

Audyt efektywności energetycznej instalacji PC budynku użyteczności publicznej

Adres budynku: ul. Człuchowska 38, 89-600 Chojnice

Autor opracowania:

Audytór Energetyczny Budynków
członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych Nr 1426
Niezależny ekspert z zakresu pomp ciepła nr 002/PSPC
Polskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła
Certyfikowany Zarządca Nieruchomości ds. Klimatu 18/147
Ekspert ds. efektywności energetycznej w MŚP - PARP

.....
mgr inż. MBA Tomasz Mania
Specjalista ds. diagnostyki termowizyjnej
upr. diagnozowania termowizyjnego nr12/2009 z dnia 12.11.2009
wyd. przez Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej
upr. kosztorysant S.K.B. nr 0525/SKB ; upr. konsultant P.Z.RZ.Z.P. nr 1039/KZP
upr. Rzecznawca ZUT RS NOT Warszawa Nr 066

Data aktualizacji audytu: wrzesień 2023 r.

*Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku
użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach*

Spis treści

1	Strona tytułowa audytu efektywności energetycznej.....	2
2	Karta audytu efektywności energetycznej	3
3	Zestawienie aktów prawnych oraz innych materiałów wykorzystanych do sporządzenia audytu.....	4
4	Opis stanu istniejącego, prezentacja analizowanych wariantów.....	5
5	Bilans cieplny budynku	7
6	Analiza ekonomiczna inwestycji.....	7
6.1	Wariant I indukcyjny kocioł elektryczny	8
6.2	Wariant II gazowa absorpcyjna pompa ciepła	10
6.3	Wariant III atmosferyczna pompa ciepła	13
7	Wybór wariantu	15
8	Obliczenia planowanego efekty ekologicznego	17
8.1	Emisja równoważna.....	17
8.2	Efektywność kosztowa	18
9	Energia finalna i pierwotna, parametry energetyczne przedsięwzięcia	18
9.1	Energia finalna i pierwotna	18
9.2	Parametry przedsięwzięcia efektywności energetycznej.....	19
10	Wnioski.....	19
11	Spis tabel	21
12	Spis wykresów	21
13	Załącznik 1 – bilans energetyczny budynku	22
14	Załącznik 2 - dokumentacja fotograficzna istniejącego źródła ciepła	30
15	Załącznik 3 – Opis wymagań funkcjonalnych dla uproszczonego systemu BMS	32

1 Strona tytułowa audytu efektywności energetycznej

1.1 Rodzaj budynku:	Budynek użyteczności publicznej				1.2 Rok budowy:	1910			
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji, PESEL*) (*w przypadku cudzoziemca nazwa i numer dokumentu tożsamości):	Powiat Chojnicki				1.4 Adres budynku:	ul.	Człuchowska	nr	38
	ul.	31 Stycznia	nr	56		kod:	89-600	mięscowość:	Chojnice
	kod:	89-600	mięscowość:	Chojnice		powiat:	chojnicki	województwo:	pomorskie
	tel.	-	fax	-					
	Pesel:	-							
	Nazwa:	-	Nr.	-					

2. Nazwa, adres i numer regon firmy wykonującej audyt:

~~Audyt Energetyczny Budynków~~
~~członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych Nr 1426~~
~~Niezależny ekspert z zakresu pomp ciepła nr 002/PSPC~~
~~Polskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła~~
~~Certyfikowany Zarządca Nieruchomości ds. Klimatu 18/147~~
~~Ekspert ds. efektywności energetycznej w MSP - PARP~~

.....
mgr inż. ~~MBA Tomasz Mania~~
~~Specjalista ds. diagnostyki termowizyjnej~~
~~upr. diagnozowania termowizyjnego nr12/2009 z dnia 12.11.2009~~
~~wyd. przez Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej~~
~~upr. kosztorysant S.K.B. nr 0525/SKB ; upr. konsultant P.Z.R.Z.Z.P. nr 1039/KZP~~
~~upr. Pracownia ZUT RS NOT Warszawa Nr 066~~

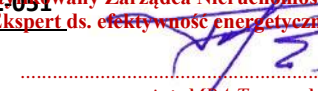
3. Imię i nazwisko, adres oraz numer pesel audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:

Współpraca
Marcin Rosenow
Autoryzowany audytor energetyczny ZAE nr 1975

4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska i zakresy prac, posiadane kwalifikacje:

Lp.	Imię i nazwisko:	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego:	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)
1.	-	-	-
Miejscowość:	Gdańsk	data wykonania opracowania:	Aktualizacja: 03.10.2023 r.

2 Karta audytu efektywności energetycznej

KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ		Data wykonania	
		03.10.2023 r.	
Podstawowe informacje dotyczące przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej			
Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej		Modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą	
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (max 250 znaków)		Modernizacja źródła ciepła oraz instalacji grzewczej w budynku przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach	
Dane podmiotu, u którego będzie realizowane/zostało zrealizowane* przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej, lub podmiotu upoważnianego (numer PESEL lub nazwa)		Powiat Chojnicki, ul. 31 Stycznia 56, 89-600 Chojnice NIP: 555-19-17-808	
Planowana data rozpoczęcia realizacji przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej:**	Data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej: ***	Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności energii	
05.2024 r.	-	5	
Parametry przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (na podstawie audytu efektywności energetycznej)			
Średnioroczna ilość energii finalnej planowanej do zaoszczędzenia:**	66 119,247	kWh/rok	5,685 [toe/rok]
Średnioroczna ilość energii pierwotnej planowanej do zaoszczędzenia:**	39 783,615	kWh/rok	3,421 [toe/rok]
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii finalnej:***	-	kWh/rok	- [toe/rok]
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii pierwotnej:***	-	kWh/rok	- [toe/rok]
Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej			
Imię i Nazwisko:	mgr inż. MBA Tomasz Mania Audyt Energetyczny Budynków członek Zrzeszenia Audytów Energetycznych Nr 1426 Niezależny ekspert z zakresu pomp ciepła nr 002/PSPC Polskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła		
Nr telefonu:	506-992051 Główny Zarządca Nieruchomości ds. Klimatu 18/147 Ekspert ds. efektywności energetycznej w MŚP - PARP		
Podpis:			

* Niepotrzebne skreślić.

** W przypadku planowanego przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej

*** W przypadku zrealizowanego przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej.

3 Zestawienie aktów prawnych oraz innych materiałów wykorzystanych do sporządzenia audytu

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. nr 43 z dn. 18.03.2009 r., poz. 346) z późniejszymi zmianami.
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 5 lipca 2013 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 z dn. 15.06.2013 r., poz. 690) z późniejszymi zmianami.
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2014 poz. 888) z późniejszymi zmianami.
4. Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów (Dz.U. nr 223 z dn. 18.12.2008 r., poz 1459) z późniejszymi zmianami.
5. Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014r. o charakterystyce energetycznej budynków (Dz. U. 2014 poz. 1200 z późn. zm.).
6. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej.
7. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii.

Data wizji lokalnej: wrzesień 2023 r.

Zakres audytu efektywności energetycznej:

- wielowariantowa analiza modernizacji kotłowni i instalacji grzewczej w budynku przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach.

Wszystkie ceny w niniejszym audycie zawierają podatek VAT. Cena jednostkowa gazu ziemnego pochodzi z aktualnego cennika PGNiG.

4 Opis stanu istniejącego, prezentacja analizowanych wariantów

PODSTAWOWE INFORMACJE O BUDYNKU

Powierzchnia o regulowanej temperaturze	A_f	[m ²]	617,65
Kubatura budynku		[m ³]	3268,75
Przyjęta liczba użytkowników		[m ²]	40

OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU GRZEWZEGO

Budynek jest obecnie zasilany w ciepło z jednofunkcyjnego kotła gazowego Junkers Cerapurmax o szczytowej mocy znamionowej 63 kW. Według danych producenta kocioł charakteryzuje się sprawnością na poziomie 92%. Na cele niniejszego audytu, sprawność została obniżona do 90% ze względu na wiek kotła.

Instalacja c.o. wykonana jest z rur stalowych spawanych bez izolacji termicznej. Urządzeniami wykonawczymi są grzejniki żeliwne oraz grzejniki z rur stalowych ożebrowanych typu FAVIER. Grzejniki nie posiadają zaworów ani głowic termostatycznych. Sterowanie obiegiem grzewczym odbywa się za pośrednictwem automatyki kotła.

Sprawność całkowita systemu grzewczego obliczona zgodnie z metodologią Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej wynosi 66,53%.

OPIS STANU WYJŚCIOWEGO DO ANALIZ

Budynek zostanie poddany termomodernizacji w zakresie izolacji ścian zewnętrznych, wymiany drzwi i okien zewnętrznych oraz wprowadzenia wentylacji hybrydowej. Zapotrzebowanie na moc grzewczą i energię ciepłą po modernizacji wynosi:

28,1 kW

93,7 GJ/rok

Bilans energetyczny budynku po termomodernizacji znajduje się w załączniku nr 1.

DOSTĘPNE NOŚNIKI ENERGII

- gaz ziemny,

- energia elektryczna,
- energia zawarta w powietrzu atmosferycznym,
- energia pochodząca z promieniowania słonecznego.

PREZENTACJA ANALIZOWANYCH WARIANTÓW

Wariant I – indukcyjny kocioł gazowy

Montaż indukcyjnego kotła elektrycznego o sprawności na poziomie 99%. Wymiana przewodów grzewczych, montaż zaworów podpionowych, zaworów z głowicami termostatycznymi na istniejących grzejnikach żeliwnych, wymiana grzejników w piwnicy (rur ożebrowanych) na grzejniki stalowe płytowe wyposażone w zawory termostatyczne. Montaż systemu BMS umożliwiającego automatyczne sterowanie ogrzewaniem w poszczególnych pomieszczeniach. Sprawność całkowita systemu grzewczego obliczona zgodnie z metodologią Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej wynosi 83,64%.

Wariant II – gazowa absorpcyjna pompa ciepła

Montaż gazowej absorpcyjnej pompy ciepła o współczynniku COP na poziomie 1,38. Wymiana przewodów grzewczych, montaż zaworów podpionowych, zaworów z głowicami termostatycznymi na istniejących grzejnikach żeliwnych, wymiana grzejników w piwnicy (rur ożebrowanych) na grzejniki stalowe płytowe wyposażone w zawory termostatyczne. Montaż systemu BMS umożliwiającego automatyczne sterowanie ogrzewaniem w poszczególnych pomieszczeniach. Sprawność całkowita systemu grzewczego obliczona zgodnie z metodologią Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej wynosi 110,75%.

Wariant III – atmosferyczna pompa ciepła

Montaż pompy ciepła powietrze - woda o współczynniku COP na poziomie 3,0. Wymiana przewodów grzewczych, montaż zaworów podpionowych, zaworów z głowicami termostatycznymi na istniejących grzejnikach żeliwnych, wymiana grzejników w piwnicy (rur ożebrowanych) na grzejniki stalowe płytowe wyposażone w zawory termostatyczne. Montaż systemu BMS umożliwiającego automatyczne sterowanie ogrzewaniem w poszczególnych pomieszczeniach. Sprawność całkowita systemu grzewczego obliczona zgodnie z metodologią Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie

metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej wynosi 240,77%.

5 Bilans cieplny budynku

Tab. 1 Bilans cieplny budynku

Lp.	Wyszczególnienie		Stan wyjściowy	Stan po modernizacji - wariant I	Stan po modernizacji - wariant II	Stan po modernizacji - wariant III
1.	Zapotrzebowanie na moc cieplną źródła	kW	17,4	17,35	17,35	17,35
2.	Moc cieplna źródła ciepła	kW	63,0	30,0	30,0	30,0
3.	Zapotrzebowanie na ciepło źródła	GJ/rok	214,72	214,72	214,72	214,72
4.	Sprawność eksploatacyjna	%	66,53%	88,04%	116,58%	253,44%
5.	Zużycie energii finalnej w paliwie	GJ/rok	322,75	243,90	184,18	84,72
6.	Oszczędność energii	%	-	24,4	42,9	73,8

Stan wyjściowy należy rozumieć jako stan budynku, w którym została wykonana termomodernizacja w zakresie opisanym w rozdziale 4. ale źródło ciepła i instalacja c.o. zostały pozostawione bez zmian.

6 Analiza ekonomiczna inwestycji

Dokonano analizy efektów ekonomicznych inwestycji w oparciu o wskaźniki prostego czasu zwrotu (SPBT) oraz kosztu życia instalacji w okresie 15 lat (LCC). Niskie wartości wskaźników świadczą o wysokiej opłacalności modernizacji. W analizie zakłada się finansowanie inwestycji ze środków własnych

Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach

Inwestora. Obniżenie wartości wskaźników może nastąpić np. w przypadku uzyskania dofinansowania na modernizację źródła ciepła.

6.1 Wariant I indukcyjny kocioł elektryczny

Poniższe tabele prezentują wyniki analizy ekonomicznej modernizacji źródła ciepła i instalacji grzewczej.

Koszt inwestycji w tym wariantcie oszacowano na 160 718,00

Tab. 2 Analiza ekonomiczna - wariant I

Wyszczególnienie			Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
1.	Cena jednostkowa energii	PLN/GJ	231,48	148,51
2.	Zużycie energii cieplnej	GJ/rok	322,8	243,9
3.	Koszt eksploatacji	PLN/rok	74711,61	36221,19
Roczna oszczędności energii			%	24,43%
Roczna oszczędności energii			GJ/rok	78,85
Roczne oszczędności kosztów			zł/rok	38 490,42
Planowane koszty całkowite przedsięwzięcia			zł	160 718,00
Prosty czas zwrotu inwestycji (SPBT)			lata	4,18

W celu przedstawienia efektów modernizacji w dłuższym czasie, jako dodatkową metodę określenia opłacalności ekonomicznej zastosowano analizę kosztu cyklu życia budynku (Life Cycle Cost). Poniższe tabele i wykres prezentują wyniki analizy w okresie kolejnych 15 lat.

Tab. 3 Założenia do analizy LCC - wariant I

Roczny wzrost kosztów energii w stanie istniejącym	%	3,60%
Roczny wzrost cen energii po modernizacji	%	3,60%
Stopa dyskonta	%	3%
Szacowany roczny koszt przeglądów i napraw przed modernizacją	PLN	750,00
Szacowany roczny koszt przeglądów i napraw po modernizacji	PLN	500,00

*Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku
użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach*

Tab. 4 Analiza LCC - wariant I

A	Stan istniejący					Stan po modernizacji					Różnica LCC
	N _{0p}	N _{0m}	N _{0e}	N _{0c}	N ₀	N _{1p}	N _{1m}	N _{1e}	N _{1c}	N ₁	
0.	0,00	750,00	74711,61	73263,70	73263,70	160718,00	500,00	36221,19	191688,53	191688,53	118424,83
1.	0,00	750,00	77401,23	75874,98	149138,68	0,00	500,00	37525,15	36917,62	228606,16	79467,47
2.	0,00	750,00	80187,67	78580,27	227718,95	0,00	500,00	38876,06	38229,18	266835,34	39116,39
3.	0,00	750,00	83074,43	81382,94	309101,89	0,00	500,00	40275,60	39587,96	306423,29	-2678,59
4.	0,00	750,00	86065,11	84286,51	393388,40	0,00	500,00	41725,52	40995,65	347418,94	-45969,46
5.	0,00	750,00	89163,45	87294,62	480683,02	0,00	500,00	43227,64	42454,01	389872,96	-90810,06
6.	0,00	750,00	92373,34	90411,01	571094,03	0,00	500,00	44783,83	43964,88	433837,84	-137256,19
7.	0,00	750,00	95698,78	93639,59	664733,62	0,00	500,00	46396,05	45530,14	479367,98	-185365,63
8.	0,00	750,00	99143,93	96984,40	761718,02	0,00	500,00	48066,31	47151,75	526519,74	-235198,28
9.	0,00	750,00	102713,12	100449,63	862167,65	0,00	500,00	49796,69	48831,74	575351,48	-286816,17
10.	0,00	750,00	106410,79	104039,60	966207,25	0,00	500,00	51589,37	50572,21	625923,69	-340283,56
11.	0,00	750,00	110241,58	107758,81	1073966,06	0,00	500,00	53446,59	52375,33	678299,02	-395667,04
12.	0,00	750,00	114210,27	111611,92	1185577,98	0,00	500,00	55370,67	54243,37	732542,38	-453035,59
13.	0,00	750,00	118321,84	115603,73	1301181,71	0,00	500,00	57364,01	56178,65	788721,04	-512460,67
14.	0,00	750,00	122581,43	119739,25	1420920,96	0,00	500,00	59429,12	58183,61	846904,65	-574016,31
15.	0,00	750,00	126994,36	124023,65	1544944,61	0,00	500,00	61568,57	60260,74	907165,39	-637779,22

Legenda do tabeli 4:

A – Kolejne lata eksploatacji

N_{0p}, N_{1p} – Koszty nabycia odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

N_{0m}, N_{1m} – Koszty przeglądów, napraw odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

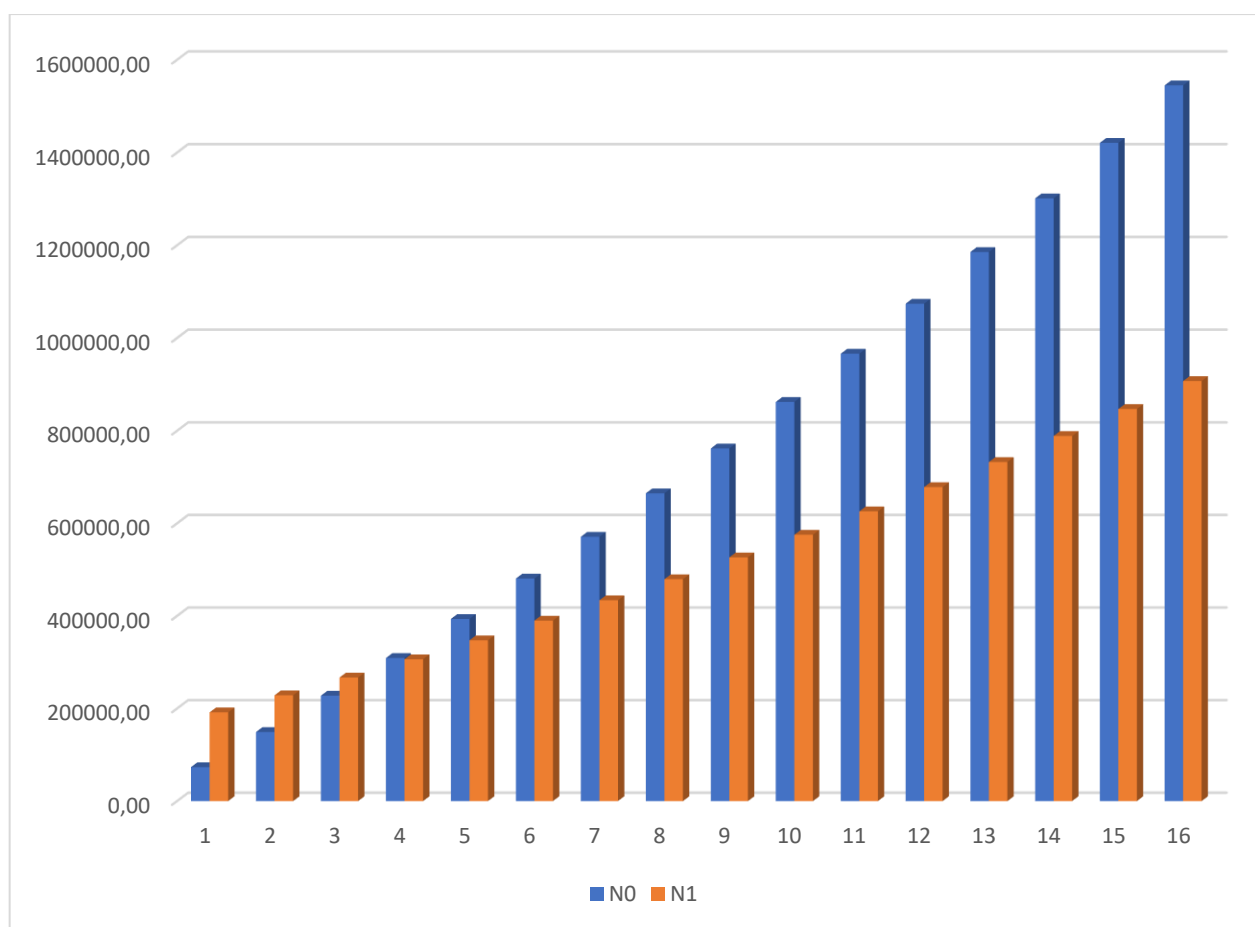
N_{0e}, N_{1e} – Koszty eksploatacyjne odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

N_{0c}, N_{1c} – Łączne zdyskontowane koszty odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

N₀, N₁ – Koszt cyklu życia budynku odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach

Wykres 1 Wyniki analizy LCC dla wariantu I



Na podstawie analizy LCC można stwierdzić, że inwestycja jest opłacalna i zacznie przynosić wymierne korzyści finansowe w czwartym roku od uruchomienia kotłowni.

6.2 Wariant II gazowa absorpcyjna pompa ciepła

Poniższe tabele prezentują wyniki analizy ekonomicznej modernizacji źródła ciepła i instalacji grzewczej.

Koszt inwestycji w tym wariantcie oszacowano na 214 000,00

Tab. 5 Analiza ekonomiczna - wariant II

Wyszczególnienie			Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
1.	Cena jednostkowa energii	PLN/GJ	231,48	231,48
2.	Zużycie energii cieplnej	GJ/rok	322,8	184,2
3.	Koszt eksploatacji	PLN/rok	74711,61	42634,34
Roczna oszczędności energii			%	42,93%

Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach

Roczna oszczędności energii	GJ/rok	138,57
Roczne oszczędności kosztów	zł/rok	32 077,27
Planowane koszty całkowite przedsięwzięcia	zł	214 000,00
Prosty czas zwrotu inwestycji (SPBT)	lata	6,67

W celu przedstawienia efektów modernizacji w dłuższym czasie, jako dodatkową metodę określenia opłacalności ekonomicznej zastosowano analizę kosztu cyklu życia budynku (Life Cycle Cost). Poniższe tabele i wykres prezentują wyniki analizy w okresie kolejnych 15 lat.

Tab. 6 Założenia do analizy LCC - wariant II

Roczny wzrost kosztów energii w stanie istniejącym	%	4,00%
Roczny wzrost cen energii po modernizacji	%	6,50%
Stopa dyskonta	%	3%
Szacowany roczny koszt przeglądów i napraw przed modernizacją	PLN	750,00
Szacowany roczny koszt przeglądów i napraw po modernizacji	PLN	1 000,00

Tab. 7 Analiza LCC - wariant II

A	Stan istniejący					Stan po modernizacji					Różnica LCC
	N _{0p}	N _{0m}	N _{0e}	N _{0c}	N ₀	N _{1p}	N _{1m}	N _{1e}	N _{1c}	N ₁	
0.	0,00	750,00	74711,61	73263,70	73263,70	214000,00	1000,00	42634,34	250130,43	250130,43	176866,73
1.	0,00	750,00	77700,08	76165,12	149428,82	0,00	1000,00	45405,58	45053,96	295184,39	145755,56
2.	0,00	750,00	80808,08	79182,60	228611,42	0,00	1000,00	48356,94	47919,36	343103,75	114492,32
3.	0,00	750,00	84040,40	82320,78	310932,20	0,00	1000,00	51500,14	50971,01	394074,76	83142,55
4.	0,00	750,00	87402,02	85584,48	396516,69	0,00	1000,00	54847,65	54221,02	448295,77	51779,09
5.	0,00	750,00	90898,10	88978,74	485495,43	0,00	1000,00	58412,75	57682,28	505978,05	20482,63
6.	0,00	750,00	94534,02	92508,76	578004,19	0,00	1000,00	62209,57	61368,52	567346,57	-10657,62
7.	0,00	750,00	98315,38	96179,98	674184,17	0,00	1000,00	66253,20	65294,37	632640,93	-41543,24
8.	0,00	750,00	102248,00	99998,06	774182,23	0,00	1000,00	70559,65	69475,39	702116,33	-72065,90
9.	0,00	750,00	106337,92	103968,85	878151,08	0,00	1000,00	75146,03	73928,19	776044,51	-102106,57
10.	0,00	750,00	110591,44	108098,48	986249,56	0,00	1000,00	80030,52	78670,41	854714,92	-131534,64
11.	0,00	750,00	115015,09	112393,29	1098642,86	0,00	1000,00	85232,51	83720,88	938435,81	-160207,05
12.	0,00	750,00	119615,70	116859,90	1215502,76	0,00	1000,00	90772,62	89099,63	1027535,44	-187967,32
13.	0,00	750,00	124400,33	121505,17	1337007,93	0,00	1000,00	96672,84	94828,00	1122363,44	-214644,49
14.	0,00	750,00	129376,34	126336,25	1463344,18	0,00	1000,00	102956,58	100928,71	1223292,15	-240052,03
15.	0,00	750,00	134551,39	131360,57	1594704,76	0,00	1000,00	109648,75	107425,97	1330718,13	-263986,63

Legenda do tabeli 7:

A – Kolejne lata eksploatacji

N_{0p} , N_{1p} – Koszty nabycia odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

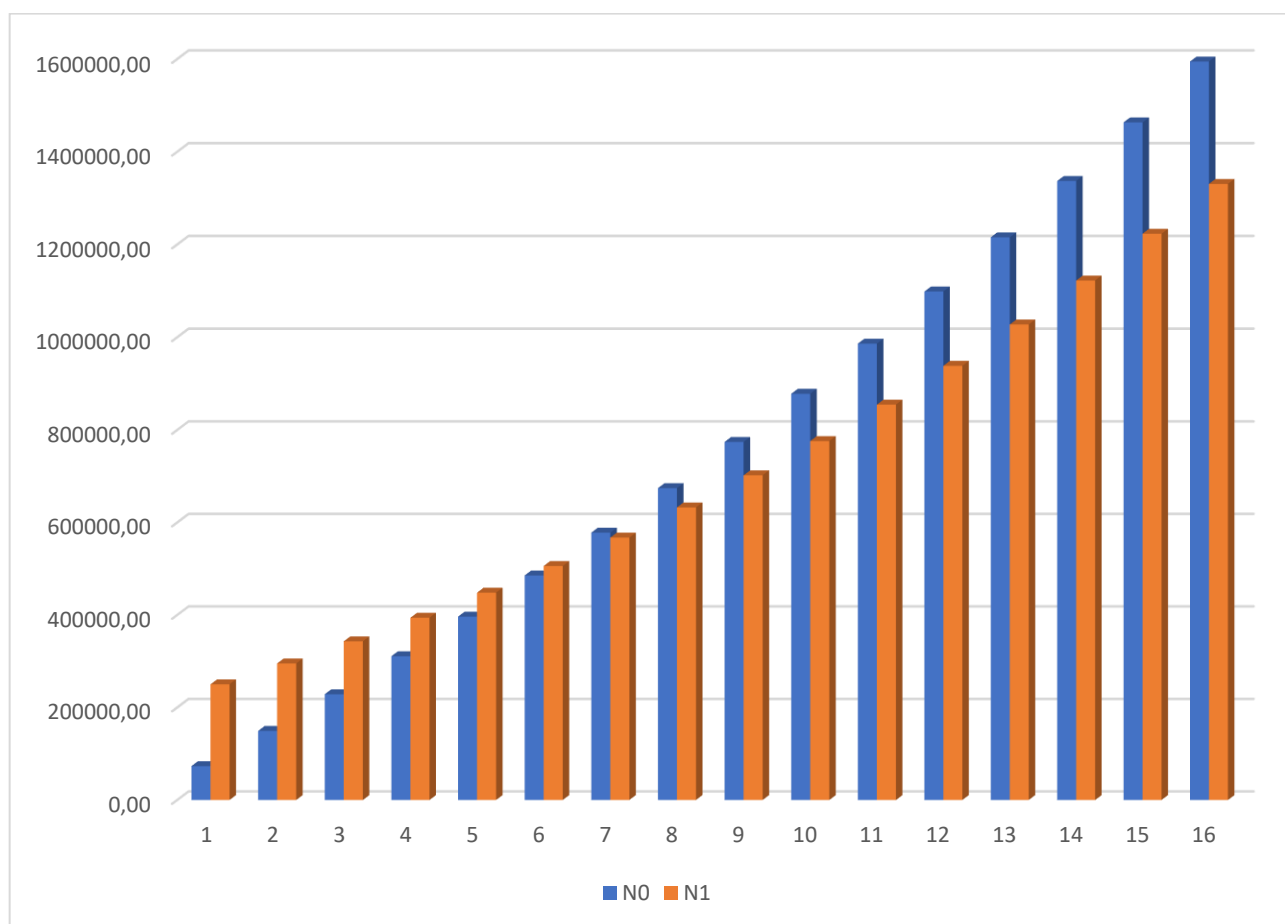
N_{0m} , N_{1m} – Koszty przeglądów, napraw odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

N_{0e} , N_{1e} – Koszty eksploatacyjne odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

N_{0c} , N_{1c} – Łączne zdyskontowane koszty odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

N_0 , N_1 – Koszt cyklu życia budynku odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

Wykres 2 Wyniki analizy LCC dla wariantu II



Na podstawie analizy LCC można stwierdzić, że inwestycja jest opłacalna i zacznie przynosić wymierne korzyści finansowe w szóstym roku od uruchomienia kotłowni.

6.3 Wariant III atmosferyczna pompa ciepła

Poniższe tabele prezentują wyniki analizy ekonomicznej modernizacji źródła ciepła i instalacji grzewczej. Koszt inwestycji w tym wariantcie oszacowano na 237 600,00

Tab. 8 Analiza ekonomiczna - wariant III

Wyszczególnienie			Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji
1.	Cena jednostkowa energii	PLN/GJ	231,48	148,51
2.	Zużycie energii cieplnej	GJ/rok	322,8	84,7
3.	Koszt eksploatacji	PLN/rok	74711,61	12582,10
Roczna oszczędności energii			%	73,75%
Roczna oszczędności energii			GJ/rok	238,03
Roczne oszczędności kosztów			zł/rok	62 129,51
Planowane koszty całkowite przedsięwzięcia			zł	237 600,00
Prosty czas zwrotu inwestycji (SPBT)			lata	3,82

W celu przedstawienia efektów modernizacji w dłuższym czasie, jako dodatkową metodę określenia opłacalności ekonomicznej zastosowano analizę kosztu cyklu życia budynku (Life Cycle Cost). Poniższe tabele i wykres prezentują wyniki analizy w okresie kolejnych 15 lat.

Tab. 9 Założenia do analizy LCC - wariant III

Roczny wzrost kosztów energii w stanie istniejącym	%	4,00%
Roczny wzrost cen energii po modernizacji	%	3,60%
Stopa dyskonta	%	3%
Szacowany roczny koszt przeglądów i napraw przed modernizacją	PLN	750,00
Szacowany roczny koszt przeglądów i napraw po modernizacji	PLN	1 000,00

Tab. 10 Analiza LCC - wariant III

A	Stan istniejący					Stan po modernizacji					Różnica LCC
	N _{Op}	N _{Om}	N _{Oe}	N _{Oc}	N _O	N _{1p}	N _{1m}	N _{1e}	N _{1c}	N ₁	
0.	0,00	750,00	74711,61	73263,70	73263,70	237600,00	1000,00	12582,10	243866,11	243866,11	170602,41
1.	0,00	750,00	77700,08	76165,12	149428,82	0,00	1000,00	13035,05	13626,26	257492,38	108063,56
2.	0,00	750,00	80808,08	79182,60	228611,42	0,00	1000,00	13504,31	14081,86	271574,24	42962,81
3.	0,00	750,00	84040,40	82320,78	310932,20	0,00	1000,00	13990,47	14553,85	286128,09	-24804,11
4.	0,00	750,00	87402,02	85584,48	396516,69	0,00	1000,00	14494,13	15042,84	301170,93	-95345,75
5.	0,00	750,00	90898,10	88978,74	485495,43	0,00	1000,00	15015,92	15549,43	316720,37	-168775,06

*Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku
użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach*

6.	0,00	750,00	94534,02	92508,76	578004,19	0,00	1000,00	15556,49	16074,26	332794,63	-245209,56
7.	0,00	750,00	98315,38	96179,98	674184,17	0,00	1000,00	16116,52	16617,98	349412,61	-324771,56
8.	0,00	750,00	102248,00	99998,06	774182,23	0,00	1000,00	16696,72	17181,28	366593,89	-407588,34
9.	0,00	750,00	106337,92	103968,85	878151,08	0,00	1000,00	17297,80	17764,85	384358,74	-493792,34
10.	0,00	750,00	110591,44	108098,48	986249,56	0,00	1000,00	17920,52	18369,44	402728,18	-583521,39
11.	0,00	750,00	115015,09	112393,29	1098642,86	0,00	1000,00	18565,66	18995,78	421723,96	-676918,90
12.	0,00	750,00	119615,70	116859,90	1215502,76	0,00	1000,00	19234,02	19644,68	441368,64	-774134,12
13.	0,00	750,00	124400,33	121505,17	1337007,93	0,00	1000,00	19926,45	20316,94	461685,58	-875322,35
14.	0,00	750,00	129376,34	126336,25	1463344,18	0,00	1000,00	20643,80	21013,40	482698,98	-980645,20
15.	0,00	750,00	134551,39	131360,57	1594704,76	0,00	1000,00	21386,98	21734,93	504433,90	-1090270,85

Legenda do tabeli 10:

A – Kolejne lata eksploatacji

N_{0p} , N_{1p} – Koszty nabycia odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

N_{0m} , N_{1m} – Koszty przeglądów, napraw odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

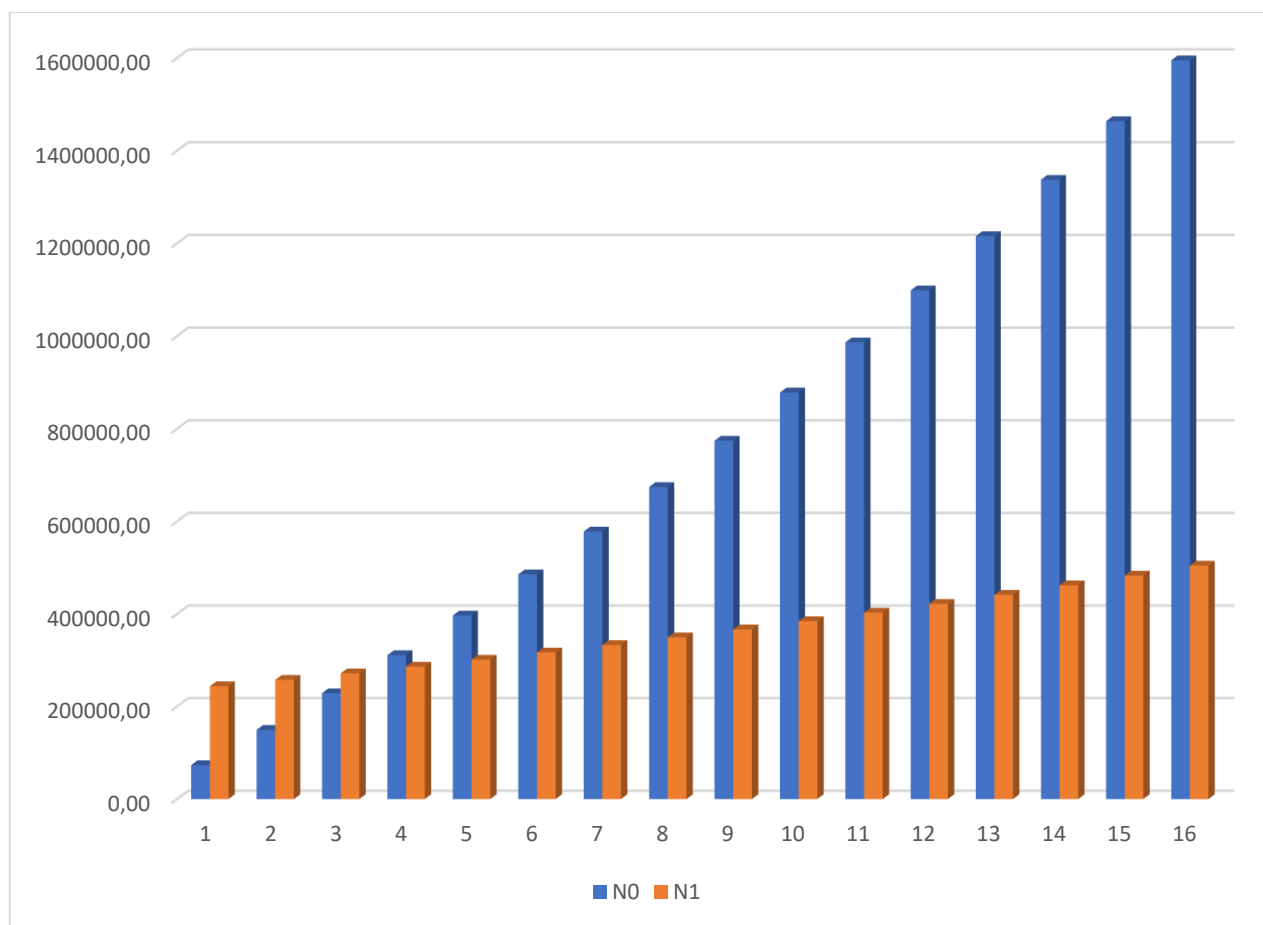
N_{0e} , N_{1e} – Koszty eksploatacyjne odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

N_{0c} , N_{1c} – Łączne zdyskontowane koszty odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

N_0 , N_1 – Koszt cyklu życia budynku odpowiednio dla stanu przed i po modernizacji [PLN]

Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach

Wykres 3 Wyniki analizy LCC dla wariantu III



Na podstawie analizy LCC można stwierdzić, że inwestycja jest opłacalna oraz najbardziej opłacalna ze wszystkich przeanalizowanych wariantów. Zacznie przynosić wymierne korzyści finansowe w trzecim roku od uruchomienia kotłowni.

7 Wybór wariantu

Tab. 11 Skumulowane wyniki analiz ekonomicznych - wybór wariantu

Lp.	Wyszczególnienie		Stan przed modernizacją	Stan po modernizacji - wariant I	Stan po modernizacji - wariant II	Stan po modernizacji - wariant II
1	Zapotrzebowanie na moc cieplną źródła	kW	29,8	17,4	17,4	17,4
2	Moc cieplna zastąpiona	kW	63,0	30,0	30,0	30,0
3	Zapotrzebowanie na ciepło źródła	GJ/rok	214,7	214,7	214,7	214,7
4	Sprawność eksploatacyjna	%	67%	88%	117%	253%

Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach

5	Zużycie energii finalnej w paliwie	GJ/rok	322,8	243,9	184,2	84,7
6	Oszczędność energii	GJ/rok	-	78,85	138,57	238,03
7	Roczna oszczędność kosztów	zł/rok	-	38 490,42 zł	32 077,27 zł	62 129,51 zł
8	Koszt całkowity modernizacji	zł	-	160 718,00 zł	214 000,00 zł	237 600,00 zł
9	Prosty czas zwrotu nakładów inwestycyjnych (SPBT)	lata	-	4,18	6,67	3,82
10	Koszt cyklu życia budynku w okresie 15 lat	zł	-	907 165,39	1 330 718,13	504 433,90

Powyższa tabela prezentuje skumulowane wyniki analiz ekonomicznych. Dokonano wyboru wariantu III jako rozwiązania bardziej korzystnego zarówno energetycznie, jak i ekonomicznie, charakteryzującego się najkrótszym czasem zwrotu nakładów inwestycyjnych oraz najniższym kosztem cyklu życia budynku w analizowanym okresie 15 lat.

8 Obliczenia planowanego efekty ekologicznego

Obliczeń szacunkowych emisji dokonano na podstawie metodologii opisanej w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej. Wskaźniki emisji pochodzą z opracowania KOBiZE "Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2019 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2022" oraz "Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla Instalacji spalania paliw" – wykonany na zlecenie GIOŚ – Umowa z dnia 26.10.2007 r. Nr DliO-20/2007" - mgr inż. Ksenia Czachor, mgr Przemysław Chudy.

Tab. 12 Wyliczenie emisji gazów cieplarnianych

Lp.	Rodzaj związków niebezpiecznych	Wskaźnik emisji przed modernizacją [kg/GJ]	Emisja przed modernizacją [kg/rok]	Wskaźnik emisji po modernizacji [kg/GJ]	Emisja po modernizacji [kg/rok]	Redukcja emisji	
						[kg/rok]	[%]
1.	dwutlenek węgla	55,33	17857,83	193,889	16426,71	1431,12	8,01%
2.	tlenki siarki	0,509	164,28	0,14139	11,98	152,30	92,71%
3.	tlenki azotu	0,1	32,28	0,145	12,28	19,99	61,94%
4.	tlenek węgla	0,01	3,23	0,05639	4,78	-1,55	-48,02%
5.	pył całkowity	0,0002	0,06	0,00722	0,61	-0,55	-847,63%

8.1 Emisja równoważna

Emisja równoważna, jest to wielkość ogólna emisji zanieczyszczeń pochodzących z określonego (ocenianego) źródła zanieczyszczeń, która wynika ze zsumowania wielkości rzeczywistych emisji poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń pochodzących z tego źródła pomnożonych przez ich współczynniki toksyczności. Redukcję emisji zanieczyszczeń w przeliczeniu na emisję równoważną CO₂ dokonuje się wg. poniższego wzoru:

$$E_r = \sum E * k$$

gdzie:

E_r – emisja równoważna – wielkość charakterystyczna

E – redukcja emisji danego zanieczyszczenia w Mg/r

k – współczynnik toksyczności danego zanieczyszczenia, wynoszący:

- pyły - 2,9,
- SO₂ – 1,0,
- CO – 0,5
- NO_x – 2,9

Tab. 13 Redukcja emisji równoważnej

Lp.	Rodzaj zanieczyszczenia	Redukcja emisji [kg/rok]	Współczynnik	Emisja równoważna [kg/rok]
1.	pył całkowity	-0,55	2,9	-1,59
2.	tlenki siarki	152,30	1	152,30
3.	tlenek węgla	-1,55	0,5	-0,77
4.	tlenki azotu	19,99	2,9	57,97
5.	dwutlenek węgla	1431,12	1	1431,12
Emisja równoważna:				1639,04

8.2 Efektywność kosztowa

Efektywność kosztowa oznacza wysokość nakładów finansowych poniesionych na jednostkową redukcję równoważnej emisji CO₂.

Nakłady inwestycyjne:	237 600,00 zł
Redukcja emisji:	1639,04 kg/rok
Efektywność kosztowa:	144963,28 zł/tonę

9 Energia finalna i pierwotna, parametry energetyczne przedsięwzięcia

9.1 Energia finalna i pierwotna

Obliczeń energii finalnej i pierwotnej dokonano na podstawie metodologii opisanej w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej. Wskaźnik nakładu energii pierwotnej wi przed modernizacją pochodzi z Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 5 października

*Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku
użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach*

2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii.

Tab. 14 Energia finalna i pierwotna przed i po modernizacji, redukcja

Lp.	Opis	Energia finalna [kWh/rok]	w _i [-]	Energia pierwotna [kWh/rok]
1.	Przed modernizacją	89 653,217	1,100	98 618,539
2.	Po modernizacji	23 533,969	2,500	58 834,924
3.	Oszczędność	66 119,247	-	39 783,615

9.2 Parametry przedsięwzięcia efektywności energetycznej

Tab. 15 Oszczędność energii finalnej i pierwotnej

1.	Średnioroczna ilość energii finalnej planowanej do zaoszczędzenia:	66 119,247	kWh/rok
		5,685	toe/rok
2.	Średnioroczna ilość energii pierwotnej planowanej do zaoszczędzenia:	39 783,615	kWh/rok
		3,421	toe/rok

Zgodnie z Obwieszczeniem Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowego wykazu przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej, usprawnienie polegające na modernizacji źródła ciepła i instalacji grzewczej pozwala na uzyskanie świadectw efektywności energetycznej, tzw. Białych Certyfikatów. Na podstawie powyższej analizy wykazano roczną oszczędność energii finalnej w wysokości 5,685 toe, co z kolei nie pozwala na uzyskanie świadectwa - wartością graniczną jest 10 toe.

10 Wnioski

W niniejszym audycie efektywności energetycznej przeanalizowano trzy warianty modernizacji istniejącej kotłowni. Najkorzystniejszym wariantem jest montaż pompy ciepła powietrze - woda wraz z modernizacją instalacji grzewczej w zakresie izolacji termicznej przewodów grzewczych, montażu zaworów podpionowych, zaworów z głowicami termostatycznymi na istniejących grzejnikach żeliwnych, wymiany grzejników w piwnicy (rur ożebrowanych) na grzejniki stalowe płytowe wyposażone w zawory termostatyczne oraz montażu systemu BMS umożliwiającego automatyczne sterowanie ogrzewaniem w poszczególnych pomieszczeniach. W wyniku modernizacji nastąpi redukcja zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery i osiągnięty zostanie wymierny efekt ekologiczny oraz nastąpi zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych

Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach

w przedmiotowym budynku. Tabela poniżej prezentuje główne korzyści płynące z modernizacji oraz wskaźniki energetyczne i finansowe.

Tab. 16 Wskaźniki rezultatu modernizacji

Rodzaj wskaźnika	Jednostka	Wartość wskaźnika
Zmniejszenie zużycia energii finalnej	GJ/rok	238,03
	%	73,75%
Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej	kWh/rok	39784
	%	40,34%
Redukcja emisji równoważnej CO ₂	kg/rok	1639,04
	%	4,26%
Czas zwrotu inwestycji	lata	3,82
Efektywność kosztowa inwestycji	zł/tonę CO ₂	144963,28
Oszczędności finansowe	zł/rok	62 129,51

Audyt Energetyczny Budynków
członek Zrzeszenia Audytorów Energetycznych Nr 1426
Niezależny ekspert z zakresu pomp ciepła nr 002/PSPC
Polskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła
Certyfikowany Zarządca Nieruchomości ds. Klimatu 18/147
Ekspert ds. efektywności energetycznej w MŚP - PARP

.....
mgr inż. MBA Tomasz Mania
Specjalista ds. diagnostyki termowizyjnej
upr. diagnozowania termowizyjnego nr12/2009 z dnia 12.11.2009
wyd. przez Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej
~~*upr. kosztorysant S.K.B. nr 0325/SKB ; upr. konsultant P.Z.RZ.Z.P. nr 1039/KZP*~~
upr. Rzeczoznawca ZUT RS NOT Warszawa Nr 066

11 Spis tabel

Tab. 1 Bilans cieplny budynku	7
Tab. 2 Analiza ekonomiczna - wariant I.....	8
Tab. 3 Założenia do analizy LCC - wariant I	8
Tab. 4 Analiza LCC - wariant I	9
Tab. 5 Analiza ekonomiczna - wariant II.....	10
Tab. 6 Założenia do analizy LCC - wariant II	11
Tab. 7 Analiza LCC - wariant II	11
Tab. 8 Analiza ekonomiczna - wariant III.....	13
Tab. 9 Założenia do analizy LCC - wariant III	13
Tab. 10 Analiza LCC - wariant III	13
Tab. 11 Skumulowane wyniki analiz ekonomicznych - wybór wariantu	15
Tab. 12 Wyliczenie emisji gazów cieplarnianych.....	17
Tab. 13 Redukcja emisji równoważnej	18
Tab. 14 Energia finalna i pierwotna przed i po modernizacji, redukcja	19
Tab. 15 Oszczędność energii finalnej i pierwotnej	19
Tab. 16 Wskaźniki rezultatu modernizacji.....	20

12 Spis wykresów

Wykres 1 Wyniki analizy LCC dla wariantu I.....	10
Wykres 2 Wyniki analizy LCC dla wariantu II.....	12
Wykres 3 Wyniki analizy LCC dla wariantu III.....	15

13 Załącznik 1 – bilans energetyczny budynku

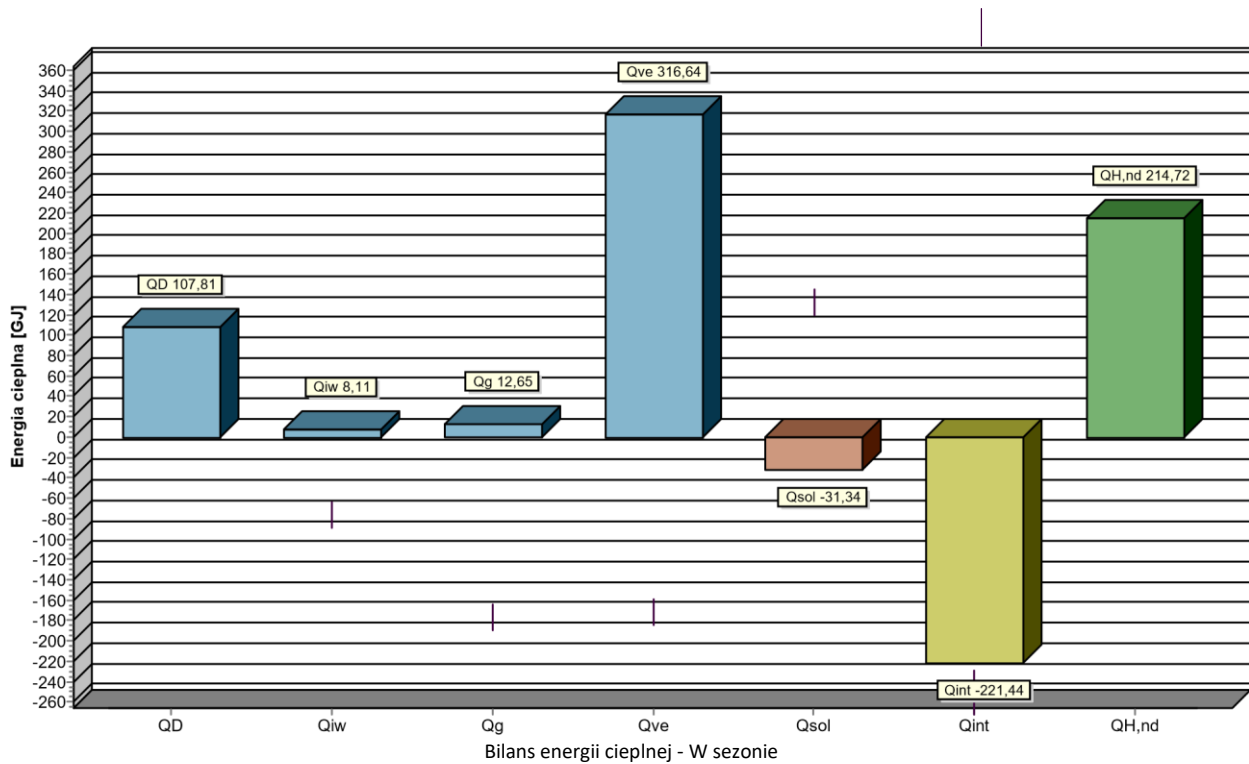
Wyniki - Ogólne

Podstawowe informacje:		
Nazwa projektu:	Bilans energetyczny budynku w stanie docelowym	
Miejscowość:	Chojnice	
Adres:	ul. Człuchowska 38	
Projektant:	Marcin Rosenow	
Normy:		
Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:	PN-EN ISO 6946	
Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:	PN-EN 12831:2006	
Norma na obliczanie E:	PN-EN ISO 13790	
Dane klimatyczne:		
Strefa klimatyczna:	STREFA II	
Projektowa temperatura zewnętrzna q _e :	-18	°C
Średnia roczna temperatura zewnętrzna q _{m,e} :	7,9	°C
Stacja meteorologiczna:	Chojnice	
Podstawowe wyniki obliczeń budynku:		
Powierzchnia ogrzewana budynku A _H :	617,7	m ²
Kubatura ogrzewana budynku V _H :	1895,1	m ³
Projektowa strata ciepła przez przenikanie F _T :	12770	W
Projektowa wentylacyjna strata ciepła F _V :	4575	W
Całkowita projektowa strata ciepła F:	17345	W
Nadwyżka mocy cieplnej FR _H :	0	W
Projektowe obciążenie cieplne budynku F _{HL} :	17345	W
Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:		
Wskaźnik F _{HL} odniesiony do powierzchni f _{HL,A} :	28,1	W/m ²
Wskaźnik F _{HL} odniesiony do kubatury f _{HL,V} :	9,2	W/m ³
Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię wg PN-EN ISO 13790		
Stacja meteorologiczna:	Chojnice	
Sezonowe zapotrzebowanie na energię na ogrzewanie		

Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach

Strumień powietrza wentylacyjnego-ogrzewanie $V_{v,H}$:	2544,3	m^3/h
Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$:	214,72	GJ/rok
Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$:	59646	kWh/rok
Powierzchnia ogrzewana budynku A_H :	617,65	m^2
Kubatura ogrzewana budynku V_H :	1895,1	m^3
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EA_H :	347,6	$MJ/(m^2 \cdot rok)$
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EA_H :	96,6	$kWh/(m^2 \cdot rok)$
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EV_H :	113,3	$MJ/(m^3 \cdot rok)$
Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie EV_H :	31,5	$kWh/(m^3 \cdot rok)$

Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach


















Miesiąc	Tem,m	QD	Qg	Qve	Qsol	Qint	QH,nd	gH,m	gH,lim
	°C	GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok		
Styczeń	-0,7	16,10	2,03	47,26	1,98	25,15	39,75	0,407	1,224
Luty	-3,8	16,77	2,17	49,20	1,98	22,71	44,85	0,356	1,224
Marzec	3,5	12,77	1,52	37,49	3,85	25,15	24,67	0,550	1,224
Kwiecień	5,9	10,51	1,19	30,88	5,59	24,33	15,48	0,690	1,224
Maj	11,5	6,41	0,55	18,89	7,11	25,15	2,91	1,225	1,224





Audyt efektywności energetycznej – modernizacja źródła ciepła wraz z instalacją grzewczą w budynku użyteczności publicznej przy ul. Człuchowskiej 38 w Chojnicach

Czerwiec	15,6	3,05	0,05	9,05	6,96	24,33	0,12	2,525	1,224
Lipiec	16,0	2,83	0,00	8,42	7,17	25,15	0,07	2,813	1,224
Sierpień	16,5	2,48	0,03	7,37	6,92	25,15	0,04	3,180	1,224
Wrzesień	11,8	5,97	0,49	17,60	4,44	24,33	3,04	1,173	1,224
Październik	7,2	9,83	1,07	28,89	3,21	25,15	14,18	0,700	1,224
Listopad	2,0	13,51	1,64	39,66	1,91	24,33	30,06	0,470	1,224






Wyniki - Zestawienie przegród





Opis	U	A
	W/m ² ·K	m ²
Dach nad poddaszem ogrzewanym	0,238	77,32
Dach nad poddaszem nieogrzewanym	2,926	136,90
Drzwi zewnętrzne	1,300	6,01
Okna dachowe	1,100	4,28
Okna zewnętrzne	0,900	96,66
Podłoga w piwnicy	0,364	150,87
Strop nad piwnicą	1,300	150,87
Strop pod nieogrzewanym poddaszem	0,233	97,44
Ściana zewnętrzna cokołowa	0,238	81,89
Ściana zewnętrzna	0,246	511,49
Ściana zewnętrzna przy gruncie	0,192	56,53


Symbol	D	Opis materiału	l	Cp	R
	m		W/(m·K)	kJ/(kg·K)	m ² ·K/W
 DPN	Dach nad poddaszem nieogrzewanym				
Rodzaj przegr.	Dach, Warunki wilgotności: Średnio wilgotne				
 DACHÓW_CER	0,0100	Dachówka ceramiczna.	0,820	0,880	0,012
 PAPA-ASF	0,0060	Papa asfaltowa.	0,180	1,460	0,033
 SOSNA	0,0250	Drewno sosnowe w poprzek włókien.	0,160	2,510	0,156
Opór przejmowania wewnątrz Ri, [m ² ·K/W]:					0,100
Opór przejmowania na zewnątrz Re, [m ² ·K/W]:					0,040
Suma oporów przejmowania i przewodzenia R, [m ² ·K/W]:					0,342
Współczynnik przenikania ciepła U, [W/(m ² ·K)]:					2,926
 DPO	Dach nad poddaszem ogrzewanym				
Rodzaj przegr.	Dach, Warunki wilgotności: Średnio wilgotne				
 DACHÓW_CER	0,0100	Dachówka ceramiczna.	0,820	0,880	0,012
 PAPA-ASF	0,0060	Papa asfaltowa.	0,180	1,460	0,033
 SOSNA	0,0250	Drewno sosnowe w poprzek włókien.	0,160	2,510	0,156
 WE040	0,1500	Wełna mineralna 0,04	0,040	0,750	3,750
 GIPS-KART	0,0250	Płyty gipsowo-kartonowe.	0,230	1,000	0,109
Opór przejmowania wewnątrz Ri, [m ² ·K/W]:					0,100
Opór przejmowania na zewnątrz Re, [m ² ·K/W]:					0,040
Suma oporów przejmowania i przewodzenia R, [m ² ·K/W]:					4,200
Współczynnik przenikania ciepła U, [W/(m ² ·K)]:					0,238
 LPG	Podłoga w piwnicy				
Rodzaj przegr.	Podłoga w piwnicy, Warunki wilgotności: Średnio wilgotne				
Ściana przy p	dłódze: SZPG				
Różnica wysok	ości podłogi i wody gruntowej Zgw: 5,00 m				
Wysokość zagł	ębienia ściany przyległej do gruntu Z: 0,89 m				
 BETON-1900	0,0500	Beton zwykły z kruszywa kamiennego - gęś	1,000	0,840	0,050
 PAPA-ASF	0,0060	Papa asfaltowa.	0,180	1,460	0,033
 BET-CHUDY	0,1000	Podkład z betonu chudego.	1,050	0,840	0,095
 PIASEK-ŚR	0,3000	Piasek średni.	0,400	0,840	0,750
Równoważny opór gruntu wraz z oporami przejmowania Rg, [m ² ·K/W]:					1,818
Suma oporów przejmowania i przewodzenia R, [m ² ·K/W]:					2,747
Współczynnik przenikania ciepła U, [W/(m ² ·K)]:					0,364







 STR	Strop nad piwnicą				
Rodzaj przegr	dy: Strop ciepło do dołu, Warunki wilgotności: Średnio wilgotne				
 TERAKOTA	0,0100	Terakota.	1,050	0,840	0,010
 BETON-1900	0,0300	Beton zwykły z kruszywa kamiennego - gęs	1,000	0,840	0,030
 SK	0,3000	Strop Kleina		0,880	0,390
Opór przejmowania wewnątrz Ri, [m ² ·K/W]:					0,170
Opór przejmowania wewnątrz Ri, [m ² ·K/W]:					0,170


Symbol	D	Opis materiału	l	cp	R
	m		W/(m·K)	kJ/(kg·K)	m ² ·K/W
Suma oporów przejmowania i przewodzenia R, [m ² ·K/W]:					0,770
Współczynnik przenikania ciepła U, [W/(m ² ·K)]:					1,300

 STRP	Strop pod nieogrzewanym poddaszem				
Rodzaj przegr	dy: Strop ciepło do góry, Warunki wilgotności: Średnio wilgotne				
 SOSNA	0,0250	Drewno sosnowe w poprzek włókien.	0,160	2,510	0,156
 WE040	0,1500	Wełna mineralna 0,04	0,040	0,750	3,750
 SOSNA	0,0250	Drewno sosnowe w poprzek włókien.	0,160	2,510	0,156
 TYNK-CW	0,0200	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	0,840	0,024
Opór przejmowania wewnątrz Ri, [m ² ·K/W]:					0,100
Opór przejmowania wewnątrz Ri, [m ² ·K/W]:					0,100
Suma oporów przejmowania i przewodzenia R, [m ² ·K/W]:					4,287
Współczynnik przenikania ciepła U, [W/(m ² ·K)]:					0,233

 SZ	Ściana zewnętrzna				
Rodzaj przegr	dy: Ściana zewnętrzna, Warunki wilgotności: Średnio wilgotne				
PRED	0,004	Powłoka termoizolacyjna	0,001	0,840	3,333
 TYNK-CW	0,0200	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	0,840	0,024
 CEGŁA-PEŁN	0,4000	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw	0,770	0,880	0,519
 TYNK-CW	0,0200	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	0,840	0,024
Opór przejmowania wewnątrz Ri, [m ² ·K/W]:					0,130
Opór przejmowania na zewnątrz Re, [m ² ·K/W]:					0,040
Suma oporów przejmowania i przewodzenia R, [m ² ·K/W]:					4,072
Współczynnik przenikania ciepła U, [W/(m ² ·K)]:					0,246

 SZ1	Ściana zewnętrzna cokołowa				
Rodzaj przegr	dy: Ściana zewnętrzna, Warunki wilgotności: Średnio wilgotne				

PRED	0,004	Powłoka termoizolacyjna	0,001	0,840	3,333
 TYNK-CW	0,0200	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	0,840	0,024
 CEGŁA-PEŁN	0,5000	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw	0,770	0,880	0,649
 TYNK-CW	0,0200	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	0,840	0,024
Opór przejmowania wewnątrz R_i , [$m^2 \cdot K/W$]:					0,130
Opór przejmowania na zewnątrz R_e , [$m^2 \cdot K/W$]:					0,040
Suma oporów przejmowania i przewodzenia R , [$m^2 \cdot K/W$]:					4,201
Współczynnik przenikania ciepła U , [$W/(m^2 \cdot K)$]:					0,238
 SZPG	Ściana zewnętrzna przy gruncie				
Rodzaj przegr	ody: Ściana zewnętrzna przy gruncie, Warunki wilgotności: Średnio wilgot				
Podłoga przył	gła do ściany: PG				
Wysokość zagł	ębienia ściany przyległej do gruntu Z: 0,89 m				
 TYNK-CW	0,0200	Tynk lub gładź cementowo-wapienna.	0,820	0,840	0,024
 CEGŁA-PEŁN	0,5000	Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw	0,770	0,880	0,649

Symbol	D	Opis materiału	λ	c_p	R
	m		$W/(m \cdot K)$	$kJ/(kg \cdot K)$	$m^2 \cdot K/W$
 STYR034	0,1200	Styropian ułożony szczelnie.	0,034	1,460	3,529
Równoważny opór gruntu wraz z oporami przejmowania R_g , [$m^2 \cdot K/W$]:					1,012
Suma oporów przejmowania i przewodzenia R , [$m^2 \cdot K/W$]:					5,215
Współczynnik przenikania ciepła U , [$W/(m^2 \cdot K)$]:					0,192

Wyniki - Zestawienie grup pomieszczeń

Opis	q _{int}	A _h	V _h	F _{HL}
	°C	m ²	m ³	W
CZ38	19,3	617,65	1895,1	21921

14 Załącznik 2 - dokumentacja fotograficzna istniejącego źródła ciepła





15 Załącznik 3 – Opis wymagań funkcjonalnych dla uproszczonego systemu BMS

Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest opis wymagań funkcjonalnych mających na celu zaprojektowanie oraz wykonanie systemu BMS w zakresie kontroli, opomiarowania i sterowania instalacjami w budynku w Chojnicach:

- sporządzenie dokumentacji projektowej wykonawczej,
- sporządzenie specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych,
- sporządzenie harmonogramu rzeczowo-finansowego,
- wykonanie robót budowlanych,
- dostawę i instalację sprzętu oraz urządzeń,
- oprogramowanie sterowników, serwera oraz stanowisk operatorów,
- konfigurację systemu, uruchomienie i testy funkcjonalne,
- sporządzenie dokumentacji powykonawczej,
- przygotowanie instrukcji obsługi, szkolenie personelu, przekazanie użytkownikowi kompletnego, uruchomionego systemu.

Rodzaje zarządzanych systemów

Planuje się wdrożenie jednego, zintegrowanego systemu zarządzania instalacjami znajdującymi się w budynku w Chojnicach polegać będą poniższe elementy technicznego wyposażenia budynku:

Branża elektryczna:

- rozdzielnice elektryczne,
- monitoring parametrów sieci elektrycznej,
- zasilanie awaryjne (w tym SZR i UPS),
- oświetlenie (w tym oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne),
- zarządzanie zużyciem energii elektrycznej,
- źródła fotowoltaiczne.

Branża sanitarna:

- klimatyzacja w poszczególnych pomieszczeniach typu split powietrze – powietrze,
- ogrzewanie (w zakresie węzła cieplnego, maszynowni pomp ciepła współpracujących z centralnym ogrzewaniem,
- instalacja wod.-kan.,

- zarządzanie zużyciem wody i ciepła.

System BMS powinien integrować dane pochodzące ze stacji pogodowej w celu sterowania ogrzewaniem

w oparciu o krzywą grzewczą (pomiar temperatury zewnętrznej i regulację pracy grzejników) oraz sterowanie oświetleniem na podstawie pomiaru natężenia oświetlenia.

Do systemu BMS powinny trafiać dane z pomiaru parametrów środowiskowych w zakresie:

- pomiaru kierunku i prędkości wiatru,
- pomiaru temperatury zewnętrznej,
- pomiaru wilgotności powietrza,
- pomiaru opadów atmosferycznych,
- pomiaru nasłonecznienia.

Rozdzielnice elektryczne, monitoring parametrów sieci elektrycznej, zasilanie awaryjne (w tym SZR i UPS)

Z poziomu systemu BMS musi być możliwy dostęp oraz wizualizacja poniższych informacji pochodzących

z rozdzielnic elektrycznych:

- parametry jakości energii elektrycznej na podstawie danych z analizatorów (napięcia fazowe, międzyfazowe, prądy liniowe, moce fazowe czynne, bierne, pozorne, współczynniki mocy czynnej, biernej, prąd w przewodzie zerowym, średni prąd 3-fazowy, moc 3-fazowa czynna, bierna i pozorna, trójfazowe współczynniki mocy, częstotliwość i odchylenia częstotliwości, 15-minutowa średnia moc czynna, energia 3-fazowa czynna, bierna i pozorna, THD dla napięć i prądów fazowych, rejestracja zapadów i zaników napięcia, pamięć wartości min. i max., pomiar harmonicznym prądu i napięcia),
- położenia wyłączników i rozłączników w rozdzielniach,
- monitoring stanu układu SZR oraz UPS,
- realizacja funkcji „strażnika mocy”.

Wizualizacja może zostać wykonana w postaci: wyświetlaczy cyfrowych, analogowych, barografów, analizy rozkładu harmonicznym, wykresu wektorowego.

Rozdzielnice należy umieścić na planach budynków zaimplementowanych do systemu BMS.

Oświetlenie

System BMS musi umożliwiać sterowanie oświetleniem na następujące sposoby:

- polecenie użytkownika,
- harmonogram czasowy,

Jasność może być zwiększana lub zmniejszana w zależności od ilości światła słonecznego czy od obecności osób w pomieszczeniach.

Zarządzanie zużyciem energii elektrycznej

System BMS powinien umożliwiać przedstawienie bieżących odczytów z liczników energii elektrycznej na wykresach czasowych oraz porównywanie zużycia prądu w wybranych przez użytkownika okresach.

Należy zapewnić możliwość kształtowania kosztów energii poprzez wpływanie na optymalizację ogrzewania pomieszczeń, sterowanie oświetleniem w pomieszczeniach, wentrowanie, klimatyzację itd. Należy stworzyć czasowe programy pracy urządzeń (grup urządzeń, stref lub całego budynku) z możliwością wprowadzania do nich zmian.

Źródła fotowoltaiczne

W zakres kontroli przez system BMS wchodzi nadzór nad źródłami fotowoltaicznymi (kontrola parametrów pracy, sygnalizowanie stanów alarmowych) – aplikacja.

Wentylacja

System BMS powinien otrzymywać informacje o stanie pracy wszystkich wentylatorów, central wentylacji oraz mieć możliwość zmiany wybranych parametrów.

BMS musi czuwać nad optymalizacją zużycia energii przez elementy systemu wentylacji.

Na planach budynku dostępnych w systemie BMS należy nanieść elementy systemu wentylacji.

Klimatyzacja (w tym klimatyzacja precyzyjna)

System BMS powinien otrzymywać informacje o stanie pracy wszystkich central klimatyzacji oraz mieć możliwość zmiany wybranych parametrów. Z poziomu BMS powinna być zapewniona możliwość sterowania następującymi funkcjonalnościami:

- zatrzymywanie/uruchamianie, monitorowanie pracy pomp,
- zatrzymywanie/uruchamianie, monitorowanie pracy agregatów,
- monitoring jednostek wewnętrznych i zewnętrznych klimatyzatorów,
- monitorowanie temperatury po stronie pierwotnej i wtórnej,
- wizualizacja parametrów powietrza w pomieszczeniach klimatyzowanych,
- wizualizacja rozkładu wilgotności,
- obsługa alarmów (np. odchylenia od wartości zadanych, awarie pomp, brak ciśnienia, brak przepływu, awarie agregatów, konieczność wymiany filtrów).

BMS musi czuwać nad optymalizacją zużycia energii przez elementy systemu klimatyzacji.

Na planach budynkowych dostępnych w systemie BMS należy nanieść elementy systemu klimatyzacji.

Ogrzewanie (w zakresie węzła cieplnego, maszynowni pompy ciepła, instalacji centralnego ogrzewania)

System BMS, poza monitoringiem, powinien umożliwiać dynamiczne sterowanie ogrzewaniem i chłodzeniem, tzn. w przypadku zbyt niskiej temperatury w danym pomieszczeniu, załączyć ogrzewanie, i odwrotnie w przypadku zbyt wysokiej temperatury załączyć chłodzenie (w odniesieniu do pojedynczych pomieszczeń czy grup pomieszczeń). Reakcja systemu powinna być powiązana z obecnością osób w pomieszczeniu (czujniki obecności).

W systemie BMS należy zapewnić:

- monitoring temperatur zasilania poszczególnych obiegów grzewczych,
- sterowanie obwodami rozdzielaczy c.o.,

W systemie BMS należy udostępnić informacje o temperaturach w poszczególnych pomieszczeniach, a także zapewnić możliwość zdalnego włączenia/wyłączenia funkcji grzania i chłodzenia w poszczególnych pomieszczeniach.

System BMS powinien obsługiwać liczniki i podliczniki ciepła oraz liczniki przepływu.

Instalacja wod.-kan.

W systemie BMS należy zapewnić monitoring stanu pracy instalacji wod.-kan., zwłaszcza zaworów i hydroforów. System BMS powinien wizualizować pracę instalacji wykrywających zalania iysterować odpowiednie elementy wykonawcze odcinające dopływ wody. Monitoringiem należy objąć także instalację zwalczania *Legionelli pneumophila* oraz hydranty pożarowe w obiektach.

Zarządzanie zużyciem wody i ciepła

System BMS musi umożliwić bieżące monitorowanie zużycia wody i ciepła, przedstawiając te zużycia na wykresach czasowych oraz zapewnić możliwość porównywania zużycia wody i ciepła w wybranych przez użytkownika okresach czasu. Na podstawie monitorowania wodomierzy system powinien także wykrywać potencjalne wycieki.

W celu umożliwienia kontrolowania zużywanego ciepła (np. poprzez wyłączenie na noc wybranych obwodów grzewczych), system powinien mieć możliwość sterowania elektrozaworami umieszczonymi na instalacji grzewczej.

Pomiar energii musi być realizowany w taki sposób, aby określić zużycie energii systemów końcowych obejmujących łącznie co najmniej 90% szacowanego rocznego zużycia każdego rodzaju paliwa.

Na planach budynku dostępnych w systemie BMS należy nanieść liczniki wody i ciepła.

Uprawnienia użytkowników

Dostęp do systemu BMS musi być chroniony hasłami dostępu oraz uprawnieniami obsługi. System BMS musi umożliwiać tworzenie i usuwanie kont użytkowników oraz określanie dla każdego z nich

uprawnień dostępu do poszczególnych widoków systemu i jego funkcji, np. recepcjonista, energetyk, administrator budynku, operator urządzeń, administrator systemu z możliwością zmiany nastaw parametrów systemu, inni wg życzenia właściciela. Ponadto system musi udostępniać funkcję automatycznego wylogowania użytkownika po zadanym czasie.

Zasilanie rezerwowe

Serwer, stacje operatorskie i urządzenia aktywne systemu BMS należy zasilić z sieci o zasilaniu gwarantowanym. Wszystkie zasilacze bezprzerwowe UPS powinny być typu on-line oraz muszą zostać wyposażone w zewnętrzne by-passy serwisowe. Wewnętrzne baterie muszą być typu bezobsługowego z czasem podtrzymania min. 60 minut.

W przypadku zaniku zasilania każdy z obiektowych systemów BMS powinien się odbudować automatycznie bez ingerencji operatora po powrocie napięcia zasilającego i podjąć normalną pracę. W momencie odzyskania wszystkich połączeń sieciowych automatycznie muszą zostać wyszukiwane zmiany, jakie nastąpiły w czasie awarii oraz zaktualizowane programy i baza danych.

Aplikacja mobilna

Z uwagi na większą wygodę oraz efektywność działania uproszczonego systemu BMS należy udostępnić i skonfigurować dedykowaną aplikację mobilną, komunikującą się z serwerem.