energii obejmujące energię wiatru, energię promieniowania słonecznego, energię aerotermalną, energię geotermalną, energię hydrotermalną, hydroenergię, energię fal, prądowi pływów morskich, energię otoczenia, energię otrzymywaną z biomasy, biogazu, biogazu rolniczego, biometanu, biopłynów oraz z wodoru odnawialnego”.

W związku z powyższym w instalacjach pomp ciepła należy zwrócić uwagę na rodzaj dolnego źródła energii. Przykładowo pompa ciepła odzyskująca energię ze środowiska np. z powietrza zewnętrznego,

wody, gruntu spełnia powyższą definicję. Natomiast pompa ciepła odzyskująca energię z powietrza wyrzucanego z wentylacji budynku nie jest urządzeniem energii odnawianej. Podobnie w przypadku, gdy z wykorzystaniem pompy ciepła odzyskujemy energię odpadową np. z jakiegoś procesu produkcyjnego. W obu tych przykładach zastosowanie pompy ciepła znacznie poprawia efektywność energetyczną, ale nie jest zastosowaniem energii odnawialnej.

Jeżeli pompa ciepła ma dolne źródło w postaci energii odnawialnej (zatem spełnia powyższą definicję) w obliczeniach udziału energii odnawialnej należy zwrócić uwagę na Decyzję Komisji Europejskiej [24] ustanawiającej wytyczne dla państw członkowskich dotyczące obliczania energii odnawialnej z pomp ciepła. Wg tej decyzji minimalna efektywność energetyczna pomp ciepła wymagana do uznania energii za energię odnawialną na podstawie dyrektywy wynosi:

1. dla pomp ciepła zasilanych energią elektryczną (**SCOP net**) min. 2,5
2. dla pomp ciepła zasilanych energią cieplną (bezpośrednio lub poprzez spalanie paliw) minimalna wartość **SPF (SPER net)** 1,15

Zatem w przypadku urządzeń o gorszych parametrach całość produkowanej energii nie jest energią odnawialną.

Jeżeli powyższy warunek jest spełniony udział energii odnawialnej pobranej ze środowiska przez pompę ciepła oblicza się ze wzoru:

$$E_{OZE} = Q_{ut} * (1 - 1 / SPF) \quad \text{Równanie 19}$$

gdzie :

E_{OZE} – energia odnawialna wytworzona przez pompę ciepła,

Q_{ut} – energia użyteczna dostarczona przez pompę ciepłą do ogrzewania

SPF (seasonal performance factor) sezonowy współczynnik efektywności energetycznej dla pompy ciepła podany przez jej producenta.

Aby móc obliczyć ilość energii odnawialnej zgodnie z powyższym wzorem (19) należy najpierw obliczyć ilość energii grzewczej, jaką może dostarczyć pompa ciepła w sezonie standardowym do budynku. Obliczenie to jest zależne od wielu czynników np. efektywność pompy ciepła zależy zarówno od temperatury dolnego źródła ciepła jak i temperatury podawanej do instalacji c.o. Jeśli dolnym źródłem ciepła jest powietrze zewnętrzne dodatkową komplikacją w obliczeniach jest to, że temperatura powietrza zewnętrznego jest zmienna w sezonie grzewczym. Aby ująć te wszystkie zależności prawidłowo najlepiej posłużyć się specjalistycznymi programami. Należą do nich min. GeoT*SOL. [25], Polysun [26], Sunny Design [27]. Ten ostatni służy głównie do obliczeń fotowoltaicznych, ale ma możliwość analizy współpracy fotowoltaiki i pomp ciepła. Ponadto znani producenci pomp ciepła dostarczają również oprogramowania pozwalające wykonać obliczenia dla ich pomp ciepła. Zatem jest możliwość skorzystania zarówno z programów wymagających zakupu licencji jak i bezpłatnych. Oczywiście wymienione tu programy to tylko przykłady. Wykorzystać do obliczeń można każdy inny program, który wykonuje podobne symulacje. Wskazane jest by wydruk z obliczeń był w języku polskim, podobnie jak wszystkie inne dokumenty dołączone do audytu. Obliczenie energii grzewczej z pompy ciepła będzie szczególnie istotne w systemach biwalentnych, gdzie tylko część energii pochodzi z pompy ciepła, a pozostała część z

innego źródła energii. Dla prawidłowego wyniku audytu konieczne jest więc ustalenie udziałów poszczególnych źródeł ciepła w energii dostarczonej do budynku.

Różnica pomiędzy Q_u i E_{OZE} we wzorze (19) to energia wydana do sprężarki np. energia elektryczna (istnieją pompy ciepła sprężarkowe zasilane gazem ziemnym) lub użyta w pompie ciepła zasilanej gazem ziemnym lub płynnym energią gazu. Zatem udział energii odnawialnej można dodatkowo zwiększyć łącząc pracę pompy ciepła zasilanej energią elektryczną z instalacją dostarczającą energię elektryczną odnawialną np. fotowoltaiczną lub mikroelektrownią wiatrową itp. Analogicznie dla pomp ciepła zasilanych gazem ziemnym typu H_2 ready zwiększeniem udziału energii odnawianej byłoby zastosowanie domieszki zielonego wodoru (np. wyprodukowanego podczas elektrolizy przy użyciu energii ze źródeł odnawialnych) do gazu ziemnego lub płynnego.

3.2 Instalacje fotowoltaiczne

W tym przypadku również należy przeprowadzić symulację rocznej produkcji energii w danej lokalizacji z planowanej instalacji. Najprostszym narzędziem do tego celu jest bezpłatny kalkulator dostępny na stronie Komisji Europejskiej PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) [28]. Kalkulator ten nie analizuje jednak instalacji podlegających częściowemu zacienieniu. Zatem jeśli taki przypadek wystąpi w rozpatrywanym miejscu należy skorzystać z innych programów. Przykładami takich programów mogą być PV*SOL [29], Polysun [26], Bluesol [30], Sunny Design [27]. Również w tym przypadku nie jest to zamknięty katalog możliwości. Można wykorzystać każdy inny program wykonujący podobne symulacje.

Ważne by przedstawić jako załącznik do audytu wydruk w języku polskim. W przypadku mikroinstalacji energii odnawianej należy wykonać zgłoszenie mikroinstalacji, a w przypadku jej rozbudowy aktualizację zgłoszenia. Szczegóły w przypadku Tauron-Dystrybucja można znaleźć na ich stronie [31]. Jednak wykonanie takiego zgłoszenia jest możliwe jeśli moc przyłączeniowa audytowanego budynku jest większa lub równa mocy mikroinstalacji. Dlatego by udowodnić możliwość realizacji założeń audytu należy dołączyć do niego dokument potwierdzający moc przyłączeniową budynku.

Dla instalacji fotowoltaicznych w przedziale powyżej 50 kWp do 1 MW na podstawie art. 7 ustawy o odnawianych źródłach energii [32] wymagany jest wpis do rejestru wytwórców energii odnawianej w małej instalacji. Jednocześnie na podstawie art. 7 Prawa energetycznego [14] wymagane jest uzyskanie warunków przyłączeniowych, a następnie zawarcie umowy przyłączeniowej. Dlatego by udowodnić możliwość realizacji założeń audytu będzie konieczne dołączenie warunków przyłączeniowych do realizowanego projektu.

W przypadku instalacji odnawianych źródeł energii większych niż 1 MW na podstawie art. 3. ustawy o odnawianych źródłach energii [32] wymagana jest koncesja. Na etapie rozważania inwestycji należałoby zatem przedstawić promesę koncesji, oprócz wspomnianych wcześniej warunków przyłączenia wydanych przez operatora systemu elektroenergetycznego. Jednak moce powyżej 1 MW są na tyle duże, że zastosowanie takiej instalacji do pojedynczego budynku nie miałoby uzasadnienia ekonomicznego.

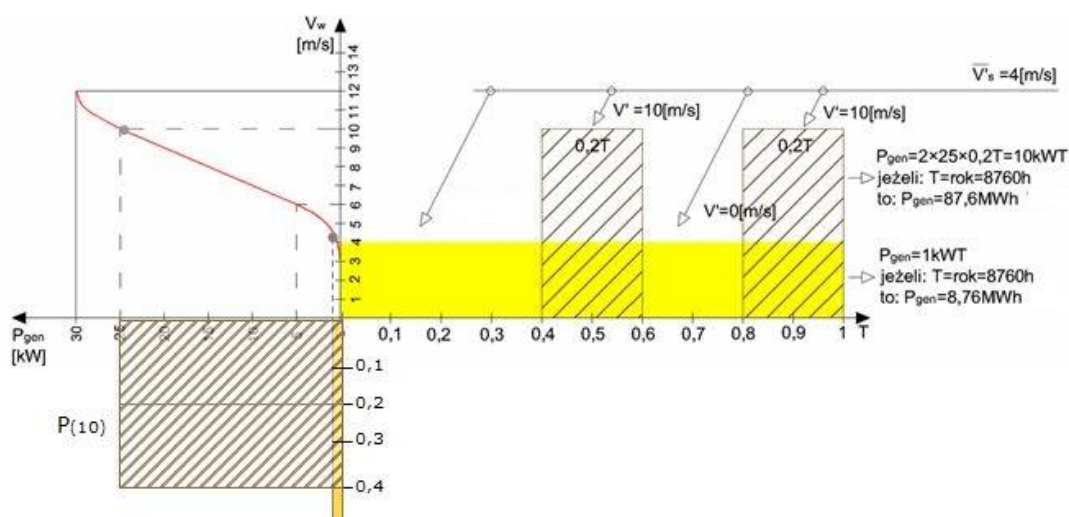
3.3 Instalacje kolektorów słonecznych

Podobnie jak w przypadku instalacji fotowoltaicznych ilość energii odnawialnej dostarczonej z kolektorów słonecznych i jej udział w rocznym zapotrzebowaniu na energię budynku należy określić obliczeniami w odpowiednim programie symulacyjnym. Przykładami takich programów są np. T*SOL [33], Polysun [26].

Również można wykorzystać każdy inny program wykonujący podobne symulacje. **Należy wynik obliczeń przedstawić jako załącznik do audytu w języku polskim.**

3.4 Mikroelektrownie wiatrowe

O ile ilość promieniowania słonecznego w danej lokalizacji da się dość precyzyjnie prognozować to obliczenia dotyczące wiatru można w wiarygodny sposób przedstawić tylko jeśli są oparte o pomiar wiatru w danej lokalizacji. Wynika to z faktu, że na drodze przepływającego powietrza mogą się pojawiać przeszkody w postaci np. lasu, wysokich budynków, wzniesień itp. Dlatego lokalne warunki wiatrowe mogą się mocno od siebie różnić, nawet przy niewielkich odległościach w terenie. Ponadto z charakterystyki elektrowni wiatrowych wynika, że moc nominalna jest osiągnięta zwykle przy prędkości wiatru rzędu 9m/s lub więcej. Przy prędkościach niewiele przekraczających wartość progową (czyli tę, przy której turbina podejmuje pracę) moc elektrowni jest na poziomie rzędu 10% mocy maksymalnej. W tym przypadku wartości średnioroczne prędkości wiatru dla danej lokalizacji pochodzące z dostępnych map nie dają wystarczających informacji do podejmowania decyzji o inwestycji w elektrownie wiatrowe. Ilustruje to przykład:



Rysunek 2 Energia z elektrowni wiatrowej

Na rysunku przedstawiono charakterystykę pracy przykładowej elektrowni o mocy maksymalnej 30 kW. Moc ta jest osiągnięta przy prędkości wiatru 12 m/s.

Rozparzono 2 przypadki:

1. Wiatr wieje na poziomie mniej więcej stałym z prędkością 4m/s. Elektrownia w takich warunkach ma moc ok. 1 kW co przy 24 h/dobę x365 dni=8 760 h rocznie daje energię 8 760 kWh czyli 8,76 MWh.
2. Wiatr wieje okresowo z większą prędkością. Poza tymi okresami prędkość wiatru jest na tyle mała, że nie przekracza wartości progowej dla elektrowni (elektrownia nie pracuje). Przedstawiony na rysunku przykład, pokazuje dwa okresy w roku np. wiosna i jesień, gdzie wiatr wieje z prędkością 10 m/s przez ok. 0,2 roku za każdym razem. Moc elektrowni przy prędkości wiatru 10 m/s wynosi 25 kW. Zatem roczny czas pracy elektrowni to 8 760 h x 0,2 x 2 = 3 504 h. Wyprodukowana energia rocznie to 25kW x 3 504h = 87 600 kWh = 87,6 MWh.

Średnioroczna prędkość wiatru w obu przypadkach jest taka sama, a jednak w przypadku drugim elektrownia wyprodukowała 10 razy więcej energii, niż ta sama elektrownia w przypadku pierwszym.

W związku z powyższym podstawą wiarygodnej analizy produkcji energii przez elektrownię wiatrową w danej lokalizacji może być tylko pomiar wiatru w tej lokalizacji przez okres min. 1 roku. W przypadku, gdyby pomiar był wykonany na innej wysokości niż wysokość turbiny planowanej elektrowni należy prędkość wiatru przeliczyć zgodnie z wzorem Suttona :

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^\alpha \quad \text{Równanie 20}$$

gdzie:

v_1 - prędkość wiatru [m/s] na wysokości h_1 [m]

v_2 - prędkość wiatru [m/s] na wysokości h_2 [m]

α - współczynnik szorstkości terenu

3.5 Podsumowanie dotyczące wykorzystania energii odnawianej w budynku

W każdym przypadku niezależnie od tego czy rozpatrywana energia odnawialna jest **energią elektryczną** czy **cieplną** należy przedstawić tabelę podsumowującą potrzeby w zakresie rozpatrywanej energii: elektrycznej, ciepłej lub chłodniczej:

Tabela 28 Tabela podsumowująca udział energii odnawianej w budynku

miesiące	zapotrzebowanie budynku na energię [MWh]	produkcja z instalacji OZE [MWh]	udział OZE w zapotrzebowaniu na energię budynku [%]	nadwyżka produkcji energii z OZE [MWh]	nadwyżka produkcji energii z OZE [%]
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII					
VIII					
IX					
X					
1XI					
XII					
rocznie:					

Tabela przewiduje rozliczenie energii miesięczne, dlatego że wiele instalacji energii odnawianej np. fotowoltaika, kolektory słoneczne charakteryzują się produkcją energii znacznie zróżnicowaną w różnych okresach roku. Ponieważ jak wynika z zapisów dokumentów programowych „Preferowane będą przedsięwzięcia o najwyższej efektywności kosztowej i oszczędności energii” należy dążyć do tego by cała lub jak największa część energii została wykorzystana bezpośrednio w budynku (lub budynkach) objętych

wnioskiem. Takie podejście zapewnia najlepszy czas zwrotu inwestycji ograniczając moc instalacji energii odnawianej do poziomu jaki jest niezbędny by wyprodukować optymalną dla potrzeb tego budynku ilość energii. W tak kalkulowanych instalacjach brakująca ilość energii elektrycznej zostanie pokryta poborem z sieci. W przypadku energii cieplnej lub chłodniczej pozostała energia może być zapewniona przez tańsze w inwestycji konwencjonalne źródło tzw. szczytowe w układzie biwalentnym.

4. Magazyny Energii

Jak widać z zapisów pkt 3.5 oraz art. 7b Prawa Energetycznego [14] uzyskanie optymalnego udziału energii odnawianej w budynku ma duże znaczenie dla wyboru optymalnego wariantu modernizacji. Z jednej strony zbyt duży udział energii odnawianej przekraczający 100% bieżących potrzeb jest niewskazany z drugiej strony w przypadkach opisanych w art. 7b należy udowodnić udział powyżej 60% w zapotrzebowaniu na ciepło budynku.

Zwiększenie wykorzystania energii odnawianej (zarówno elektrycznej jak i cieplnej) może dać jej magazynowanie w budynku i w ten sposób przesunięcie jej wykorzystania na późniejszy okres np. energię z fotowoltaiki za pośrednictwem magazynu można wykorzystać też po zachodzie słońca. Dążąc do spełnienia wspomnianej w poprzednim punkcie zasady „najwyższej efektywności kosztowej i oszczędności energii” należy rozważyć czy korzystniejsze z punktu widzenia kosztów jest przechowanie energii elektrycznej w magazynie by pompa ciepła mogła pracować również po zakończeniu pracy instalacji fotowoltaicznej, czy korzystniej było by przetworzenie energii elektrycznej z fotowoltaiki na docelową formę jej wykorzystania np. na ciepłą lub energię chłodu i zgromadzenie jej w buforze ciepła lub chłodu do czasu gdy będzie potrzebna. W celu zmniejszenia gabarytów zbiorników i zmniejszenia ich strat termicznych można rozważyć zastosowanie technologii zmiennofazowej (PCM- Phase Change Material). Magazyny energii cieplnej pozwolą też lepiej wykorzystać taryfę nocą w energii elektrycznej w sytuacji, gdy w okresie zimowym będzie konieczność poboru energii z sieci do pracy pompy ciepła zasilanej elektrycznie.

Ministerstwo Klimatu i Środowiska wśród kluczowych elementów Polityki Energetycznej Polski do roku 2040 [34] podaje następujące wytyczne - najbardziej oczekiwanymi innowacjami dla ciepłownictwa mogą być:

- a) technologie magazynowania ciepła, które pozwolą na optymalizację i efektywną pracę źródeł wytwarzających ciepło i energię elektryczną w kogeneracji,
- b) magazyny energii elektrycznej, które pozwolą na dalszy dynamiczny rozwój źródeł opartych na energii słonecznej i wiatrowej, gdyż zniwelują ich najpoważniejszą wadę niestabilności i uzależnienia od warunków naturalnych,
- c) technologie wodorowe, zwłaszcza technologie pozwalające na pozyskiwanie „zielonego wodoru”, które pozwolą rozwijać lokalne klastry wodorowe opierające się na lokalnej produkcji wodoru powiązanej ze zdecentralizowaną produkcją energii odnawialnej (w tym „zielonego ciepła”) i lokalnym popycie.

Dlatego nawet przy modernizacji większego źródła ciepła np. kotłowni osiedlowej z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii lub kogeneracji można lub nawet należy rozpatrzyć odpowiednie magazyny energii.

W przypadku magazynu energii elektrycznej zgodnie z art. 7 pkt. 2b prawa energetycznego [14] podstawowymi parametrami magazynu są:

- łączna moc zainstalowana elektryczna magazynu energii elektrycznej wyrażoną w kW,
- pojemność nominalną wyrażoną w kWh
- sprawność magazynu energii elektrycznej wyrażona w procentach.

Art. 7 pkt. 2 c Prawa energetycznego definiuje sprawność: „Przez sprawność magazynu energii elektrycznej rozumie się stosunek energii elektrycznej wyprowadzonej z magazynu energii elektrycznej do energii elektrycznej wprowadzonej do tego magazynu, wyrażony w procentach, w ramach jednego pełnego cyklu

pracy magazynu energii elektrycznej, przy wykorzystaniu nominalnej pojemności tego magazynu oraz ładowania i rozładowywania go mocą nominalną”.

Dlatego też w przypadku rozważania w audycie magazynu energii elektrycznej należy podać w/w podstawowe parametry tego magazynu, a jako potwierdzeniem tych informacji będzie przykładowa karta katalogowa.

Magazyny energii wykonywane w ramach mikroinstalacji energii odnawianej podlegają zgłoszeniu do operatora systemu dystrybucyjnego. Podobnie w przypadku wyposażania istniejącej mikroinstalacji energii odnawianej w magazyn energii należy wykonać aktualizację zgłoszenia. Szczegóły w przypadku Tauron-Dystrybucja można znaleźć na ich stronie [31]. Jednak wykonanie takiego zgłoszenia dla projektowanego magazynu jest możliwe jeśli moc przyłączeniowa audytowanego budynku jest większa lub równa mocy mikroinstalacji. Dlatego dokumentem potwierdzającym możliwości realizacji założeń audytu powinien być dokument potwierdzający moc przyłączeniową budynku.

W przypadku większych magazynów energii w przedziale od 50 kW do 10 MW na podstawie art. 43 g Prawa energetycznego [14] wymagany jest wpis do rejestru magazynów energii elektrycznej prowadzonego przez operatora systemu elektroenergetycznego w odniesieniu do magazynów przyłączonych do jego sieci. Jednocześnie zgodnie z art. 7 Prawa energetycznego wymagane jest uzyskanie warunków przyłączeniowych, a następnie zawarcie umowy przyłączeniowej. Dlatego dokumentem potwierdzającym możliwości realizacji założeń audytu powinny być warunki przyłączeniowe.

W przypadku magazynów energii większych niż 10 MW na podstawie art. 32 Prawa energetycznego [14] wymagana jest koncesja. Na etapie rozważania inwestycji należałoby brać pod uwagę promesę koncesji, oprócz wspomnianych wcześniej warunków przyłączenia wydanych przez operatora systemu elektroenergetycznego. Jednak moce powyżej 10 MW są na tyle duże, że zastosowanie takiego magazynu do pojedynczego budynku nie miałoby uzasadnienia ekonomicznego.

5. Kogeneracja i trigeneracja

Kogeneracja polega na wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła w skojarzeniu czyli jednocześnie w tym samym urządzeniu. Układy kogeneracyjne produkowane są obecnie w dużym przedziale mocy. Jedne z najmniejszych to kotły grzewcze gazowe wyposażone dodatkowo w silnik Stirlinga. Silnik Stirlinga do swojej pracy wykorzystując część ciepła z kotła napędza generator wytwarzając w ten sposób energię elektryczną. Takie urządzenia zaczynają się od mocy cieplnej rzędu 20-30kW i elektrycznej rzędu 1,5kW, co pozwala na zastosowanie ich nawet do małych budynków. Warto zauważyć, że kogeneracja dobrze łączy się z wykorzystaniem fotowoltaiki, ponieważ fotowoltaika produkuje większość energii w roku poza sezonem grzewczym, a kogeneracja, której celem jest ogrzewanie budynków działa w sezonie grzewczym.

W większych mocach popularne są rozwiązania oparte o silnik spalinowy napędzający generator. Odzysk ciepła zarówno z układu chłodzenia silnika jak i odzysk ciepła ze spalin stanowią energię grzewczą. Tak działają instalacje na gazie ziemnym lub płynnym, a także na biogaz, choć wymaga to specjalnych konstrukcji silnika dostosowanych do spalania biogazu. Urządzenia tego typu stosuje się najczęściej w przedziałach od kilkudziesięciu kW mocy cieplnej do ok. 1 MW. Zaletą tego rozwiązania jest stosunkowo wysoka sprawność elektryczna tych układów, dlatego moce elektryczne są niewiele niższe od cieplnych.

Jeżeli urządzenia kogeneracyjne będą dostosowane do spalania domieszki wodoru (urządzenia H₂ ready) uzyskać można udział energii odnawialnej w postaci zielonego wodoru w układzie kogeneracyjnym pracującym na gazie ziemnym lub płynnym.

Przy wykorzystaniu biomasy w zakresach mocy cieplnych od kilkuset kW do kilku MW popularne są układy oparte o Organiczny cykl Rankine'a w skrócie ORC (Organic rankine cycle). Układy te cechują się w

produkcji energii zdecydowaną przewagą energii cieplnej nad elektryczną. Zwykle sprawność elektryczna to kilkanaście procent.

Duże moce uzyskuje się w oparciu o układy parowe w kilku możliwych rozwiązaniach turbin parowych. Para może pochodzić z kotła parowego na dowolne paliwo dlatego możliwe są rozwiązania z kotłami węglowymi gazowymi, na biomasę itd. Natomiast zastosowanie tak dużych mocy rzędu od kilku MW wzwyż raczej nie będzie w zakresie tu rozważanych projektów.

Jeśli część energii cieplnej przekieruje się na układ chłodniczy absorpcyjny przy użyciu tego ciepła można produkować wodę lodową do potrzeb chłodniczych. Pozwala to układowi kogeneracyjnemu na pracę również poza sezonem grzewczym, gdy potrzeby grzania ograniczają się do c.w.u. (jeśli rozważamy procesy ciepłe w budynkach, a nie energię ciepłą zużywaną na potrzeby produkcji w zakładzie przemysłowym, bo potrzeby w przemyśle mogą być całoroczne). Tym sposobem oprócz produkowanej we własnym układzie kogeneracyjnym energii elektrycznej możemy zaoszczędzić tę zużywaną przez zasilaną elektrycznie klimatyzację, w lecie zastępując ją ciepłem przekazanym do agregatu chłodniczego absorpcyjnego. Ponieważ w efekcie końcowym dostajemy 3 rodzaje energii:

- ciepło
- energię elektryczną
- energię chłodu

takie układy często nazywa się trigeneracją lub trójgeneracją.

Agregaty chłodnicze absorpcyjne są czasem wykorzystywane osobno, jeśli można w ten sposób zagospodarować na potrzeby chłodu ciepło odpadowe w produkcji.

Z punktu widzenia audytu należy zwrócić uwagę na następujące sprawy:

1. Ponieważ temat wykracza poza energię ciepłą do ogrzewania i ciepłej wody użytkowej należy w tym przypadku **wykonać audyt efektywności energetycznej**. Sprawności układów kogeneracyjnych zawsze są niższe od 100%, zatem audyt nie wykaze oszczędności energii finalnej w rozumieniu ustawy [3] (z późniejszymi zmianami [18]). Stosując agregaty chłodnicze absorpcyjne dodatkowo obniżamy sprawność wykorzystania energii, gdyż sprawność agregatów absorpcyjnych jest zwykle w przedziale od 70 do 90%, a agregaty adsorpcyjne mają sprawność jeszcze niższą (choć ich zaletą jest to, że potrafią pracować też przy niższych temperaturach zasilania). Jednak układy kogeneracyjne obniżają znacznie zużycie energii pierwotnej, ponieważ energia elektryczna z sieci elektroenergetycznej zgodnie z rozporządzeniem [12] charakteryzuje się współczynnikiem nakładu energii pierwotnej nieodnawialnej 2,5. Zatem wytwarzając energię elektryczną w miejscu jej odbioru oszczędzamy 2,5 x więcej energii pierwotnej nieodnawialnej, podczas gdy współczynnik nakładu energii pierwotnej nieodnawianej dla np. gazu ziemnego użytego w agregacie kogeneracyjnym wynosi 1,1 a dla np. biomasy byłoby to 0,2. Ustawa [3] w art. 19 mówi, że poprawie efektywności energetycznej służy m.in. stosowanie, do ogrzewania lub chłodzenia obiektów, energii wytwarzanej w instalacjach odnawialnego źródła energii, ciepła użytkowego w wysokosprawnej kogeneracji w rozumieniu ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne lub ciepła odpadowego z instalacji przemysłowych. Jak z tego wynika budynki po zmianie zasilania w ciepło na układy kogeneracyjne mogą uzyskać znaczne oszczędności energii pierwotnej, gdyż wskaźnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej, oznaczony symbolem „ $W_{p,c}$ ”, dla sieci ciepłowniczej, bez względu na ilość i rodzaj źródeł

ciepła oraz technologii wykorzystywanych do wytwarzania i dostarczania ciepła do odbiorcy końcowego, oblicza się według wzoru (1) podanego w pkt 2.3. Wzór ten pochodzi z rozporządzenia [4].

Podobny wzór rozporządzenie [4] przewiduje dla pojedynczego źródła ciepła w układzie kogeneracji.

2. Rozporządzenie [35] podaje wzór pozwalający na **obliczenie oszczędności energii pierwotnej**, oznaczonej symbolem „PES”. Oszczędność energii pierwotnej, oznaczoną symbolem „PES”, wyrażoną w procentach, oblicza się według wzoru:

$$PES = \left(1 - \frac{1}{\frac{\eta_{qc}}{\eta_{refc}} + \frac{\eta_{qe}}{\eta_{refe}}} \right) \cdot 100\%$$

Równanie 21

gdzie poszczególne symbole oznaczają:

η_{qc} – sprawność wytwarzania ciepła użytkowego w kogeneracji, w [%],

η_{qe} – sprawność wytwarzania energii elektrycznej z kogeneracji, w [%],

η_{refc} – referencyjną wartość sprawności dla wytwarzania rozdzielonego ciepła, w [%],

η_{refe} – referencyjną wartość sprawności dla wytwarzania rozdzielonego energii elektrycznej, w [%].

Wartości referencyjne sprawności dla wytwarzania rozdzielonego znajdują się w tabelach rozporządzenia Komisji Europejskiej [36]. Przy czym rozporządzenie Ministra Energii [35] przewiduje dla referencyjnej wartości sprawności rozdzielonego wytwarzania ciepła, oznaczonego symbolem „ η_{refc} ” korektę dostosowującą obliczenia do polskich warunków klimatycznych polegającą na określeniu w temperaturze otoczenia 15°C oraz przy ciśnieniu atmosferycznym 1013 hPa i wilgotności względnej 60%. Natomiast rozporządzenie Komisji Europejskiej [36] podaje wzór i przykład takiego przeliczenia.

Sprawność wytwarzania ciepła użytkowego w kogeneracji, oznaczoną symbolem „ η_{qc} ”, wyrażoną w procentach, oblicza się według wzoru [35]:

$$\eta_{qc} = \frac{Q_{uq}}{Q_{bq}} \cdot 100\%$$

Równanie 22

gdzie poszczególne symbole oznaczają:

Q_{uq} – ilość ciepła użytkowego w kogeneracji, w [GJ],

Q_{bq} – ilość energii chemicznej zawartej w paliwach zużytych do wytwarzania energii elektrycznej z kogeneracji i ciepła użytkowego w kogeneracji, w [GJ].

Sprawność wytwarzania energii elektrycznej z kogeneracji, oznaczoną symbolem „ η_{qe} ”, wyrażoną w procentach, oblicza się według wzoru [35]:

$$\eta_{qe} = \frac{3,6 \cdot A_{bq}}{Q_{bq}} \cdot 100\%$$

Równanie 23

gdzie poszczególne symbole oznaczają:

- A_{bq} – ilość energii elektrycznej z kogeneracji, w [MWh],
 Q_{bq} – ilość energii chemicznej zawartej w paliwach zużytych do wytwarzania energii elektrycznej z kogeneracji i ciepła użytkowego w kogeneracji, w [GJ].

3. Ilość **energii chemicznej** zawartej w paliwach zużytych do wytwarzania energii elektrycznej z kogeneracji i ciepła użytkowego w kogeneracji, oznaczoną symbolem „ Q_{bq} ”, o którym mowa w ust. 2, wyrażoną w [GJ], oblicza się według wzoru [35] :

$$Q_{bq} = Q_b - Q_{bck} - Q_{bek} \quad \text{Równanie 24}$$

gdzie poszczególne symbole oznaczają:

- Q_b – ilość energii chemicznej zawartej w paliwach zużytych w jednostce kogeneracji, w [GJ],
 Q_{bck} – ilość energii chemicznej zawartej w paliwach zużytych do wytworzenia ciepła użytkowego w jednostce kogeneracji poza procesem kogeneracji, w [GJ],
 Q_{bek} – ilość energii chemicznej zawartej w paliwach zużytych do wytworzenia energii elektrycznej w jednostce kogeneracji poza procesem kogeneracji, w [GJ].

Prawo energetyczne [14] art. 3 pkt. 38 mówi: **wysokosprawna kogeneracja** – wytwarzanie energii elektrycznej lub mechanicznej i ciepła użytkowego w kogeneracji, które zapewnia oszczędność energii pierwotnej zużywanej w:

- jednostce kogeneracji w wysokości nie mniejszej niż 10% w porównaniu z wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepła w układach rozdzielonych o referencyjnych wartościach sprawności dla wytwarzania rozdzielonego lub
- jednostce kogeneracji o mocy zainstalowanej elektrycznej poniżej 1 MW w porównaniu z wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepła w układach rozdzielonych o referencyjnych wartościach sprawności dla wytwarzania rozdzielonego.

Natomiast Szczegółowy Opis Priorytetów FEM 2021-2027 mówi, że uzyskana oszczędność energii pierwotnej w budynku musi być na poziomie minimum 30% . Prawdłowo dobrane do potrzeb układy koregacyjne mogą się dobrze wpisywać w te wymagania obniżając znacznie zużycie właśnie energii pierwotnej. Jednak samo uzyskanie statusu wysokosprawnej kogeneracji może nie wystarczyć do spełnienia wymogów programu (30% oszczędności energii pierwotnej). Zatem kogeneracja może być jednym z elementów planowanych modernizacji.

4. **W przypadku wodoru** (w tym tzw. zielonego wodoru czyli wytworzonego z odnawialnych źródeł energii np. fotowoltaiki) w układzie kogeneracyjnym pracującym na gazie ziemnym lub płynnym należy pamiętać, że wartość opałowa gazu ziemnego i wodoru są różne. Zatem jeśli do objętości gazu ziemnego wyrażonej w m^3 domieszkujemy wodór tak, że będzie on stanowił 20% objętości spalanych łącznie obu gazów, udział wodoru w energii tak dostarczonej będzie inny.
5. **Przy obliczeniach dla kogeneracji** należy podobnie jak dla energii odnawialnej pokazać bilans energii produkowanej dla budynku z kogeneracji i pobieranej lub oddawanej do sieci zewnętrznych. Ponieważ w kogeneracji mamy jednocześnie energię cieplną i elektryczną oznacza to 2 tabele bilansowe. W przypadku trigeneracji do wypełnienia jest jeszcze jedna tabela z bilansem energii chłodniczej.

Tabela 29 Tabela bilans energii cieplnej z kogeneracji

miesiące	zapotrzebowanie budynku na energię ciepłą [MWh]	energia cieplna na potrzeby agregatu chłodniczego [MWh]	produkcja z układu kogeneracji [MWh]	udział kogeneracji w zapotrzebowaniu na energię budynku [%]	nadwyżka produkcji energii cieplnej z kogeneracji [MWh]	nadwyżka produkcji energii cieplnej z kogeneracji [%]
1	2	3	4	5	6	7
I						
II						
III						
IV						
V						
VI						
VII						
VIII						
IX						
X						
XI						
XII						
rocznie:						

Tabela 30 Tabela bilans energii elektrycznej z kogeneracji

miesiące	zapotrzebowanie budynku na energię elektryczną [MWh]	energia elektryczna zaoszczędzona na chłodzeniu [MWh]	produkcja z układu kogeneracji [MWh]	udział kogeneracji w zapotrzebowaniu na energię budynku [%]	nadwyżka produkcji energii elektrycznej z kogeneracji [MWh]	nadwyżka produkcji energii elektrycznej z kogeneracji [%]
1	2	3	4	5	6	7
I						
II						
III						
IV						
V						
VI						
VII						
VIII						
IX						
X						
XI						
XII						
rocznie:						

Tabela 31 Tabela bilans energii chłodniczej z trigeneracji

miesiące	zapotrzebowanie budynku na energię chłodu [MWh]	produkcja z układu trigeneracji [MWh]	udział trigeneracji w zapotrzebowaniu na energię budynku [%]	nadwyżka produkcji energii chłodniczej z trigeneracji [MWh]	nadwyżka produkcji energii chłodniczej z trigeneracji [%]
1	2	3	4	5	6
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII					
VIII					
IX					
X					
XI					
XII					
rocznie:					

Należy zwrócić szczególną uwagę na zbilansowanie energii w obrębie budynku lub grupy budynków zasilanych z układu kogeneracyjnego. Dobrze dobrana do poziomu zapotrzebowania na energię kogeneracja lub trigeneracja zapewni najlepszy czas zwrotu inwestycji. Nadwyżki energii elektrycznej można oddać do sieci elektroenergetycznej, a cieplnej do sieci ciepłowniczej (jeśli ta sieć jest dostępna i po spełnieniu wymagań określonych w warunkach przyłączeniowych), choć wymaga to zawarcia odrębnych umów z dostawcami tych energii. Zawsze jednak cena sprzedaży energii do sieci będzie niższa niż cena zakupu energii elektrycznej lub ciepła sieciowego z opłatami dystrybucyjnymi.

W praktyce nadwyżek chłodu nie ma gdzie oddać, ponieważ nie istnieją miejskie sieci chłodu na wzór sieci ciepłowniczych. W tym przypadku zbilansowanie potrzeb z możliwościami produkcji jest szczególnie istotne. W bilansowaniu potrzeb chłodniczych i grzewczych z możliwościami ich produkcji podobnie jak w przypadku odnawialnych źródeł energii mogą pomóc dobrze dobrane magazyny ciepła i magazyny chłodu, gdyż to pozwoli na pracę układu kogeneracji np. w czasie, gdy jest zapotrzebowanie na energię elektryczną gromadząc jednocześnie ciepło w magazynie do wydania w innej porze doby. Podobnie jak w przypadku odnawialnych źródeł energii zapewni to stabilność pracy kogeneracji oraz zwiększenie jej udziału w zapotrzebowaniu na energię budynku.

5. Wymagania prawne dotyczące kogeneracji

W przypadkach określonych w Prawie energetycznym [14] wymagana jest również koncesja wydana przez Urząd Regulacji Energetyki. Koncesjonowaniu podlega zatem, zgodnie z brzmieniem cytowanych wyżej przepisów, każda działalność gospodarcza w zakresie wytwarzania energii elektrycznej w jednostkach kogeneracji - zwanych CHP (z ang. Combined Heat and Power) bez względu na wielkość mocy

zainstalowanej jednostki, czy też ilości energii wytworzonej w takiej jednostce - za wyjątkiem mikroinstalacji (OZE) lub małych instalacji (OZE) oraz jednostek wytwarzających energię elektryczną z biogazu rolniczego, wyłącznie z biogazu rolniczego w kogeneracji oraz wyłącznie z biopłynów stanowiących instalacje odnawialnego źródła energii w odniesieniu do których wymagane jest uzyskanie wpisu do rejestru działalności regulowanej [37]. Podsumowując z wyjątkiem mikro i małych instalacji odnawianych źródeł energii koncesja jest wymagana przy wszystkich innych wariantach kogeneracji.

W Prawie energetycznym [14] przewidziano też konieczność uzyskania warunków przyłączeniowych, a następnie zawarcia umowy przyłączeniowej. Dlatego aby wykazać, że przedstawiony w audycie wariant modernizacji jest realnie możliwy do realizacji należałoby przedstawić w ramach realizacji projektów następujące dokumenty:

- promesę koncesji wydaną przez Urząd Regulacji Energetyki (jeśli ten rodzaj działalności wg informacji powyżej jest objęty koncesją)
- warunki przyłączeniowe dla energii elektrycznej
- warunki przyłączeniowe dla energii cieplnej gdyby była planowana sprzedaż nadwyżki energii cieplnej do sieci ciepłowniczej.

6. Obliczenia emisji

Obliczenia emisji należy wykonać w postaci załącznika do audytu energetycznego lub audytu efektywności energetycznej. Zakres obliczeń można podzielić na dwa obszary:

- Obliczenia emisji CO₂
- Obliczenia emisji pozostałych substancji zanieczyszczających powietrze: pyły (jeżeli są wymagane)

6.1 Obliczenia emisji CO₂

Obliczenia emisji CO₂ należy wykonać zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej [6]. W pkt. 6.2.1 cytowanego rozporządzenia podane są następujące wzory:

$$E_{\text{CO}_2, \text{H}} = 36 \cdot 10^{-7} \cdot \sum_i Q_{k, \text{H}, i} \cdot W_{e, \text{H}, i} \quad \text{t CO}_2/\text{rok}$$

$$E_{\text{CO}_2, \text{W}} = 36 \cdot 10^{-7} \cdot \sum_j Q_{k, \text{W}, j} \cdot W_{e, \text{W}, j} \quad \text{t CO}_2/\text{rok}$$

$$E_{\text{CO}_2, \text{C}} = 36 \cdot 10^{-7} \cdot \sum_k Q_{k, \text{C}, k} \cdot W_{e, \text{C}, k} \quad \text{t CO}_2/\text{rok}$$

$$E_{\text{CO}_2, \text{L}} = 36 \cdot 10^{-7} \cdot \sum_l Q_{k, \text{L}, l} \cdot W_{e, \text{L}, l} \quad \text{t CO}_2/\text{rok}$$

Równanie 25

gdzie:

Tabela 32 Opis oznaczeń we wzorach (25)

$E_{\text{CO}_2, \text{H}}$	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez system ogrzewania	t CO ₂ /rok
$E_{\text{CO}_2, \text{W}}$	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez system przygotowania ciepłej wody użytkowej	t CO ₂ /rok

E_{CO_2C}	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez system chłodzenia	t CO ₂ /rok
E_{CO_2L}	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez system wbudowanej instalacji oświetlenia	t CO ₂ /rok
$E_{CO_2\text{pom}}$	wielkość emisji CO ₂ pochodząca z procesu spalania paliw przez urządzenia pomocnicze w systemach technicznych	t CO ₂ /rok
$Q_{k,H,i}$	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla i-tego podsystemu w systemie ogrzewania	kWh/rok
$Q_{k,W,j}$	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla j-tego podsystemu w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej	kWh/rok
$Q_{k,C,k}$	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla k-tego podsystemu w systemie chłodzenia	kWh/rok
$Q_{k,L,l}$	roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla l-tego podsystemu w systemie wbudowanej instalacji oświetlenia	kWh/rok
$E_{el,pom,H,i}$	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla i-tego podsystemu w systemie ogrzewania	kWh/rok
$E_{el,pom,W,j}$	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla j-tego podsystemu w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej	kWh/rok
$E_{el,pom,C,k}$	roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla k-tego podsystemu w systemie chłodzenia	kWh/rok
$W_{e,H,i}$	wskaźnik emisji CO ₂ w zależności od rodzaju spalanego paliwa przez i-ty podsystem w systemie ogrzewania	t CO ₂ /TJ
$W_{e,W,j}$	wskaźnik emisji CO ₂ w zależności od rodzaju spalanego paliwa przez j-ty podsystem w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej	t CO ₂ /TJ
$W_{e,C,k}$	wskaźnik emisji CO ₂ w zależności od rodzaju spalanego paliwa przez k-ty podsystem w systemie chłodzenia	t CO ₂ /TJ
$W_{e,L,l}$	wskaźnik emisji CO ₂ w zależności od rodzaju spalanego paliwa przez l-ty podsystem w systemie wbudowanej instalacji oświetlenia	t CO ₂ /TJ
$W_{e,pom,H,i}$	wskaźnik emisji CO ₂ w zależności od rodzaju spalanego paliwa przez urządzenia pomocnicze w i-tym podsystemie w systemie ogrzewania	t CO ₂ /TJ
$W_{e,pom,W,j}$	wskaźnik emisji CO ₂ w zależności od rodzaju spalanego paliwa przez urządzenia pomocnicze w l-tym podsystemie w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej	t CO ₂ /TJ
$W_{e,pom,C,k}$	wskaźnik emisji CO ₂ w zależności od rodzaju spalanego paliwa przez urządzenia pomocnicze w k-tym podsystemie w systemie chłodzenia	t CO ₂ /TJ

(Źródło: [6])

Wskaźniki emisji CO₂ podane w powyższych wzorach i tabeli należy przyjąć z aktualnych raportów Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE):

- dla energii elektrycznej** pochodzącej z sieci elektroenergetycznej - wskaźniki w tabeli 2. pn. *Wskaźniki emisji w [kg/MWh] dla odbiorców końcowych energii elektrycznej* znajdującej się w raporcie pn. 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 2022 rok [38]. Np. dla obliczeń w roku 2023 jest to wartość 685 [kg/MWh]. Aby dokonać obliczeń wg wzoru powyżej należy wartości [kg/MWh] przeliczyć na [t CO₂/TJ]. Ponieważ 1 MWh=3,6 GJ to emisja w kg/GJ dla wskazanego przykładu wynosi 685/3,6=190,278 [kg/GJ]. Aby otrzymać wynik w tCO₂/TJ należy kg przeliczyć na tony a GJ na TJ co oznacza pomnożenie i podzielenie tej wartości przez

1 000. Wynik w [t CO₂/TJ] jest zatem taki sam 190,278. W przypadku energii elektrycznej pochodzącej z sieci elektroenergetycznej prostszą metodą jest pomnożenie energii elektrycznej w MWh x aktualny wskaźnik z KOBIZE [38], a następnie podzielenie tej wartości przez 1 000 w celu uzyskania wyniku w t CO₂. Np. jeśli zużycie energii elektrycznej wynosiło 2 000 MWh/rok emisja wynosi 2 000x685/1000= 1370 t CO₂.

2. **dla paliw** - z aktualnego raportu pn. Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2021 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2024 [39] należy zwrócić uwagę na opisy tabel gdyż np. dla węgla tabele 1-11 odnoszą się do różnych działów przemysłu, a tabela 12 obejmuje instytucje, handel i usługi. Odpowiedni opis znajduje się w tabeli A wspomnianego raportu.

Wymieniona tu energia końcowa dla budynku jest jednocześnie nieodnawialną energią finalną w rozumieniu ustawy o efektywności energetycznej [3].

W przypadku obliczeń emisji dla innych systemów w budynku należy obliczyć emisję analogicznie tj. przy użyciu energii finalnej i odpowiednich wskaźników emisji np. emisji wynikające ze zużycia energii elektrycznej przez windy można przeprowadzić wykorzystując wzór dla emisji z oświetlenia, podstawiając do niego odpowiednie zużycie energii (czyli przez windy), oraz wskaźnik emisji dla energii elektrycznej.

3. Zgodnie z zapisami raportu KOBIZE [39] „Emisji CO₂ ze **spalania biomasy** (drewna opałowego i odpadów pochodzenia drzewnego, odpadów komunalnych biogenicznych i biogazu) nie wlicza się do sumy emisji ze spalania paliw, zgodnie z zasadami ustalonymi w systemie handlu uprawnieniami do emisji. Podejście to jest równoważne ze stosowaniem **zerowego wskaźnika emisji dla biomasy**”
4. Analogicznie dla innych **energii odnawialnych** (słońca, wiatru, energii geotermalnej itd.) stosuje się **zerowy wskaźnik emisji**.

Warto zwrócić uwagę na to że w podanych wzorach energia zużyta w danym systemie jest podana w kWh, a nie MWh, zatem energię w MWh należy pomnożyć x 1000 przed podstawieniem do wzoru.

6.2 Obliczenia emisji pyłów

1. Obliczenia emisji pyłów dla energii elektrycznej pochodzącej z sieci elektroenergetycznej przy użyciu wskaźników elektroenergetycznej z tabeli 2 *Wskaźniki emisji w [kg/MWh] dla odbiorców końcowych energii elektrycznej znajdującej się w raporcie* [38]. Tu również należy zwrócić uwagę na fakt, że wskaźniki te są podane [kg/MWh], co implikuje sposób obliczeń analogiczny do opisanego w pkt 6.1.
2. Obliczenia emisji pyłów dla paliw należy wykonać przy użyciu raportu Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) [40]. Są tam podane zarówno tabele ze wskaźnikami emisji dla poszczególnych paliw jak i wzory obliczeniowe.
3. Zasady Europejskiego Systemu Handlu Emisjami (EU ETS) dotyczą emisji CO₂ i N₂O oraz gazów fluorowęglowych (PFC) [41]. Wskazane przez KOBIZE uzasadnienie zerowego wskaźnika emisji CO₂ dla biomasy nie przenosi się automatycznie na inne substancje. Ponieważ nie ma podstaw dla przyjęcia zerowego współczynnika emisji pyłów z biomasy emisje te należy obliczyć zgodnie z wzorami podanymi w [40]:

$$E = \frac{B \cdot W_o \cdot EF}{1\,000\,000}$$

Równanie 26

gdzie:

E - emisja substancji, wyrażona w kilogramach [kg];

B - zużycie paliwa wyrażone w [Mg] lub [tys. m³]

W_o - wartość opałowa wyrażona w [kJ/kg] lub [kJ/m³];

EF - wskaźnik emisji wyrażony w [g/GJ] w odniesieniu do energii chemicznej zawartej w paliwie.

W przypadku, gdy za źródłem spalania (kotłem, kominkiem itp.) jest zainstalowane urządzenie redukcji emisji – jej wielkość określa się z zależności:

$$E' = E \cdot \frac{(100-n)}{100} \quad \text{Równanie 27}$$

gdzie:

E' - emisja substancji po korekcie ze względu na redukcję, wyrażona w kilogramach [kg];

E - emisja przed urządzeniem redukcyjnym ;

n - sprawność urządzenia redukcyjnego, wyrażona w procentach [%].

7. Lista norm technicznych

Przy wykonywaniu audytów energetycznych lub audytów efektywności energetycznej mogą być przydatne następujące normy techniczne:

1. PN-EN ISO 6946:2017-10 Komponenty budowlane i elementy budynku -- Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła -- Metody obliczania
2. PN-EN 12831-1:2017 Charakterystyka energetyczna budynków -- Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego
3. PN-EN ISO 13370:2017-09 Ciepłne właściwości użytkowe budynków -- Przenoszenie ciepła przez grunt -- Metody obliczania
4. PN-EN ISO 13789:2017-10 Ciepłne właściwości użytkowe budynków -- Współczynniki przenoszenia ciepła przez przenikanie i wentylację -- Metoda obliczania
5. PN-EN ISO 10077-1:2017-10 Ciepłne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji -- Obliczanie współczynnika przenikania ciepła
6. PN-EN ISO 14683:2017-09 Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
7. PN-EN 12464-1:2022-01 Światło i oświetlenie -- Oświetlenie miejsc pracy -- Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach
8. PN-92/B-01706 Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu.
9. PN-EN ISO 13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia.

Bibliografia

- [1] Ustawa z dnia 21 listopada 2008r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów. Dz. U. 2008 Nr 213 poz. 1459., Dz. U. z 2022 r.poz. 438, 1561,1576, 1967, 2456. [Online]. Available: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20220000438/U/D20220438Lj.pdf>.
- [2] Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r.o odnawialnych źródłach energii, Dz. U. 2015 poz. 478, Dz. U. z 2023 r. poz. 1436, 1681,1597, 1762. [Online]. Available: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20150000478/U/D20150478Lj.pdf>.
- [3] Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej- Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej z 11 czerwca 2016 r. poz. 831.
- [4] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017r w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii i przeznaczenia pomieszczenia. Dz.U. 2017 poz. 1912.
- [5] Rozporządzenie 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.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury I Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury I Rozwoju z dnia 3 września 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, Warszawa, dnia 13 października 2015 r. Poz. 1606.
- [8] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 29 kwietnia 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, Warszawa, dnia 18 maja 2020 r.Poz. 879.
- [9] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 15 grudnia 2022 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,Warszawa, dnia 29 grudnia 2022 r.Poz. 2816.
- [10] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 28 marca 2023 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, Warszawa, dnia 13 kwietnia 2023 r. Poz. 697.
- [11] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 24 stycznia 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o charakterystyce energetycznej budynków, Warszawa, dnia 26 stycznia 2024 r. Poz. 101. [Online]. Available: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20240000101/O/D20240101.pdf>.
- [12] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 14 marca 2023 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wzorów protokołów z kontroli systemu ogrzewania lub systemu klimatyzacji, Warszawa, dnia 18 kwietnia 2023 r. Poz. 879.

- [13] Wykaz osób uprawnionych do kontroli systemu ogrzewania lub systemu klimatyzacji, [Online]. Available: <https://rejestrcheb.mrit.gov.pl/wykaz-osob-uprawnionych-do-kontroli-systemu-ogrzewania-lub-systemu-klimatyzacji>.
- [14] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 24 stycznia 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo energetyczne, Warszawa, dnia 28 lutego 2024 r. Poz. 266. [Online]. Available: <https://www.ure.gov.pl/pl/urząd/prawo/ustawy/17,Ustawa-z-dnia-10-kwietnia-1997-r-Prawo-energetyczne.html>.
- [15] Wykaz osób uprawnionych do sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej, [Online]. Available: <https://rejestrcheb.mrit.gov.pl/rejestr-uprawnionych>.
- [16] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U.2013, poz.926.
- [17] NFOŚiGW, Metodyka szacowania zmniejszenia strat ciepła sieci Priorytet IX . Infrastruktura energetyczna przyjazna środowisku i efektywność energetyczna Działanie 9.2. Efektywna dystrybucja energii.
- [18] Ustawa z dnia 20 kwietnia 2021r. o zmianie ustawy o efektywności energetycznej oraz niektórych innych ustaw. Dz. U. 2021 poz.868.
- [19] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2022 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii, Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej, 2022.
- [20] M. Górczewska <https://inzynierbudownictwa.pl/energooszczedne-oswietlenie-wnetrz-obiektow-uzytecznosc-publicznej/>, Energooszczędne oświetlenie wnętrz obiektów użyteczności publicznej, Inżynier Budownictwa 27.06.2018, 3.04.22, [Online].
- [21] DIALux, [Online]. Available: <https://www.dialux.com/en-GB/download>.
- [22] Relux, [Online]. Available: <https://relux.com/en/>.
- [23] Obwieszczenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, [Online]. Available: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20220001225>.
- [24] Decyzja Komisji z dnia 1 marca 2013 r. ustanawiająca wytyczne dla państw członkowskich dotyczące obliczania energii odnawialnej z pomp ciepła w odniesieniu do różnych technologii pomp ciepła na podstawie art. 5 dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 20.
- [25] GeoT*SOL, [Online]. Available: <https://valentin-software.com/en/products/geotsol/>.
- [26] Polysun, [Online]. Available: <https://www.velasolaris.com/?lang=en>.
- [27] Sunny Design, [Online]. Available: <https://www.sunnydesignweb.com/sdweb#/>.
- [28] Photovoltaic Geographical Information System, [Online]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/.
- [29] PV*SOL, [Online]. Available: <https://valentin-software.com/en/products/pvsol-premium/>.
- [30] Bluesol, [Online]. Available: <http://bluesol.pl/>.

- [31] Tauron-Dystrybucja, „Magazyn energii elektrycznej,” [Online]. Available: <https://www.tauron-dystrybucja.pl/przylaczenie-do-sieci/przylaczenie/magazyn-energii-elektrycznej>.
- [32] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 16 czerwca 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o odnawialnych źródłach energii, Warszawa, dnia 27 lipca 2023 r. Poz. 1436. [Online]. Available: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiQxtXOxPmEAXW3A9sEHf83AZYQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ure.gov.pl%2Fdownload%2F9%2F13884%2FUstawaoodnawialnychzrodlachenergii-tekstjednolityDzU2023poz1436.pdf&usg=AOvVaw39Mq-BCM>.
- [33] T*SOL, [Online]. Available: <https://valentin-software.com/en/products/tsol/>.
- [34] Ministerstwo Klimatu i Środowiska, „Ciepłownictwo i kogeneracja,” [Online]. Available: <https://www.gov.pl/web/klimat/cieplownictwo-i-kogeneracja>.
- [35] Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 września 2019 r. w sprawie sposobu obliczania danych podanych na potrzeby korzystania z systemu wsparcia oraz szczegółowego zakresu obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej z wysokosprawnej kogeneracji, Dz.U. 2019 poz. 1851. [Online]. Available: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20190001851>.
- [36] Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) 2015/2402 z dnia 12 października 2015 r. w sprawie przeglądu zharmonizowanych wartości referencyjnych sprawności dla rozdzielonej produkcji energii elektrycznej i ciepła w zastosowaniu dyrektywy Parlamentu, Europejskiego i Rady 2012/27/UE i uchylające decyzję wykonawczą Komisji 2011/877/UE. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A02015R2402-20240101>.
- [37] U. R. Energetyki, „Pakiet informacyjny (CHP) dla przedsiębiorców zamierzających prowadzić działalność gospodarczą polegającą na wytwarzaniu energii elektrycznej w jednostkach kogeneracji (CHP) nie stanowiących instalacji odnawialnego źródła energii,” [Online]. Available: <https://www.ure.gov.pl/pl/biznes/jak-uzyskac-koncesje/energia-elektryczna/2344,Kogeneracja.html>.
- [38] KOBiZE Emisjami, „Wskaźniki produktowe dla energii elektrycznej,” [Online]. Available: <https://www.kobize.pl/pl/fileCategory/id/28/wskazniki-emisyjnosci>.
- [39] KOBiZE Emisjami, „Tabele WO i WE,” [Online]. Available: <https://www.kobize.pl/pl/article/monitorowanie-raportowanie-weryfikacja-emisji/id/318/tabele-wo-i-we>.
- [40] KOBiZE Emisjami, „Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW, zastosowane do automatycznego wyliczenia emisji w raporcie do Krajowej bazy za 2020 r.,” luty 2021. [Online]. Available: https://krajowabaza.kobize.pl/docs/MATERIAL_wskazniki_male_kotly_2020.pdf.
- [41] K. Europejska, „Unijny system handlu uprawnieniami do emisji,” [Online]. Available: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/emissions-cap-and-allowances_pl.
- [42] 21. Ustawa o odnawialnych źródłach energii (Renewable Energy Sources Act) <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20150000478/U/D20150478Lj.pdf> (In Polish).
- [43] Ustawa z dnia 28 października 2020r. o zmianie ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz niektórych innych ustaw. Dz. U. 2020 poz. 2127.

- [44] Polski Komitet Normalizacyjny: PN-EN ISO 52016-1:2017-09 Energetyczne właściwości użytkowe budynków -- Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i chłodzenia, wewnętrzne temperatury oraz jawne i utajone obciążenia cieplne -- Część 1: Procedury obliczania.
- [45] Ustawa z dnia 17 sierpnia 2023 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw, Dz.U.2023.1762.
- [46] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 15 grudnia 2022 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia, Warszawa, dnia 29 grudnia 2022 r.
- [47] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej: Program Operacyjny Infrastruktury i Środowiska 2007-2013 Priorytet IX Infrastruktura przyjazna środowisku i efektywności energetycznej Działanie 9.2 Efektywna dystrybucja energii Metodyka Szaco.

Spis tabel

Tabela 1. karta tytułowa audytu energetycznego	8
Tabela 2. karta audytu energetycznego.....	9
Tabela 3. Współczynniki przeliczeniowe dla jednostek energii	13
Tabela 4. Karta ulepszeń termomodernizacyjnych dot. ścian zewnętrznych	14
Tabela 5. Karta ulepszeń termomodernizacyjnych dot. wymiany okien	15
Tabela 6. Karta ulepszeń termomodernizacyjnych dot. wymiany drzwi	16
Tabela 7. Karta obliczenia mocy i energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej	17
Tabela 8. Karta ulepszeń termomodernizacyjnych dot. ciepłej wody użytkowej.....	18
Tabela 9. Karta ulepszeń termomodernizacyjnych dot. centralnego ogrzewania.....	19
Tabela 10. Rodzaje ulepszeń termomodernizacyjnych składające się na optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiający sprawność cieplną systemu grzewczego	21
Tabela 11. Wybrane i zoptymalizowane ulepszenia termomodernizacyjne	21
Tabela 12. Tabela podsumowująca wyniki audytu energetycznego.....	22
Tabela 13. Strona tytułowa audytu energetycznego lokalnego źródła.....	24
Tabela 14. Karta audytu energetycznego lokalnego źródła	25
Tabela 15. Zapotrzebowanie na moc cieplną i ciepło lokalnego źródła ciepła	28
Tabela 16. Bilans ciepła dla lokalnego źródła ciepła dla stanu przed termomodernizacją i wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz efekty energetyczne	29
Tabela 17. Zestawienie kosztów wytwarzania ciepła dla stanu wyjściowego i poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz efektów ekonomicznych	30
Tabela 18. Strona tytułowa audytu energetycznego lokalnej sieci ciepłowniczej.....	31
Tabela 19. Karta audytu energetycznego lokalnej sieci ciepłowniczej	33
Tabela 20. Charakterystyka konstrukcyjna sieci	33
Tabela 21. Wieloletnie dane meteorologiczne wybranych miast Małopolski	35
Tabela 22. Charakterystyka konstrukcyjna sieci	35
Tabela 23. Wartość współczynnika przenikania ciepła przed modernizacją	36
Tabela 24. Zależność wskaźnika pogorszenia izolacji od wieku rurociągu.....	36
Tabela 25. modernizacja systemu oświetlenia	42
Tabela 26. modernizacja systemu oświetlenia	43
Tabela 27. Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia poprawiającego sprawność systemu klimatyzacji.....	44
Tabela 28. Tabela podsumowująca udział energii odnawianej w budynku.....	50
Tabela 29. Tabela bilans energii cieplnej z kogeneracji	56
Tabela 30. Tabela bilans energii elektrycznej z kogeneracji	56
Tabela 31. Tabela bilans energii chłodniczej z trigeneracji	57
Tabela 32. Opis oznaczeń we wzorach (25)	58

Spis rysunków

Rysunek 1. Określanie trwałości użytkowej lamp i opraw LED na podstawie zmian strumienia świetlnego	41
Rysunek 2. Energia z elektrowni wiatrowej	49