

Bogumił Konopka

Śląska Agencja Energetyczna

41 500 Chorzów, ul. Ryszki 57/21

☎ i fax (0 32) 247 63 73, ☎ (0 32) 245 99 04, ☎ 601 48 04 96

Konto: PKO BP O/Chorzów nr 86 1020 2368 0000 2102 0025 8244

NIP 627-100-59-81

E-mail: saekon@neostrada.pl

A U D Y T E N E R G E T Y C Z N Y

termomodernizacji budynku
Szkoły Podstawowej
w Bojszowie

Inwestor:

Urząd Gminy w Rudzińcu
44 160 Rudziniec, ul. Gliwicka 26

opracował:

Chorzów, 2011 r.

Dane ogólne			
1. Nazwa i adres firmy wykonującej Audyt			
inż. Bogumił Konopka 41 500 Chorzów, ul. Ryszki 57/21, tel./fax 247 63 73 audytor KAPE, uprawnienia budowlane nr KA 844/92			
2. Imię i nazwisko oraz adres koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis			
inż. Bogumił Konopka 41 500 Chorzów, ul. Ryszki 57/21, tel./fax 247 63 73 audytor KAPE, uprawnienia budowlane nr KA 844/92			
3. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu	Posiadane kwalifikacje
1.			
2.	-		
3.	-		
4. Miejscowość		Data wykonania opracowania	
Chorzów		2011	
5. Spis treści			
Rozdział			Strona
I	Wykaz jednostek miar i oznaczeń		6
II	Ustalenia ogólne		8
III	Dane klimatyczne		10
IV	Stan istniejący – charakterystyka i koszty		12
V	Założenia zamierzeń termomodernizacyjnych		14
VI	Bilans mocy		15
VII	Prognoza zużycia energii i ponoszonych kosztów dla stanu istniejącego		29
VIII	Przedsięwzięcia termomodernizacyjne		35
IX	Podsumowanie		42
X	Redukcja zanieczyszczeń do atmosfery		43

Karta Audytu energetycznego obiektu

A	Dane ogólne	
1	Wnioskodawca	Urząd Gminy w Rudzińcu
2	Nazwa zadania	Termomodernizacja budynku Szkoły Podstawowej w Bojszowie
3	Adres budynku	Bojszów, ul. Szkolna 23
4	Konstrukcja/technologia budynku	murowana
5	Rok oddania budynku do użytkowania	1935/1995
6	Liczba kondygnacji	2
7	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	5 058
8	Powierzchnia części ogrzewanej [m ²]	1 552

B	System grzewczy		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Źródło ciepła			
	a	rodzaj źródła ciepła	Kotłownia wbudowana	kotłownia wbudowana
	b	producent	-	
	c	typ	Viessmann	Viessman
	d	ilość sztuk	2	1
	e	moc [kW]	188	120
	f	rok produkcji	2000	2011
	g	wysokość komina [m]	12	12
2	Sieć i instalacja c.o.			
	a	typ sieci ciepłej	-	-
	b	typ instalacji c.o.	-	wodna
	c	typ grzejników	grzejniki stalowe panelowe i żeliwne	grzejniki stalowe panelowe
	d	zawory termostaticzne	przy grzejnikach stalowych panelowych	standard
	e	stan przewodów sieci ciepłej	-	-
	f	stan przewodów instalacji c.o.	do wymiany	nowe
3	Zapotrzebowanie mocy [kW]		227,6	90,5
4	Zapotrzebowanie energii użytkowej [GJ/a]		1 843	8605
5	Sprawność wytwarzania		0,90	0,95
6	Sprawność przesyłu		1,00	0,98
7	Sprawność akumulacji		1,00	1,00
8	Sprawność regulacji i wykorzystania		0,92	0,98
9	Wsp. ograniczania ogrzewania w ciągu doby		0,95	0,95
10	Wsp. ograniczania ogrzewania w ciągu tygodnia		0,85	0,85
11	Zapotrzebowanie energii końcowej [GJ/a]		1 834	536

C	Przegrody budowlane przewidziane do termomodernizacji	Stan przed termomodernizacją		Stan po termomodernizacji		
		Powierzchnia przegrody [m ²]	Wsp. „U” [W/m ² K]	Grubość izolacji [cm]	Wsp. „λ” [W/mK]	Wsp. „U” [W/m ² K]
1	Strop ostatniej kondygnacji do ocieplenia styropianem	774	1,37	15	0,038	0,21
2	Zamurowanie okien i ocieplenie zamurowania styropianem	5	2,60	10	0,031	0,26
3	Ściany nadziemne 38 cm do ocieplenia styropianem grafitowym	1 418	1,46	10	0,031	0,26
4	Stropodach do ocieplenia styropapą	72	1,42	15	0,038	0,22
5	Ściany nadziemne 51 cm do ocieplenia styropianem grafitowym	204	1,18	10	0,031	0,25
6	Wymiana okien drewnianych na okna PCV	162	2,60	-	-	1,00
7	Podbitka dachu do ocieplenia wełną mineralną	366	1,45	15	0,035	0,22
8	Wymiana drzwi na nowe	10	3,00	-	-	2,00
9	Ściany fundamentowe w gruncie i cokół do ocieplenia polistyrenem ekstrudowanym	330	1,18	5	0,32	0,41
10	Kryterium wyboru grubości izolacji	SPBT i WT 2008				

D	Wentylacja grawitacyjna	Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Liczba wymian powietrza [1/h]	1	1
2	Strumień powietrza [m ³ /h]	5 058	5 058

E	Zestawienie zbiorcze	Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Zapotrzebowanie mocy [kW]	227,6	90,5
2	Zapotrzebowanie energii użytkowej [GJ/a]	1 843	605
3	Zapotrzebowanie energii końcowej [GJ/a]	1 834	536
4	Rodzaj paliwa	olej opałowy lekki	olej opałowy lekki
5	Wartość opałowa paliwa	42,6 MJ/kg	42,6 MJ/kg
6	Ilość paliwa [Mg]	43,5	12,6
7	Zawartość siarki w paliwie [%]	0,3	0,3
8	Zawartość popiołu w paliwie [%]	0,0	0,0
9	Moc zamówiona w gazie [m ³ /h]		
10	Cena jednostkowa paliwa [zł/Mg]	4 200	4 200
11	Roczny koszt całkowity paliwa zł	182 700	52 920
12	Stawka opłaty stałej za ogrzewanie [zł/MW m-c]	-	-
13	Roczny koszt opłaty stałej [zł/a]	-	-
14	Roczny koszt obsługi [zł/a]	1 700	1 700
15	Roczny koszt całkowity eksploatacji [zł/a]	184 400	54 620
16	Roczna oszczędność kosztów eksploatacji [zł]		129 780
17	Całkowite nakłady inwestycyjne [zł]		1 187 100
18	Prosty czas zwrotu (SPBT) lata		9,1

Rozdział I

Wykaz jednostek miar i oznaczeń

1. Jednostki miar:

długość	m	
powierzchnia	m ²	
kubatura, objętość	m ³	
sekunda	s	
godzina	h	
dobę	d	
zmiana	zm	
miesiąc	m-c	
kwartał	kw	
rok	a	
energia cieplna i elektryczna	J	(kJ, MJ i GJ)
moc	W	(kW, MW)
masa	g	(kg i Mg)
temperatura	°C	
ciśnienie	Pa	(kPa, MPa)
szybkość	m/s	
współczynnik przenikania ciepła „U”	W/(m ² K)	

1.2. Skróty i oznaczenia

dane podstawowe:

obwód obiektu	L	
powierzchnia zabudowy obiektu		A
powierzchnia użytkowa obiektu	A _u	
kubatura obiektu całkowita	V	
kubatura obiektu ogrzewana	V _{ogrz}	
ciepła woda użytkowa + 55°C	c.w.u.	
centralne ogrzewanie	c.o.	
wentylacja grawitacyjna	W _g	
wentylacja mechaniczna	W _m	

temperatury:

obliczeniowa zewnętrzna	t _{zo}	[°C]
obliczeniowa gruntu	t _{go}	[°C]
obliczeniowa wewnętrzna	t _{wi}	[°C] (dla kubatury „i”)
różnica temperatur	Δt	[°C]

krotność wentylacji:

wentylacja grawitacyjna	n _{wg}	[1/h]
wentylacja mechaniczna	n _{wm}	[1/h]

moc:

całkowita	Φ	[kW]
straty mocy ciepłej na przegrodach	Φ_p	[kW]
wentylacja grawitacyjna	Φ_{wg}	[kW]
centralne ogrzewanie ($\Phi_p + \Phi_{wg}$)	Φ_{co}	[kW]

sprawności systemu grzewczego:

sprawność maksymalna źródła ciepła	$\eta_{H,g \max}$
średnia sprawność eksploatacyjna źródła ciepła	$\eta_{H,g}$
średnia sprawność akumulacji zewnętrznego buforu	$\eta_{H,s}$
średnia sprawność przesyłu energii ciepłej	$\eta_{H,d}$
średnia sprawność regulacji i wykorzystania energii ciepłej	$\eta_{H,e}$

przerwy w ogrzewaniu

współczynnik przerw tygodniowych	$W_{H,t}$
współczynnik przerw dobowych	$W_{H,d}$

sprawności przygotowania c.w.u.:

średnia sprawność eksploatacyjna źródła ciepła c.w.u.	$\eta_{W,g}$	
średnia sprawność akumulacji w zasobnikach c.w.u.	$\eta_{W,s}$	
średnia sprawność przesyłu c.w.u.	$\eta_{W,d}$	
średnia sprawność wykorzystania energii ciepłej c.w.u.	$\eta_{W,e}$	(przyjmuje się 1,0)

energia:

całkowita	Q	[GJ]
straty energii ciepłej na przegrodach	Q_p	[GJ]
energia wentylacji grawitacyjnej	Q_{wg}	[GJ]
energia centralnego ogrzewania ($Q_p + Q_{wg}$)	Q_{co}	[GJ]
energia wentylacji mechanicznej	Q_{wm}	[GJ]
energia c.w.u.	Q_{cwu}	[GJ]
energia na potrzeby technologiczne	Q_{tech}	[GJ]
straty energii	Q_{st}	[GJ]
zyski wewnętrzne	Q_{int}	[GJ]
zyski słoneczne	Q_{sol}	[GJ]

zużycie paliwa:

roczne	G_a	[Mg/a lub m ³ /a]
godzinowe	G_h	[Mg/h lub m ³ /h]

koszty:

inwestycyjne	K_i	[zł lub tys. zł]
--------------	-------	------------------

eksploatacyjne

K_e [zł lub tys. zł]

Rozdział II

Ustalenia ogólne

1. Cel pracy

Celem pracy jest zaproponowanie rozwiązań technicznych w zakresie termomodernizacji budynku Szkoły Podstawowej w Bojszowie

2. Materiały źródłowe

Podstawą opracowania audytu jest:

- Dane techniczne i eksploatacyjne udostępnione przez Inwestora
- Projekt budowlano-wykonawczy termomodernizacji Szkoły Podstawowej w Bojszowie BA Arch-Anioły s.c.

3. Podstawa prawna

3.1. Akty prawne

1. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30.04.1999 r. z nowelizacją z dnia 22.09.1999 (Dz.U. 79/99) oraz z dnia 15.01.2002. (Dz.U. 12/02) w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, a także wzorów kart audytu energetycznego.
2. Ustawa z dnia 18.12.1998. (Dz. U. nr 162/98) o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych.
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. (Dz.U. nr 75/2002) w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

3.2. Normy

3.2.1. Obowiązkowe

(zgodnie z rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 04.03.1999 r. (Dz. U. nr 22/99) w sprawie obowiązku stosowania niektórych Polskich Norm.)

1. Polska Norma PN-82/B-02402
Ogrzewnictwo. Temperatuty ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.
2. Polska Norma PN-82/B-02403
Ogrzewnictwo. Temperatuty obliczeniowe zewnętrzne.
3. Polska Norma PN-87/B-02411
Ogrzewnictwo. Kotłownie wbudowane na paliwo stałe. Wymagania.

3.2.2. Nieobowiązkowe

1. Polska Norma PN-EN-ISO 6946/98
Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczeń.
2. Polska Norma PN-B-02025/2001
Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej.
3. Polska Norma PN-91/B-02020
Ochrona cieplna budynków.
4. Polska Norma PN-B-03406/84
Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³.
5. Polska Norma PN-83/B-03430
Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.

4. Ceny i koszty

4.1. Podatek VAT

Analizy kosztów zostały wykonane w cenach brutto z podatkiem VAT.

4.2. Podstawa wycen

Kalkulacje własne oraz ceny lokalne.

4.3. Poziom cen

III kw. 2010 r.

Rozdział III

Dane klimatyczne

1. Podstawowe dane

Bojszów znajduje się w III strefie klimatycznej wg PN-82/B-02403. Szczegółowe dane klimatyczne wg stacji meteorologicznej Katowice, terenowo właściwej dla Bojszowa, zamieszczone w PN-B-02025/2001:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$T_e(m.)$	-2,8	-1,5	2,1	7,5	12,5	16,2	17,4	16,8	13,1	8,4	3,6	-0,5
$L_d(m.)$	31	28	31	30	5	0	0	0	5	31	30	31

Czas sezonu grzewczego $L_d(a) = 222$ dni

Średnia temperatura roczna $t_{śra} = 7,7^{\circ}\text{C}$

Średnia temperatura sezonu grzewczego $t_{śrs} = 2,9^{\circ}\text{C}$

Temperatura obliczeniowa zewnętrzna $t_{zo} = -20,0^{\circ}\text{C}$

Ilość stopniodni $S_d = 3\,798$

2. Wskaźniki zapotrzebowania energii cieplnej

W celu usprawnienia obliczeń sezonowego zużycia energii cieplnej na potrzeby c.o. wprowadzono wskaźnik sezonowego zapotrzebowania energii cieplnej dla stacji meteorologicznej Katowice:

Obliczeniowa temperatura wewnętrzna $t_{wo} = 8^{\circ}\text{C}$:

$$W_{sp} = \frac{L_d \cdot (t_{wo} - t_{śrs}) \cdot 86.400}{t_{wo} - t_{zo}} = \frac{222 \cdot (8,0 - 2,9) \cdot 86.400}{8 - (-20)} = 3,49 \cdot 10^6 [\text{kJ} / \text{kW}] = 3,49 [\text{GJ} / (\text{kW} \cdot \text{a})]$$

Obliczeniowa temperatura wewnętrzna $t_{wo} = 12^{\circ}\text{C}$:

$$W_{sp} = \frac{L_d \cdot (t_{wo} - t_{śrs}) \cdot 86.400}{t_{wo} - t_{zo}} = \frac{222 \cdot (12,0 - 2,9) \cdot 86.400}{12 - (-20)} = 5,45 \cdot 10^6 [\text{kJ} / \text{kW}] = 5,45 [\text{GJ} / (\text{kW} \cdot \text{a})]$$

Obliczeniowa temperatura wewnętrzna $t_{wo} = 16^{\circ}\text{C}$:

$$W_{sp} = \frac{L_d \cdot (t_{wo} - t_{śrs}) \cdot 86.400}{t_{wo} - t_{zo}} = \frac{222 \cdot (16,0 - 2,9) \cdot 86.400}{16 - (-20)} = 6,98 \cdot 10^6 [\text{kJ} / \text{kW}] = 6,98 [\text{GJ} / (\text{kW} \cdot \text{a})]$$

Obliczeniowa temperatura wewnętrzna $t_{wo} = 20^{\circ}\text{C}$:

$$W_{sp} = \frac{Ld_a * (t_{wo} - t_{urs}) * 86.400}{t_{wo} - t_{zo}} = \frac{222 * (20,0 - 2,9) * 86.400}{20 - (-20)} = 8,20 * 10^6 [kJ / kW] = 8,20 [GJ / (kW * a)]$$

2.2. Wskaźnik zużycia energii cieplnej na niepożądaną infiltrację

Wartość rocznego zapotrzebowania energii cieplnej na podgrzanie niepożądanego strumienia powietrza przepływającego przez nieszczelności w stolarcie, wynosi:

$$Q_{inf} = 1,43 * 10^{-6} * a * l * \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e (m)]^{5/3} * Ld_m \quad [GJ]$$

gdzie:

L_g	ilość miesięcy ogrzewania w sezonie grzewczym
Ld_m	ilość dni grzewczych w miesiącu
a	$[m^3 / (m * h * daPa^{2/3})]$ współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny
l	$[mb]$ długość przyłgni w stolarcie

W celu usprawnienia obliczeń strat energii cieplnej spowodowanej infiltracją poprzez szczeliny w stolarcie wprowadzono indywidualny jednostkowy wskaźnik infiltracji „ $W_{s inf}$ ”:

- długość przyłgni	$l = 1 \text{ mb}$
- współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny	$a = 1 \text{ m}^3 / (m * h * daPa^{2/3})$

Wskaźniki dla stacji meteorologicznej Katowice:

Temperatura obliczeniowa $t_{wo} = +8^\circ C$:

$$Ws_{inf 8} = 1,43 * 10^{-6} * a * l * \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e (m)]^{5/3} Ld_m = 0,0070 \text{ GJ}/(a * m * rok)$$

Temperatura obliczeniowa $t_{wo} = +12^\circ C$:

$$Ws_{inf 12} = 1,43 * 10^{-6} * a * l * \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e (m)]^{5/3} Ld_m = 0,0144 \text{ GJ}/(a * m * rok)$$

Temperatura obliczeniowa $t_{wo} = +16^\circ C$:

$$Ws_{inf 16} = 1,43 * 10^{-6} * a * l * \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e (m)]^{5/3} Ld_m = 0,0246 \text{ GJ}/(a * m * rok)$$

Temperatura obliczeniowa $t_{wo} = +20^\circ C$:

$$Ws_{inf 20} = 1,43 * 10^{-6} * a * l * \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e (m)]^{5/3} Ld_m = 0,0374 \text{ GJ}/(a * m * rok)$$

Są to wskaźniki wieloletnie. Nie uwzględniają one ocieplenia klimatu w ostatnich latach.

Rozdział IV

Stan istniejący - charakterystyka i koszty

1. Charakterystyka ogólna

Zakresem niniejszego opracowania jest termomodernizacja budynku Szkoły Podstawowej w Bojszowie. Jest to obiekt niepodpiwniczony i składa się z kilku brył o różnej wysokości. Cały budynek wykonany został w technologii tradycyjnej murowanej. Stropy drewniane i żelbetowe w części starej oraz Ackermanna w części nowej.

Nr	Obiekt	Pow. zabudowy	Pow. użytkowa	Kubatura		Rok budowy
		m ²	m ²	całkowita m ³	ogrzew. m ³	
1	Szkoła	1 122	1 552	6 415	5 058	1935/ 1995

Stan techniczny budynku jest dobry umożliwiającą dalszą jego eksploatację. Ciężkość większości przegród budowlanych nie spełnia aktualnych wymagań ciężkości z godnie z wymaganiami technicznymi WT 2008.

2. Zasilanie w energię ciepłą

2.1. Źródło ciepła

Źródłem ciepła jest kotłownia wyposażona w kotły wodne pracujące na potrzeby c.o.

Lp.	Producent kotła	Typ kotła	Ilość szt.	Moc łączna Φ kW	Sprawność		Emisor wys. H m	Rok budowy
					chwilowa η _{H,g,max}	roczna η _{H,g}		
1	Viessmann	Paromat -Duplex	1	170,0	0,92	0,90	12	2000
1	Viessmann	Vitola	1	18,0	0,92	0,90	12	2000
Razem			2	188,0		0,90		

Kotły są częściowo zużyte. Osprzęt i orurowanie kotłowni znajdują się w dobrym stanie. Jako paliwo stosowano olej opałowy lekki.

Parametry oleju opałowego lekkiego

$$W_d = 42,6 \text{ MJ/kg}$$

$$s = 0,3 \%$$

$$A_r = 0,0 \%$$

Zużycie oleju opałowego lekkiego wynosiło:

Rok	2008	2009	2010	Średnio
Zakup oleju opałowego lekkiego w Mg	17,4	24,1	24,7	22,1

2.2. Instalacja wewnętrzna c.o.

Instalacja c.o. wykonana jest w stali i wyposażone w stare grzejniki żeliwne oraz nowe grzejniki stalowe panelowe. Grzejniki w 50 % posiadają zawory termostaticzne. Orurowanie jest wyeksploatowane i kwalifikuje się do wymiany.

2.3. Instalacja c.w.u.

C.w.u. przygotowywana jest w podgrzewaczach elektrycznych. Nie przewiduje się zmiany sposobu przygotowania c.w.u.

3. Koszty gospodarki cieplnej

3.1. Koszty eksploatacji źródła ciepła.

Produkcja energii cieplnej w 2010 r.

$$Q = 24,7 \text{ Mg} \cdot 42,6 \text{ GJ/Mg} \cdot 0,90 = 947 \text{ GJ}$$

gdzie: 0,90 średnia sprawność kotłowni.

Zestawienie kosztów eksploatacyjnych

Zakup lub produkcja energii cieplnej (Q)		947 GJ
Lp.	Wyszczególnienie kosztów	zł
I	1 Zakup oleju 24,7 Mg * 4 200 zł/Mg	103 740
	Razem koszty energii cieplnej lub paliwa (K_{en})	103 740
II	1 Konserwacja	1 000
	2 Energia elektryczna	500
	3 Remonty bieżące	0
	4 Inne	200
	5 Ochrona środowiska	0
	Razem koszty obsługi (K_{ob})	1 700
Ogółem koszty eksploatacji ($K_e = K_{en} + K_{ob}$)		105 440
III	Jednostkowy koszt zakupu energii lub paliwa cieplnej (K_{en}/Q)	109,5 zł/GJ
IV	Jednostkowe koszty eksploatacyjne (K_e/Q)	111,3 zł/GJ

3.2. Koszty prognozowane

Przyjęto, że obiekt zasilany będzie z własnej kotłowni.

Prognozowany koszt energii cieplnej $k_j = 100 \text{ zł/GJ}$

2. Skala ocen efektywności

Przyjęto:

SBBT < 5 lat	zamierzenie bardzo opłacalne
SBBT 5 - 10 lat	zamierzenie opłacalne
SBBT 10 - 15 lat	zamierzenie mało opłacalne
SBBT > 15 lat	zamierzenie nieopłacalne

Rozdział VI

Bilans mocy

1. Budynek Szkolny $t_w = 20^\circ\text{C}$

1.1. Opis

Ogólna charakterystyka obiektu

Jest to obiekt niepodpiwniczony i składa się z kilku brył o różnej wysokości. Cały budynek wykonany został w technologii tradycyjnej murowanej. Stropy drewniane i żelbetowe w części starej oraz Ac-kermanna w części nowej.

Podstawowe wymiary obiektu

- powierzchnia zabudowy
- powierzchnia użytkowa
- kubatura całkowita
- kubatura ogrzewana

A	=	1 122 m ²
Au	=	1 552 m ²
V	=	6 415 m ³
V _{ogrz}	=	5 058 m ³

1.2. Optymalizacja ocieplenia przegród budowlanych

1.2.1. Okna i przegrody przezroczyste

1.2.1.1. Stan aktualny

Budynek posiada okna PCV nowe oraz okna drewniane

Razem okna PCV

Lp.	Pozycja	Wymiary			Ilość	Przy- lgnia	Pow.	Pow. ościeży	Suma okien		
		szer.	wys.	ość.					parapet	przylgnia	pow.
		m	m	m	szt.	mb	m ²	m ²	mb	mb	m ²
1	Okno	1,10	1,40	0,26	4	10	1,54	4,1	4,8	40	6,2
2	Okno	1,00	1,40	0,26	4	9,6	1,40	4,0	4,4	38,4	5,6
3	Okno	3,95	1,85	0,26	4	19,5	7,31	8,0	16,2	78	29,2
4	Okno	1,10	1,00	0,26	1	8,4	1,10	0,8	1,2	8,4	1,1
5	Okno	1,20	1,80	0,26	11	12	2,16	13,7	14,3	132	23,8
6	Okno	1,40	1,40	0,26	9	8,4	1,96	9,8	13,5	75,6	17,6
7	Okno	0,80	1,20	0,26	4	8	0,96	3,3	3,6	32	3,8
8	Okno	1,95	1,40	0,26	4	13,4	2,73	4,9	8,2	53,6	10,9
Razem					41			49	66,2	458,0	98,3

Okna są nowe. Współczynnik przenikania ciepła:

$$U_o = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Razem okna drewniane przeznaczone do wymiany

Lp.	Pozycja	Wymiary			Ilość	Przy- lgnia	Pow.	Pow. ościeży	Suma okien		
		szer.	wys.	ość.					parapet	przylgnia	pow.
		m	m	m	szt.	mb	m ²	m ²	mb	mb	m ²
1	Okno	1,37	1,05	0,24	2	5,89	1,44	1,7	2,94	11,78	2,9
2	Okno	0,59	0,61	0,24	2	2,4	0,36	0,9	1,38	4,8	0,7
3	Okno	1,08	1,36	0,24	1	4,88	1,47	0,9	1,18	4,88	1,5
4	Okno	1,20	2,08	0,24	18	13,12	2,50	23,2	23,4	236,16	44,9
5	Okno	1,29	1,98	0,24	9	13,08	2,55	11,3	12,51	117,72	23,0
6	Okno	0,90	0,67	0,24	12	3,14	0,60	6,5	12	37,68	7,2
7	Okno	1,20	1,80	0,24	14	7,8	2,16	16,1	18,2	109,2	30,2
8	Okno	0,89	0,64	0,24	2	38,66	0,57	1,0	1,98	77,32	1,1
9	Okno	0,89	2,12	0,24	2	9,58	1,89	2,5	1,98	19,16	3,8
10	Okno	1,37	1,22	0,24	1	6,4	1,67	0,9	1,47	6,4	1,7
11	Okno	1,21	1,77	0,24	10	11,92	2,14	11,4	13,1	119,2	21,4
12	Okno	1,29	1,98	0,24	8	13,08	2,55	10,1	11,12	104,64	20,4
13	Okno	1,22	0,94	0,24	2	4,32	1,15	1,5	2,64	8,64	2,3
14	Okno	0,65	0,39	0,24	2	2,08	0,25	0,7	1,5	4,16	0,5
Razem					85			89	105,4	862	161,7

Razem okna drewniane przeznaczone do zamurowania

Lp.	Pozycja	Wymiary			Ilość	Przy- lgnia	Pow.	Pow. ościeży	Suma okien		
		szer.	wys.	ość.					parapet	przylgnia	pow.
		m	m	m	szt.	mb	m ²	m ²	mb	mb	m ²
6	Okno	0,90	0,67	0,24	3	3,14	0,60	1,6	3	9,42	1,8
15	Okno	1,80	2,00	0,24	1	15,2	3,60	1,4	1,9	15,2	3,6
Razem					4			3	4,9	25	5,4

Okna drewniane są całkowicie zużyte i powypaczone. Szczeliny w oknach dochodzą do 5 mm, co w istotny sposób zwiększa zużycie energii cieplnej na niekontrolowaną infiltrację.

Współczynnik przenikania ciepła:

$$U_o = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Współczynnik przepływu przez szczeliny określono na:

$$a_o = 4,0 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{daPa}^{2/3})$$

Okna kwalifikują się do wymiany.

1.2.1.2. Stan projektowany

Przewiduje się:

- wymianę okien starych drewnianych na nowe okna PCV z szybami zespolonymi dwukomorowymi ,

projektowany współczynnik przenikania ciepła dla okien:

$$U_o = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$$

w tym szyby

$$U_{o_{\text{szyb}}} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- zamurowanie 4 szt. okien, przegrodą nieprzeźroczystą

projektowany współczynnik przenikania ciepła dla przegrody $U_o = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$

Efektywność wymiany okien drewnianych na nowe PCV	Symbol	Stan aktualny		Stan projektowany	
		Ilość	Jednostka	Ilość	Jednostka
Powierzchnia	A	162	m ²	162	m ²
Przylgnia	L	862	m	862	m
Różnica temperatur	Δt	40	°C	40	°C
Ws. przenikania ciepła	U	2,60	W/m ² K	1,00	W/m ² K
Wsk. zużycia energii na przegrodach	$W_{s_{co}}$	8,20	GJ/(kW*rok)	8,20	GJ/(kW*rok)
Wsp. infiltracji powietrza	a	4,0	m ³ /(m ² *h*daPa ^{2/3})	0,5	m ³ /(m ² *h*daPa ^{2/3})
Wsk. zużycia energii na infiltrację	$W_{s_{inf}}$	0,0374	GJ/(a*m*rok)	0,0374	GJ/(a*m*rok)
Cena energii ciepłej	k	100,0	zł	100,0	zł

	Symbol	Stan aktualny		Stan projektowany		Efekt modernizacji	
		Ilość	Jednostka	Ilość	Jednostka	Ilość	Jednostka
Straty mocy	Φ	16,85	kW	6,48	kW	10,37	kW
Roczne zużycie energii	Q	267,11	GJ	69,26	GJ	197,85	GJ
Roczne koszty energii	K	26,71	tys. zł	6,93	tys. zł	19,79	tys. zł

	Symbol	Ilość	Jednostka
Cena wymiany okien	k	1000,0	zł/m ²
Koszt wymiany okien	K	162,00	tys. zł
Prosty czas zwrotu nakładów inwestycyjnych	SPBT	8,19	

Przewiduje się wymianę okien

Efektywność zamurowania okien drewnianych	Symbol	Stan aktualny		Stan projektowany	
		Ilość	Jednostka	Ilość	Jednostka
Powierzchnia	A	5	m ²	5	m ²
Przylgnia	L	25	m	25	m
Różnica temperatur	Δt	40	°C	40	°C
Ws. przenikania ciepła	U	2,60	W/m ² K	1,30	W/m ² K
Wsk. zużycia energii na przegrodach	$W_{s_{co}}$	8,20	GJ/(kW*rok)	8,20	GJ/(kW*rok)
Wsp. infiltracji powietrza	a	4,0	m ³ /(m ² *h*daPa ^{2/3})	0,5	m ³ /(m ² *h*daPa ^{2/3})
Wsk. zużycia energii na infiltrację	$W_{s_{inf}}$	0,0374	GJ/(a*m*rok)	0,0374	GJ/(a*m*rok)
Cena energii ciepłej	k	100,0	zł	100,0	zł

	Symbol	Stan aktualny		Stan projektowany		Efekt modernizacji	
		Ilość	Jednostka	Ilość	Jednostka	Ilość	Jednostka
Straty mocy	Φ	0,52	kW	0,26	kW	0,26	kW
Roczne zużycie energii	Q	8,00	GJ	2,60	GJ	5,40	GJ
Roczne koszty energii	K	0,80	tys. zł	0,26	tys. zł	0,54	tys. zł

	Symbol	Ilość	Jednostka
Cena zamurowania okien	k	500,0	zł/m ²
Koszt zamurowania okien	K	2,50	tys. zł
Prosty czas zwrotu nakładów inwestycyjnych	SPBT	4,63	

Przewiduje się zamurowanie okien

1.2.2. Drzwi

1.2.2.1. Stan aktualny

Budynek posiada drzwi stare, oraz nowe Alu

Drzwi nowe Alu i stalowe

Lp.	Pozycja	Wymiary			Ilość	Przy- lgnia	Pow.	Pow. ościeży	Suma drzwi		
		szer.	wys.	ość.					próg	przylgnia	pow.
		m	m	m		mb	m ²	m ²	mb	mb	m ²
1	Drzwi Alu	2,50	2,85	0,24	1	13,55	7,13	2,0	2,6	13,55	7,1
2	Drzwi Alu	1,20	2,50	0,24	1	7,4	3,00	1,5	1,3	7,4	3,0
3	Drzwi stal.	1,00	2,00	0,24	3	6	2,00	3,6	3,3	18	6,0
Razem					5			7,1	7,2	39	16,1

Drzwi są nowe. Współczynnik przenikania ciepła:

$$U_o = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Drzwi do wymiany

Lp.	Pozycja	Wymiary			Ilość	Przy- lgnia	Pow.	Pow. ościeży	Suma drzwi		
		szer.	wys.	ość.					próg	przylgnia	pow.
		m	m	m		mb	m ²	m ²	mb	mb	m ²
4	Drzwi	1,96	2,97	0,24	1	9,86	5,82	1,9	2,06	9,86	5,8
5	Drzwi	1,68	2,20	0,24	1	7,76	3,70	1,5	1,78	7,76	3,7
Razem					2			3	3,84	18	9,5

Współczynnik przenikania ciepła:

$$U_o = 3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Współczynnik przepływu przez szczeliny określono na:

$$a_o = 4,0 \text{ m}^3/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{daPa}^{2/3})$$

Drzwi kwalifikują się do wymiany.

1.2.2.2. Stan projektowany

Przewiduje się wymianę drzwi starych na drzwi Alu ocieplane

Projektowany współczynnik przenikania ciepła:

$$U_o = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Wymiana drzwi drewnianych na drzwi alu

	Symbol	Stan aktualny		Stan projektowany	
		Ilość	Jednostka	Ilość	Jednostka
Powierzchnia	A	10	m ²	10	m ²
Przylgnia	L	18	m	18	m
Różnica temperatur	Δt	40	°C	40	°C
Ws. przenikania ciepła	U	3,00	W/m ² K	2,00	W/m ² K
Wsk. zużycia energii na przegrodach	Ws _{co}	8,20	GJ/(kW*rok)	8,20	GJ/(kW*rok)
Wsp. infiltracji powietrza	a	4,0	m ³ /(m ² *h*daPa ^{2/3})	0,5	m ³ /(m ² *h*daPa ^{2/3})
Wsk. zużycia energii na infiltrację	Ws _{inf}	0,0374	GJ/(a*m*rok)	0,0374	GJ/(a*m*rok)
Cena energii cieplnej	k	100,0	zł	100,0	zł

	Symbol	Stan aktualny		Stan projektowany		Efekt modernizacji	
		Ilość	Jednostka	Ilość	Jednostka	Ilość	Jednostka
Straty mocy	Φ	1,20	kW	0,80	kW	0,40	kW
Roczne zużycie energii	Q	12,53	GJ	6,90	GJ	5,64	GJ
Roczne koszty energii	K	1,25	tys. zł	0,69	tys. zł	0,56	tys. zł

	Symbol	Ilość	Jednostka
Cena wymiany drzwi	k	1000,0	zł/m ²
Koszt wymiany drzwi	K	10,00	tys. zł
Prosty czas zwrotu nakładów inwestycyjnych	SPBT	17,74	

Przewiduje się wymianę drzwi

1.2.3. Ściany zewnętrzne**1.2.3.1. Stan aktualny**

Budynek posiada:

- ściany fundamentowe murowane z cegły pełnej 51 cm
- ściany nadziemne murowane z cegły pełnej 51 cm
- ściany nadziemne murowane z cegły pełnej 38 cm

$$A = 330 \text{ m}^2$$

$$A = 204 \text{ m}^2$$

$$A = 1418 \text{ m}^2$$

1.2.3.2. Stan projektowany

Proponuje się:

1. Ocieplić ściany fundamentowe metodą lekką-mokrą z zastosowaniem polistyrenu ekstrudowanego o $\lambda \leq 0,032 \text{ W/mK}$. Jako wykończenie proponuje się wyprawę mozaikową powyżej gruntu i tynk mineralny z wyprawą przeciwwilgociową w gruncie.
2. Ocieplić ściany zewnętrzne metodą lekką-mokrą z zastosowaniem styropianu grafitowego o $\lambda \leq 0,031 \text{ W/mK}$.

Efektywność docieplenia ścian fundamentowych metodą lekką-mokrą z zastosowaniem polistyrenu ekstrudowanego o $\lambda \leq 0,032 \text{ W/mK}$

	Stan aktualny			Stan projektowany		
Powierzchnia przegrody	330 m ²			330 m ²		
Obliczeniowe Δt	40 °C			40 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	R _p	d	λ	R _p
	m	W/mK	m ² K/W	m	W/mK	m ² K/W
Tynk	0,015	0,82	0,018	0,015	0,82	0,018
Mur z cegły	0,51	0,78	0,654	0,51	0,78	0,654
Tynk	0,015	0,82	0,018	0,015	0,82	0,018
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
	R _i	0,12	m ² K/W	R _i	0,12	m ² K/W
	R _e	0,04	m ² K/W	R _e	0,04	m ² K/W
	ΣR_p	0,69	m ² K/W	ΣR_p	0,69	m ² K/W
	R	0,85	m ² K/W	R	0,85	m ² K/W
	U _o	1,176	W/m ² K	U _o	1,176	W/m ² K
	Φ_o	15,5	kW	Φ_o	15,5	kW

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu					
Wskaźnik zużycia energii				3,49	GJ/kW
Koszt energii cieplnej				100,0	zł/GJ
Docieplenie polistyrenem ekstrudowanym				λ	0,032 W/mK
Cena ocieplenia	stała	250	zł/m ²	zmienna	500 zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12
Projektowany R	m ² K/W	2,413	2,725	3,350	3,975	4,600
Projektowany "U _o "	W/m ² K	0,414	0,367	0,298	0,252	0,217
Projektowana strata mocy	kW	5,47	4,84	3,94	3,32	2,87
Efekt mocy	kW	10,05	10,68	11,58	12,20	12,65
Roczny efekt energii	GJ	35,1	37,3	40,4	42,6	44,2
Cena ocieplenia	zł/m ²	275,0	280,0	290,0	300,0	310,0
Koszt ocieplenia	tys. zł	90,75	92,40	95,70	99,00	102,30
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	3,51	3,73	4,04	4,26	4,42
SPBT	lat	25,87	24,79	23,68	23,25	23,17

Zamierzenie nie jest opłacalne

SPBT > 15 lat

Efektywność docieplenia ścian zewnętrznych nadziemna metodą lekką-mokrą z zastosowaniem styropianu grafitowego o $\lambda \leq 0,031 \text{ W/mK}$

	Stan aktualny			Stan projektowany		
Powierzchnia przegrody	204 m ²			204 m ²		
Obliczeniowe Δt	40 °C			40 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	Rp	d	λ	Rp
	m	W/mK	m ² K/W	m	W/mK	m ² K/W
Tynk	0,015	0,82	0,018	0,015	0,82	0,018
Mur z cegły pełnej	0,51	0,78	0,654	0,51	0,78	0,654
Tynk	0,015	0,82	0,018	0,015	0,82	0,018
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
	Ri	0,12	m ² K/W	Ri	0,12	m ² K/W
	Re	0,04	m ² K/W	Re	0,04	m ² K/W
	ΣRp	0,69	m ² K/W	ΣRp	0,69	m ² K/W
	R	0,85	m ² K/W	R	0,85	m ² K/W
	Uo	1,176	W/m ² K	Uo	1,176	W/m ² K
	Φo	9,6	kW	Φo	9,6	kW

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu					
Wskaźnik zużycia energii				8,2	GJ/kW
Koszt energii cieplnej				100,0	zł/GJ
Docieplenie styropianem				λ	0,031 W/mK
Cena ocieplenia	stała	140	zł/m ²	zmienna	300 zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,05	0,08	0,10	0,12	0,15
Projektowany R	m ² K/W	2,463	3,431	4,076	4,721	5,689
Projektowany "U _o "	W/m ² K	0,406	0,291	0,245	0,212	0,176
Projektowana strata mocy	kW	3,31	2,38	2,00	1,73	1,43
Efekt mocy	kW	6,28	7,22	7,59	7,87	8,16
Roczny efekt energii	GJ	51,5	59,2	62,3	64,5	66,9
Cena ocieplenia	zł/m ²	155,0	164,0	170,0	176,0	185,0
Koszt ocieplenia	tys. zł	31,62	33,46	34,68	35,90	37,74
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	5,15	5,92	6,23	6,45	6,69
SPBT	lat	6,14	5,65	5,57	5,57	5,64

Optymalnym ociepleniem jest warstwa 10 cm.
Zamierzenie jest mało opłacalne

SPBT > 10 lat

Efektywność docieplenia ścian zewnętrznych nadziemia metodą lekką-mokrą z zastosowaniem styropianu grafitowego o $\lambda \leq 0,031 \text{ W/mK}$

	Stan aktualny			Stan projektowany		
Powierzchnia przegrody	1 418 m ²			1 418 m ²		
Obliczeniowe Δt	40 °C			40 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	Rp	d	λ	Rp
	m	W/mK	m ² K/W	m	W/mK	m ² K/W
Tynk	0,015	0,82	0,018	0,015	0,82	0,018
Mur z cegły pełnej	0,38	0,78	0,487	0,38	0,78	0,487
Tynk	0,015	0,82	0,018	0,015	0,82	0,018
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
	Ri	0,12	m ² K/W	Ri	0,12	m ² K/W
	Re	0,04	m ² K/W	Re	0,04	m ² K/W
	ΣRp	0,52	m ² K/W	ΣRp	0,52	m ² K/W
	R	0,68	m ² K/W	R	0,68	m ² K/W
	Uo	1,462	W/m ² K	Uo	1,462	W/m ² K
	Φo	83,0	kW	Φo	83,0	kW

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu					
Wskaźnik zużycia energii				8,2	GJ/kW
Koszt energii cieplnej				100,0	zł/GJ
Docieplenie styropianem				λ	0,031 W/mK
Cena ocieplenia	stała	140	zł/m ²	zmienna	300 zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,05	0,08	0,10	0,12	0,15
Projektowany R	m ² K/W	2,297	3,264	3,910	4,555	5,522
Projektowany "U _o "	W/m ² K	0,435	0,306	0,256	0,220	0,181
Projektowana strata mocy	kW	24,70	17,38	14,51	12,45	10,27
Efekt mocy	kW	58,26	65,58	68,44	70,50	72,68
Roczny efekt energii	GJ	477,7	537,7	561,2	578,1	596,0
Cena ocieplenia	zł/m ²	155,0	164,0	170,0	176,0	185,0
Koszt ocieplenia	tys. zł	219,79	232,55	241,06	249,57	262,33
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	47,77	53,77	56,12	57,81	59,60
SPBT	lat	4,60	4,32	4,30	4,32	4,40

Optymalnym ociepleniem jest warstwa 10 cm.
Zamierzenie jest mało opłacalne

SPBT > 10 lat

1.2.4. Dach i strop ostatniej kondygnacji

1.2.4.1. Stan aktualny

Budynek posiada:

a/ dach konstrukcji drewnianej w części starej szkoły z ocieplonym polepą stropem ostatniej kondygnacji. Powierzchnia stropu

$$A = 239 \text{ m}^2$$

b/ stropodach betonowy nad stołówką w części starej szkoły

$$A = 72 \text{ m}^2$$

c/ strop ostatniej kondygnacji typu Ackermanna w części nowej szkoły

$$A = 744 \text{ m}^2$$

1.2.4.2. Stan projektowany

Przewiduje się:

a/ wykonanie podbitki ocieplonej wełną mineralną dachu drewnianego, co pozwoli na ewentualne wykorzystanie poddasza jako pomieszczenia użytkowego.

Powierzchnia w rozwinięciu:

$$A = 366 \text{ m}^2$$

b/ ocieplenie styropapą stropodachu betonowego nad stołówką w części starej szkoły

c/ ocieplenie styropianem stropu ostatniej kondygnacji w części nowej szkoły

Efektywność wykonania ocieplenia podbitki dachu z zastosowaniem wełny mineralnej o $\lambda \leq 0,035$ W/mK w porównaniu do istniejącego stropu ostatniej kondygnacji

	Stan aktualny			Stan projektowany		
Powierzchnia przegrody	239 m ²			366 m ²		
Obliczeniowe Δt	38 °C			40 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	Rp	d	λ	Rp
	m	W/mK	m ² K/W	m	W/mK	m ² K/W
Tynk	0,015	0,82	0,018	-	-	0
Deski	0,03	0,16	0,156	-	-	0
Polepa	0,100	0,50	0,200	-	-	0
Deski	0,03	0,16	0,156	-	-	0
Płyty GK	-	-	0,0	0,03	0,23	0,109
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
	Ri	0,12	m ² K/W	Ri	0,12	m ² K/W
	Re	0,04	m ² K/W	Re	0,04	m ² K/W
	ΣRp	0,53	m ² K/W	ΣRp	0,11	m ² K/W
	R	0,69	m ² K/W	R	0,27	m ² K/W
	Uo	1,448	W/m ² K	Uo	3,722	W/m ² K
	Φo	13,1	kW	Φo	54,5	kW

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu					
Wskaźnik zużycia energii				8,20	GJ/kW
Koszt energii cieplnej				100,0	zł/GJ
Docieplenie wełną mineralną				λ	0,035 W/mK
Cena ocieplenia	stała	150	zł/m ²	zmienna	300 zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,10	0,15	0,20	0,25	0,3
Projektowany R	m ² K/W	3,126	4,554	5,983	7,412	8,840
Projektowany "U _o "	W/m ² K	0,320	0,220	0,167	0,135	0,113
Projektowana strata mocy	kW	4,68	3,21	2,45	1,98	1,66
Efekt mocy	kW	8,46	9,93	10,70	11,17	11,49
Roczny efekt energii	GJ	69,4	81,4	87,7	91,6	94,2
Cena ocieplenia	zł/m ²	180,0	195,0	210,0	225,0	240,0
Koszt ocieplenia	tys. zł	65,88	71,37	76,86	82,35	87,84
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	6,94	8,14	8,77	9,16	9,42
SPBT	lat	9,49	8,76	8,76	8,99	9,32

Optymalnym ociepleniem jest warstwa 15 cm mineralnej
Zamierzenie jest opłacalne

SPBT < 10 lat

Efektywność docieplenia o $\lambda \leq 0,038 \text{ W/mK}$ stropodachu stołówki styropapą

	Stan aktualny			Stan projektowany		
Powierzchnia przegrody	72 m ²			72 m ²		
Obliczeniowe Δt	40 °C			40 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	R _p	d	λ	R _p
	m	W/mK	m ² K/W	m	W/mK	m ² K/W
Tynk	0,015	0,82	0,018	0,015	0,82	0,018
Płyta żelbetowa	0,16	1,00	0,160	0,16	1,00	0,160
Suprema	0,050	0,16	0,313	0,05	0,16	0,313
Papa	0,010	0,18	0,056	0,01	0,18	0,056
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
	R _i	0,12	m ² K/W	R _i	0,12	m ² K/W
	R _e	0,04	m ² K/W	R _e	0,04	m ² K/W
	ΣR_p	0,55	m ² K/W	ΣR_p	0,55	m ² K/W
	R	0,71	m ² K/W	R	0,71	m ² K/W
	U _o	1,416	W/m ² K	U _o	1,416	W/m ² K
	Φ_o	4,1	kW	Φ_o	4,1	kW

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu					
Wskaźnik zużycia energii				8,20	GJ/kW
Koszt energii cieplnej				100,0	zł/GJ
Docieplenie styropianem				λ	0,038 W/mK
Cena ocieplenia	stała	170	zł/m ²	zmienna	300 zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,10	0,15	0,20	0,25	0,3
Projektowany R	m ² K/W	3,338	4,654	5,970	7,285	8,601
Projektowany "U _o "	W/m ² K	0,300	0,215	0,168	0,137	0,116
Projektowana strata mocy	kW	0,86	0,62	0,48	0,40	0,33
Efekt mocy	kW	3,21	3,46	3,59	3,68	3,74
Roczny efekt energii	GJ	26,4	28,4	29,5	30,2	30,7
Cena ocieplenia	zł/m ²	200,0	215,0	230,0	245,0	260,0
Koszt ocieplenia	tys. zł	14,40	15,48	16,56	17,64	18,72
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	2,64	2,84	2,95	3,02	3,07
SPBT	lat	5,46	5,46	5,62	5,84	6,10

Optymalnym ociepleniem jest warstwa 15 cm styropapy
Zamierzenie jest opłacalne

SPBT < 10 lat

Efektywność docieplenia styropianem o $\lambda \leq 0,038 \text{ W/mK}$ stropu ostatniej kondygnacji części nowej

	Stan aktualny			Stan projektowany		
Powierzchnia przegrody	774 m ²			774 m ²		
Obliczeniowe Δt	38 °C			38 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	R _p	d	λ	R _p
	m	W/mK	m ² K/W	m	W/mK	m ² K/W
Tynk	0,015	0,82	0,018	0,015	0,82	0,018
Strop Ackermanna	0,24	1,00	0,240	0,24	1,00	0,240
Suprema	0,050	0,16	0,313	0,050	0,16	0,313
Wylewka cementowa	-	-	0	0,040	1,00	0,040
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
	R _i	0,12	m ² K/W	R _i	0,12	m ² K/W
	R _e	0,04	m ² K/W	R _e	0,04	m ² K/W
	ΣR_p	0,57	m ² K/W	ΣR_p	0,61	m ² K/W
	R	0,73	m ² K/W	R	0,77	m ² K/W
	U _o	1,368	W/m ² K	U _o	1,297	W/m ² K
	Φ_o	40,2	kW	Φ_o	38,2	kW

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu					
Wskaźnik zużycia energii			8,20	GJ/kW	
Koszt energii cieplnej			100,0	zł/GJ	
Docieplenie styropianem			λ	0,038	W/mK
Cena ocieplenia	stała	80	zł/m ²	zmienna	300
					zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,10	0,15	0,20	0,25	0,3
Projektowany R	m ² K/W	3,402	4,718	6,034	7,350	8,666
Projektowany "U _o "	W/m ² K	0,294	0,212	0,166	0,136	0,115
Projektowana strata mocy	kW	8,64	6,23	4,87	4,00	3,39
Efekt mocy	kW	31,60	34,01	35,37	36,24	36,85
Roczny efekt energii	GJ	259,1	278,9	290,1	297,2	302,2
Cena ocieplenia	zł/m ²	110,0	125,0	140,0	155,0	170,0
Koszt ocieplenia	tys. zł	85,14	96,75	108,36	119,97	131,58
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	25,91	27,89	29,01	29,72	30,22
SPBT	lat	3,29	3,47	3,74	4,04	4,35

Przyjęto warstwę 15 cm styropianu
Zamierzenie jest opłacalne

SPBT < 10 lat

1.2.5. Podłogi

1.2.5.1. Stan aktualny

Podłoga I strefa

Powierzchnia przegrody	252 m ²		
Obliczeniowe Δt	40 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	R _p
	m	W/mK	m ² K/W
Wylewka betonowa	0,04	1,00	0,040
Żużłobeton	0,10	0,25	0,400
Piasek	0,15	0,7	0,214
-	-	-	0

ΣR_p	0,65	m ² K/W
R _g	0,5	m ² K/W
R	1,15	m ² K/W

U _o	0,866	W/m ² K
Φ_o	8,7	kW

Podłoga II strefa

Powierzchnia przegrody	833 m ²		
Obliczeniowe Δt	12 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	R _p
	m	W/mK	m ² K/W
Wylewka betonowa	0,04	1,00	0,040
Żużłobeton	0,10	0,25	0,400
Piasek	0,15	0,7	0,214
-	-	-	0

ΣR_p	0,65	m ² K/W
R _g	0,9	m ² K/W
R	1,55	m ² K/W

U _o	0,643	W/m ² K
Φ_o	6,4	kW

1.2.4.2. Stan projektowany

Nie przewiduje się ocieplenie podłóg

1.4. Zestawienie przegród budowlanych

Lp.	Przegrody przeznaczone do ocieplenia	"U"	Ilość	Zamierzenie		Efekt roczny	SPBT
		akt./proj. W/m ² K		zł/m ²	tys. zł	tys. zł	lat
1	Ocieplenie strou ostatniej kondygnacji 15 cm styropianu	1,368 0,212	774	125,0	96,8	27,89	3,5
2	Zamurowanie okien z ociepleniem 10 cm styropianu	2,600 0,260	5	500,0	2,5	0,63	4,0
3	Ocieplenie ścian 38 cm 10 cm styropianu	1,462 0,256	1 418	170,0	241,1	56,12	4,3
4	Ocieplenie stropodachu 15 cm styropapy	1,416 0,215	72	215,0	15,5	2,84	5,5
5	Ocieplenie ścian 51 cm 10 cm styropianu	1,176 0,245	204	170,0	34,7	6,23	5,6
6	Wymiana okien drewnianych na okna PCV	2,600 1,000	162	1000,0	162,0	19,79	8,2
7	Ocieplenie podbitki dachu 15 cm wełny mineralnej	1,448 0,220	366	195,0	71,4	8,14	8,8
8	Wymiana drzwi na nowe	3,000 2,000	10	1000,0	10,0	0,56	17,9
9	Ocieplenie cokołu i ścian fundamentowych 10 cm polistyrenu ekstrudowanego	1,176 0,414	330	275,0	90,8	3,51	25,9
Razem			3 341	216,9	724,6	126	5,8

Lp.	Przegrody nie przeznaczone do ocieplenia	"U"	Ilość
		W/m ² K	m ²
1	Okna PCV nowe	1,600	98
2	Drzwi nowe	2,000	16
3	Podłoga I strefa	0,866	252
4	Podłoga II strefa	0,688	833
Razem			1 199

Ogółem wszystkie przegrody		4 540
-----------------------------------	--	--------------

1.5. Bilans mocy i energii cieplnej

1.5.1. Założenia

1.5.1.1. Temperatury obliczeniowe:

a/ zewnętrzna dla III strefy klimatycznej
b/ wewnętrzna

$t_z = -20^{\circ}\text{C}$
 $t_w = +20^{\circ}\text{C}$

1.5.2. Wentylacja grawitacyjna

Stosowana jest wentylacja grawitacyjna o obliczeniowej średniej krotności wymian powietrza na godzinę $n = 1,0$.

1.5.3. Ciepła woda użytkowa

Przygotowywana elektrycznie

1.5.4. Obliczenia bilansu ciepłego

Kubatura całkowita	V	6 415	m ³
Temperatura obliczeniowa zewnętrzna	t _{oz}	-20	°C
Temperatura obliczeniowa wewnętrzna	t _{ow1}	20	°C
Temperatura obliczeniowa wewnętrzna	t _{ow2}	0	°C
Strumień powietrza wentylacji grawitacyjnej	V _{wg1}	5 080	m ³
Strumień powietrza wentylacji grawitacyjnej	V _{wg2}	0	m ³

Wentylacja grawitacyjna	$\Phi_{wg1} = V_{wg1} * [0,34 * (t_{ow1} - t_{oz}) - 7]$	33,5	kW
	$\Phi_{wg2} = V_{wg2} * [0,34 * (t_{ow2} - t_{oz}) - 7]$	0,0	kW
	$\Phi_{wg} = \Phi_{wg1} + V_{wg2}$	33,5	kW

Straty mocy ciepłej na przegrodach $\Phi_p = \sum \Delta t_i * A_i * k_i$ $\Phi_{p\text{efekt}} = \Phi_{p\text{akt}} - \Phi_{p\text{doc}}$									
Przełoda	t _{ow} -t _{oz} °C	Powierzchnia		Wsp. "U"			Moc "Φ"		
		akt.	doc.	akt.	doc.	WT	akt.	doc.	WT
		m ²	m ²	W/m ² K	W/m ² K	W/m ² K	kW	kW	kW
Okna nowe PCV	40	98	98	1,60	1,60	1,80	6,3	6,3	7,1
Okna do wymiany	40	162	162	2,60	1,00	1,80	16,8	6,5	11,7
Okna do zamurowania	40	5	5	2,60	0,26	0,30	0,5	0,1	0,1
Drzwi do wymiany	40	10	10	3,00	2,00	2,60	1,2	0,8	1,0
Drzwi nowe	40	16	16	2,00	2,00	2,60	1,3	1,3	1,7
Ściany 51 cm	40	204	204	1,18	0,25	0,30	9,6	2,0	2,4
Ściany 38 cm	40	1 418	1418	1,46	0,26	0,30	82,9	14,5	17,0
Podbitka dachu	40	239	366	1,45	0,22	0,25	13,8	3,2	3,7
Stropodach	40	72	72	1,42	0,22	0,25	4,1	0,6	0,7
Strop ostatniej kondygnacji	40	774	774	1,37	0,21	0,25	42,4	6,6	7,7
Podłoga I strefa	40	252	252	0,87	0,87	0,45	8,8	8,8	4,5
Podłoga II strefa	12	833	833	0,64	0,64	0,45	6,4	6,4	4,5
Razem przegrody		4 083	4 210				194,1	57,0	62,1
Centralne ogrzewanie $\Phi_{co} = \Phi_p + \Phi_{wg}$							227,6	90,5	95,6

Zestawienie zapotrzebowania mocy	V	Φ _p	Φ _{wg}	Φ _{wm}	Φ _{cwu}	Φ _{str}	Φ _{co} /V	ΣΦ
	m ³	kW	kW	kW	kW	kW	W/m ³	kW
Stan aktualny	6 415	194,1	33,5	0	0,0	0	35,5	227,6
w tym Φ _{co} = Φ _p + Φ _{wg}		227,6						
Stan wg WT 2008	6 415	62,1	33,5	0	0,0	0	14,9	95,6
w tym Φ _{co} = Φ _p + Φ _{wg}		95,6						
Stan projektowany	6 415	57,0	33,5	0	0,0	0	14,1	90,5
w tym Φ _{co} = Φ _p + Φ _{wg}		90,5						

Rozdział VII

Prognoza zużycia energii cieplnej i ponoszonych kosztów dla stanu istniejącego

1. Założenia

Na podstawie bilansu cieplnego obliczonego w „Rozdziale VI i obowiązujących norm oraz wskaźników wykonano obliczeniową prognozę zużycia energii oraz prognozę kosztów prowadzenia gospodarki cieplnej.

2. Zapotrzebowanie mocy cieplnej

Zestawienie zapotrzebowania mocy	V	Φ_p	Φ_{wg}	Φ_{wm}	Φ_{cwu}	Φ_{str}	Φ_{co}/V	$\Sigma\Phi$
	m ³	kW	kW	kW	kW	kW	W/m ³	kW
Stan aktualny	6 415	194,1	33,5	0	0,0	0	35,5	227,6
w tym $\Phi_{co} = \Phi_p + \Phi_{wg}$		227,6						
Stan wg WT 2008	6 415	62,1	33,5	0	0,0	0	14,9	95,6
w tym $\Phi_{co} = \Phi_p + \Phi_{wg}$		95,6						

3. Koszty eksploatacyjne

3.1. Rodzaje energii cieplnej

3.1.1. Energia użytkowa (netto) „ Q_u ”

Energia użytkowa (netto) „ Q_u ” jest to energia zużywana w obiekcie bez uwzględnienia:

- ograniczania ogrzewania poza godzinami użytkowania
- sprawności regulacji i wykorzystania energii
- sprawności urządzeń technologicznych
- sprawności przygotowania c.w.u.
- sprawności źródła ciepła
- zysków ciepła

3.1.2. Energia końcowa (brutto) „ Q_k ”

Energia użytkowa (brutto) „ Q_k ” jest to energia zużywana w obiekcie z uwzględnieniem:

- ograniczania ogrzewania poza godzinami użytkowania
 - sprawności regulacji i wykorzystania energii
 - sprawności urządzeń technologicznych
 - sprawności przygotowania c.w.u.
 - sprawności źródła ciepła
 - zysków ciepła i zysków energii solarnej
 - strat sieci cieplnych

3.1.3. Energia początkowa „Q_p”

Energia końcowa „Q_k” jest to energia końcowa „Q_k” zużywana w obiekcie z uwzględnieniem współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej „w_i” na wytworzenie nośnika energii lub dostarczenia energii do obiektu.

3.2. Założenia obliczeniowe

3.2.1. Centralne ogrzewanie

Energia użytkowa „Q_u”:

$$Q_{co,u} = Q_{przeg} + Q_{wg} + Q_{inf}$$

gdzie:

$$Q_{przeg} = \Phi_{prz} * W_{sp} \quad (\text{wsp. } W_{sp} \text{ obliczony indywidualnie dla danej strefy klimatycznej})$$

$$Q_{wg} = \Phi_{wg} * W_{sp} \quad (\text{wsp. } W_{sp} \text{ obliczony indywidualnie dla danej strefy klimatycznej})$$

$$Q_{inf} = L * a * W_{s,inf} \quad (\text{wsp. } W_{s,inf} \text{ obliczony indywidualnie dla danej strefy klimatycznej})$$

Energia końcowa „Q_k”:

$$Q_{co,k} = W_{H,d} * W_{H,t} * \frac{Q_{co,u} - Q_{zysk}}{\eta_{H,e} * \eta_{H,d} * \eta_{H,s} * \eta_{H,g}}$$

Energia początkowa „Q_p”:

$$Q_{co,p} = Q_{co,k} * W_{co}$$

3.2.2. Ciepła woda użytkowa

Energia użytkowa „Q_u”:

$$Q_{cwu,u} = G_{cwu} * \Delta t * c_p$$

Energia końcowa „Q_k”:

$$Q_{cwu,k} = \frac{Q_{cwu,u}}{\eta_{W,e} * \eta_{W,d} * \eta_{W,s} * \eta_{W,g}}$$

Energia początkowa „Q_p”:

$$Q_{co,p} = Q_{co,k} * W_{co}$$

3.2.3. Wentylacja mechaniczna i odbiory technologiczne

Energia użytkowa „Q_u”:

$$Q_{i,u} = t * \frac{\Phi_i}{W_{odzysk}}$$

Energia końcowa „Q_k”:

$$Q_{i,k} = \frac{Q_{i,u}}{\eta_{H,i} * \eta_{H,g}}$$

Energia początkowa „Q_p”:

$$Q_{i,p} = Q_{i,k} * w_i$$

3.3. Analiza zużycia i kosztów energii

3.3.1. Zyski energii cieplnej

Powierzchnia użytkowa A_u	1 552	m^2
-----------------------------	--------------	-------

Zyski z przeszkleń Q_{sol}

Elewacja	Powierzchnia okien	Wskaźnik przeszkleń	Wskaźnik przepuszczal. g	Zysk jednostkowy q_{sol}	Wsp. korekcyjne		Zysk roczny Q_{sol}	
					Z_{sol}	k_a	KWh/rok	GJ/rok

Okna stare

SW	34	0,7	0,75	310	1,0	1,0	5 534	19,9
NW	8	0,7	0,75	160	1,0	1,0	672	2,4
NE	73	0,7	0,75	165	1,0	1,0	6 324	22,8
SE	47	0,7	0,75	320	1,0	1,0	7 896	28,4
Dachowe		0,7	0,75	300	1,0	1,0	0	0,0
Razem	162						20 425	73,5

Okna nowe

SW	36	0,7	0,67	310	1,0	1,0	5 234	18,8
NW	27	0,7	0,67	160	1,0	1,0	2 026	7,3
NE	27	0,7	0,67	165	1,0	1,0	2 089	7,5
SE	8	0,7	0,67	320	1,0	1,0	1 201	4,3
Dachowe		0,7	0,67	300	1,0	1,0	0	0,0
Razem	98						10 550	38,0

Ogółem	260						30975,3	111,5
---------------	------------	--	--	--	--	--	----------------	--------------

Średnie zyski wewnętrzne adekwatne dla analizowanego obiektu Q_{int}

Czas sezonu grzewczego	Zysk jednostkowy	Współczyn. wykorzystania	Zysk roczny	
T	q_{int}		Q_{int}	
h	W/m^2		KWh/rok	GJ/rok
5 328	4,0	0,5	16 538	59,5

Zyski łączne - okna i zyski wewnętrzne

Zysk roczny $Q_z = Q_{sol} + Q_{int}$	KWh/rok	GJ/rok
	47 513	171,0

Średni roczny zysk jednostkowy w stosunku do powierzchni użytkowej

Wyszczególnienie	KWh/(A_u *rok)	GJ/(A_u *rok)
Zyski z przeszkleń	6,8	0,024
Zyski wewnętrzne	10,7	0,038
Zyski łączne	30,6	0,110

3.3.2. Roczne zużycie energii w GJ

Zestawienie

Powierzchnia ogrzewana	A_{ogrz}	1 522	m^2
Kubatura ogrzewana	V_{ogrz}	5 058	m^3
Moc cieplna c.o.	Φ_{co}	227,6	kW
Moc cieplna wentylacji mechanicznej.	Φ_{wm}	0,0	kW
Moc cieplna urządzeń technologicznych.	Φ_{tech}	0,0	kW
Moc cieplna c.w.u.	Φ_{cwu}	0,0	kW
Moc cieplna strat	Φ_{str}	0,0	kW
Razem moc cieplna	Φ	227,6	kW
Sprawność źródła ciepła systemu grzewczego	$\eta_{H,g}$	0,90	
Sprawność źródła ciepła systemu c.w.u.	$\eta_{W,g}$	0,90	
Wskaźnik zużycia energii cieplnej c.o.	W_{sp}	8,20	GJ/kW
Energia cieplna c.o. netto (przegrody + wg)	$Q_p + Q_{wg}$	1 866,3	GJ/a
Ograniczenia dobowe c.o.	$W_{H,d}$	0,95	
Ograniczenia tygodniowe c.o.	$W_{H,t}$	0,85	
Sprawność akumulacji ciepła c.o.	$\eta_{H,s}$	1,00	
Sprawność transportu ciepła c.o.	$\eta_{H,d}$	0,98	
Sprawność regulacji i wykorzystania ciepła c.o.	$\eta_{H,e}$	0,92	
Długość przylgni w stolarce starej	L_{star}	925	mb
Strumień infiltracji w stolarce starej	a_{star}	4,00	$m^3/(m^2 \cdot h \cdot daPa^{2/3})$
Długość przylgni w stolarce nowej	L_{now}	497	mb
Strumień infiltracji w stolarce nowej	a_{now}	0,50	$m^3/(m^2 \cdot h \cdot daPa^{2/3})$
Wskaźnik infiltracji	$W_{s \text{ inf}}$	0,0374	GJ/(a * m * rok)
Energia cieplna infiltracji netto	Q_{inf}	147,7	GJ/a
Energia cieplna zysków - obliczenia w tekście	Q_{zysk}	-171,0	GJ
Roczne zużycie c.w.u. - obliczenia w tekście	$G_{a \text{ cwu}}$	0	Mg
Sprawność akumulacji ciepła c.w.u.	$\eta_{W,s}$	0,85	
Sprawność transportu ciepła c.w.u.	$\eta_{W,d}$	0,8	
Sprawność wykorzystania ciepła c.w.u.	$\eta_{W,e}$	1,0	
Czas pracy wentylacji mechanicznej	t_{wm}	0	h
Sprawność wentylacji mechanicznej	η_{wm}	1,00	
Czas pracy urządzeń technologicznych	t_{tech}	0	h
Sprawność systemów technologicznych	η_{tech}	1,00	
Energia cieplna strat - obliczenia w tekście	$Q_{str \text{ netto}}$	0,000	GJ
Uzysk energii solarnej - obliczenia w tekście	Q_{sol}	0,000	GJ
Roczne zużycie energii el. - obliczenia w tekście	Q_{el}	0,000	MWh

Podsumowanie

Wyszczególnienie	Energia użytkowa Q_p		Energia końcowa Q_k		Energia początkowa Q_p		
	GJ	GJ/(m ² *a)	GJ	GJ/(m ² *a)	Wskaźnik	GJ	GJ/(m ² *a)
$\Sigma Q_{co} = Q_p + Q_{wg} + Q_{inf} - Q_{zysk}$	1843,0	1,211	1834,0	1,205	1,1	2017,4	1,326
Q_{cwu}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{wm}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{tech}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{str}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{sol}	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	-
Q_{el}	0,0	-	0,0	-	3,0	0,0	-
Razem	1843,0	1,211	1834,0	1,205		2017,4	1,326

3.3.3. Zużycie paliwa - olej opałowy lekki

wartość opałowa	W_d	= 42,6 MJ/kg
zawartość popiołu	A^r	= 0,0 %
zawartość siarki	s	= 0,3 %
sprawność chwilowa	η_c	= 0,92
roczna sprawność eksploatacyjna	η_a	= 0,90
koszt zakupu	k	= 4 200 zł/Mg

zużycie roczne

$$G_{rok} = \frac{Q_{brutto}}{W_d} = \frac{1834}{42,6} = 43,5 \text{ Mg} = 50,64 \text{ m}^3$$

3.3.4. Koszty eksploatacyjne

Zestawienie kosztów eksploatacyjnych

Zakup lub produkcja energii cieplnej (Q)			1 834	GJ
Lp.	Wyszczególnienie kosztów			zł
I	1	Zakup oleju 43,5 Mg * 4 200 zł/Mg		182 700
	Razem koszty energii cieplnej lub paliwa (K_{en})			182 700
II	1	Konserwacja		1 000
	2	Energia elektryczna		500
	3	Remonty bieżące		0
	4	Inne		200
	5	Ochrona środowiska		0
	Razem koszty obsługi (K_{ob})			1 700
Ogółem koszty eksploatacji ($K_e = K_{en} + K_{ob}$)				184 400
III	Jednostkowy koszt zakupu energii lub paliwa cieplnej (K_{en}/Q)			99,6 zł/GJ
IV	Jednostkowe koszty eksploatacyjne (K_e/Q)			100,5 zł/GJ

Rozdział VIII

Przedsięwzięcia termomodernizacyjne

1. Termorenowacja

1.1. Zakres prac

Proponuje się wykonanie termorenowacji wg zakresu:

Lp.	Przegrody przeznaczone do ocieplenia	"U" akt./proj.	Ilość	Zamierzenie		Efekt roczny	SPBT
		W/m ² K	m ²	zł/m ²	tys. zł	tys. zł	lat
1	Ocieplenie strou ostatniej kondygnacji 15 cm styropianu	1,368 0,212	774	125,0	96,8	27,89	3,5
2	Zamurowanie okien z ociepleniem 10 cm styropianu	2,600 0,260	5	500,0	2,5	0,63	4,0
3	Ocieplenie ścian 38 cm 10 cm styropianu	1,462 0,256	1 418	170,0	241,1	56,12	4,3
4	Ocieplenie stropodachu 15 cm styropapy	1,416 0,215	72	215,0	15,5	2,84	5,5
5	Ocieplenie ścian 51 cm 10 cm styropianu	1,176 0,245	204	170,0	34,7	6,23	5,6
6	Wymiana okien drewnianych na okna PCV	2,600 1,000	162	1000,0	162,0	19,79	8,2
7	Ocieplenie podbitki dachu 15 cm wełny mineralnej	1,448 0,220	366	195,0	71,4	8,14	8,8
8	Wymiana drzwi na nowe	3,000 2,000	10	1000,0	10,0	0,56	17,9
9	Ocieplenie cokołu i ścian fundamentowych 10 cm polistyrenu ekstrudowanego	1,176 0,414	330	275,0	90,8	3,51	25,9
Razem			3 341	216,9	724,6	126	5,8

Koszty inwestycyjne $K_{i1} = 724,6$ tys. zł

1.2. Moc cieplna po ociepleniu przegród budowlanych

Stan wg WT 2008	6 415	62,1	33,5	0	0,0	0	14,9	95,6
w tym $\Phi_{co} = \Phi_p + \Phi_{wg}$	95,6							
Stan projektowany	6 415	57,0	33,5	0	0,0	0	14,1	90,5
w tym $\Phi_{co} = \Phi_p + \Phi_{wg}$	90,5							

1.3. Roczne zużycie energii w GJ po ociepleniu przegród budowlanych

Zestawienie

Powierzchnia ogrzewana	A_{ogrz}	1 522	m^2
Kubatura ogrzewana	V_{ogrz}	5 058	m^3
Moc cieplna c.o.	Φ_{co}	90,5	kW
Moc cieplna wentylacji mechanicznej.	Φ_{wm}	0,0	kW
Moc cieplna urządzeń technologicznych.	Φ_{tech}	0,0	kW
Moc cieplna c.w.u.	Φ_{cwu}	0,0	kW
Moc cieplna strat	Φ_{str}	0,0	kW
Razem moc cieplna	Φ	90,5	kW
Sprawność źródła ciepła systemu grzewczego	$\eta_{H,g}$	0,90	
Sprawność źródła ciepła systemu c.w.u.	$\eta_{W,g}$	0,90	
Wskaźnik zużycia energii cieplnej c.o.	W_{sp}	8,20	GJ/kW
Energia cieplna c.o. netto (przegrody + wg)	$Q_p + Q_{wg}$	742,1	GJ/a
Ograniczenia dobowe c.o.	$W_{H,d}$	0,95	
Ograniczenia tygodniowe c.o.	$W_{H,t}$	0,85	
Sprawność akumulacji ciepła c.o.	$\eta_{H,s}$	1,00	
Sprawność transportu ciepła c.o.	$\eta_{H,d}$	0,98	
Sprawność regulacji i wykorzystania ciepła c.o.	$\eta_{H,e}$	0,92	
Długość przylgni w stolarcie starej	L_{star}	925	mb
Strumień infiltracji w stolarcie starej	a_{star}	4,00	$m^3/(m^2 \cdot h \cdot daPa^{2/3})$
Długość przylgni w stolarcie nowej	L_{now}	497	mb
Strumień infiltracji w stolarcie nowej	a_{now}	0,50	$m^3/(m^2 \cdot h \cdot daPa^{2/3})$
Wskaźnik infiltracji	$W_{s \text{ inf}}$	0,0374	GJ/(a * m * rok)
Energia cieplna infiltracji netto	Q_{inf}	147,7	GJ/a
Energia cieplna zysków - obliczenia w tekście	Q_{zysk}	-171,0	GJ
Roczne zużycie c.w.u. - obliczenia w tekście	$G_{a \text{ cwu}}$	0	Mg
Sprawność akumulacji ciepła c.w.u.	$\eta_{W,s}$	0,85	
Sprawność transportu ciepła c.w.u.	$\eta_{W,d}$	0,8	
Sprawność wykorzystania ciepła c.w.u.	$\eta_{W,e}$	1,0	
Czas pracy wentylacji mechanicznej	t_{wm}	0	h
Sprawność wentylacji mechanicznej	η_{wm}	1,00	
Czas pracy urządzeń technologicznych	t_{tech}	0	h
Sprawność systemów technologicznych	η_{tech}	1,00	
Energia cieplna strat - obliczenia w tekście	$Q_{str \text{ netto}}$	0,000	GJ
Uzysk energii solarnej - obliczenia w tekście	Q_{sol}	0,000	GJ
Roczne zużycie energii el. - obliczenia w tekście	Q_{el}	0,000	MWh

Podsumowanie

Wyszczególnienie	Energia użytkowa Q_p		Energia końcowa Q_k		Energia początkowa Q_p		
	GJ	GJ/(m ² *a)	GJ	GJ/(m ² *a)	Wskaźnik	GJ	GJ/(m ² *a)
$\Sigma Q_{co} = Q_p + Q_{wg} + Q_{inf} - Q_{zysk}$	718,8	0,472	715,3	0,470	1,1	786,8	0,517
Q_{cwu}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{wm}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{tech}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{str}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{sol}	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	-
Q_{el}	0,0	-	0,0	-	3,0	0,0	-
Razem	718,8	0,472	715,3	0,470		786,8	0,517

2. Modernizacja instalacji c.o.

2.1. Rozwiązania techniczne

Szkoła posiada instalację c.o. wykonaną w stali i wyposażona jest w grzejniki stalowe panelowe z zaworami termostatycznymi oraz grzejniki członowe żeliwne bez zaworów termostatycznych. Orurowanie jest wyeksploatowane.

Przewidywana ilość grzejników do wymiany szt. 40 (punkty)

Ilość grzejników nowych szt.86 (punkty)

2.2. Koszty inwestycyjne

$$K_{i2} = 40 \text{ pkt.} * 2\,500 \text{ zł/pkt} + 86 * 1\,000 \text{ zł/punk} = \mathbf{186,0 \text{ tys. zł}}$$

2.3. Efektywność wykonania instalacji c.o.

Wykonanie instalacji c.o. pozwoli na uzyskanie pełnego komfortu cieplnego w budynku oraz zmniejszy zużycie energii o około 5,0 punktów procentowych z uwagi na lepszą regulację i wykorzystanie.

Analiza kosztów energii cieplnej

	Zamierzenie	Koszty Inwesty- cyjne tys. zł	Energia					SPBT lat
			roczne zużycie	efekt sprawn.	cena jednost.	roczny koszt	roczny efekt	
			GJ	%	zł/GJ	tys. zł	tys. zł	
1.	Stan aktualny Stara instalacja c.o.	0	715,0	0,0	99,6	71 214	-	-
2.	Stan projektowany Nowa instalacja c.o.	186,0	679,3	5,0	99,6	67 653	3 561	52,2

Modernizacja instalacji c.o. nie jest opłacalna.

3. Modernizacja źródła ciepła

3.1. Rozwiązania techniczne

Przewiduje się demontaż istniejących kotłów i zabudowę nowego kondensacyjnego. Moc kotła:

c.o.	90,5 kW
wentylacja mechaniczna kuchni (rezerwa)	15,0 kW
razem	105,5 kW

Proponuje się kocioł o mocy 120,0 kW.

Kocioł posiadać będzie parametry sprawnościowe lepsze od istniejących kotłów tj.:

$$\text{sprawność maksymalna} \quad \eta_{H,g \text{ max}} = 1,00$$

roczna sprawność eksploatacyjna

$$\eta_{H,g} = 0,95$$

3.2. Koszty inwestycyjne

Koszt nowej kotłowni

$$K_{i2} = 120 \text{ kW} * 1\,000 \text{ zł/kW} = \mathbf{120,0 \text{ tys. zł}}$$

3.3. Efektywność zamierzenia

Zabudowa kotła kondensacyjnego zmniejszy zużycie energii o około 5,0 punktów procentowych z uwagi na lepszą sprawność eksploatacyjną.

Analiza kosztów eksploatacyjnych

	Zamierzenie	Koszty Inwesty- cyjne	Energia					SPBT
			roczne zużycie	efekt sprawn.	cena jednost.	roczny koszt	roczny efekt	
		tys. zł	GJ	%	zł/GJ	tys. zł	tys. zł	
1.	Stan aktualny Kotły olejowe klasyczne	0	715,0	0,0	99,6	71 214	-	-
2.	Stan projektowany Kocioł olejowy kondensacyjny	120,0	679,3	5,0	99,6	67 653	3 561	33,7

Modernizacja kotłowni z zabudową kotła olejowego kondensacyjnego jest nieopłacalna.

4. Modernizacja kompleksowa

4.1. Założenia

Modernizacja kompleksowa obejmuje:

- termorenowację
- modernizację instalacji c.o.
- modernizację źródła ciepła
- prace budowlane związane z ociepleniem

4.2. Koszty inwestycyjne

Poz.	Wyszczególnienie	Jedn.	Ilość	Cena	Koszt
			jedn.	zł/jedn.	tys. zł
Ki ₁	Termorenowacja	m ²	3 341	-	724,6
Ki ₂	Wykonanie instalacji c.o.				186,0
Ki ₃	Modernizacja źródła ciepła	kW	120	1 000	120,0
Ki ₄	Prace budowlane związane z ociepleniem				100,0
Ki ₅	Inne				0,0
	Razem				1130,6
	Dokumentacja techniczna			5%	56,5
	Ogółem Ki				1187,1

4.3. Koszty eksploatacyjne

4.3.1. Zyski energii cieplnej

Powierzchnia użytkowa A_u	1 552	m^2
-----------------------------	--------------	-------

Zyski z przeszklenia Q_{sol}

Elewacja	Powierzchnia okien m^2	Wskaźnik przeszklenia -	Wskaźnik przepuszczal. g	Zysk jednostkowy q_{sol} kWh/($m^2 \cdot rok$)	Wsp. korekcyjne		Zysk roczny Q_{sol}	
					Z_{sol}	k_a	KWh/rok	GJ/rok

Okna stare

SW		0,7	0,75	310	1,0	1,0	0	0,0
NW		0,7	0,75	160	1,0	1,0	0	0,0
NE		0,7	0,75	165	1,0	1,0	0	0,0
SE		0,7	0,75	320	1,0	1,0	0	0,0
Dachowe		0,7	0,75	300	1,0	1,0	0	0,0
Razem	0						0	0,0

Okna nowe

SW	70	0,7	0,67	310	1,0	1,0	10 177	36,6
NW	35	0,7	0,67	160	1,0	1,0	2 626	9,5
NE	100	0,7	0,67	165	1,0	1,0	7 739	27,9
SE	55	0,7	0,67	320	1,0	1,0	8 254	29,7
Dachowe		0,7	0,67	300	1,0	1,0	0	0,0
Razem	260						28 797	103,7

Ogółem	260						28796,6	103,7
---------------	------------	--	--	--	--	--	----------------	--------------

Średnie zyski wewnętrzne adekwatne dla analizowanego obiektu Q_{int}

Czas sezonu grzewczego	Zysk jednostkowy	Współczyn. wykorzystania	Zysk roczny	
T	q_{int}		Q_{int}	
h	W/m^2		KWh/rok	GJ/rok
5 328	4,0	0,5	16 538	59,5

Zyski łączne - okna i zyski wewnętrzne

Zysk roczny $Q_z = Q_{sol} + Q_{int}$	KWh/rok	GJ/rok
	45 335	163,2

Średni roczny zysk jednostkowy w stosunku do powierzchni użytkowej

Wyszczególnienie	kWh/($A_u \cdot rok$)	GJ/($A_u \cdot rok$)
Zyski z przeszklenia	18,6	0,067
Zyski wewnętrzne	10,7	0,038
Zyski łączne	29,2	0,105

4.3.2. Roczne zużycie energii w GJ

Zestawienie

Powierzchnia ogrzewana	A_{ogrz}	1 522	m^2
Kubatura ogrzewana	V_{ogrz}	5 058	m^3
Moc cieplna c.o.	Φ_{co}	90,5	kW
Moc cieplna wentylacji mechanicznej.	Φ_{wm}	0,0	kW
Moc cieplna urządzeń technologicznych.	Φ_{tech}	0,0	kW
Moc cieplna c.w.u.	Φ_{cwu}	0,0	kW
Moc cieplna strat	Φ_{str}	0,0	kW
Razem moc cieplna	Φ	90,5	kW
Sprawność źródła ciepła systemu grzewczego	$\eta_{H,g}$	0,95	
Sprawność źródła ciepła systemu c.w.u.	$\eta_{W,g}$	0,95	
Wskaźnik zużycia energii cieplnej c.o.	W_{sp}	8,20	GJ/kW
Energia cieplna c.o. netto (przegrody + wg)	$Q_p + Q_{wg}$	742,1	GJ/a
Ograniczenia dobowe c.o.	$W_{H,d}$	0,95	
Ograniczenia tygodniowe c.o.	$W_{H,t}$	0,85	
Sprawność akumulacji ciepła c.o.	$\eta_{H,s}$	1,00	
Sprawność transportu ciepła c.o.	$\eta_{H,d}$	0,98	
Sprawność regulacji i wykorzystania ciepła c.o.	$\eta_{H,e}$	0,98	
Długość przylgni w stolarcie starej	L_{star}	0	mb
Strumień infiltracji w stolarcie starej	a_{star}	4,00	$m^3/(m^2 \cdot h \cdot daPa^{2/3})$
Długość przylgni w stolarcie nowej	L_{now}	1397	mb
Strumień infiltracji w stolarcie nowej	a_{now}	0,50	$m^3/(m^2 \cdot h \cdot daPa^{2/3})$
Wskaźnik infiltracji	$W_{s \text{ inf}}$	0,0374	GJ/(a * m * rok)
Energia cieplna infiltracji netto	Q_{inf}	26,1	GJ/a
Energia cieplna zysków - obliczenia w tekście	Q_{zysk}	-163,2	GJ
Roczne zużycie c.w.u. - obliczenia w tekście	$G_{a \text{ cwu}}$	0	Mg
Sprawność akumulacji ciepła c.w.u.	$\eta_{W,s}$	0,85	
Sprawność transportu ciepła c.w.u.	$\eta_{W,d}$	0,8	
Sprawność wykorzystania ciepła c.w.u.	$\eta_{W,e}$	1,0	
Czas pracy wentylacji mechanicznej	t_{wm}	0	h
Sprawność wentylacji mechanicznej	η_{wm}	1,00	
Czas pracy urządzeń technologicznych	t_{tech}	0	h
Sprawność systemów technologicznych	η_{tech}	1,00	
Energia cieplna strat - obliczenia w tekście	$Q_{str \text{ netto}}$	0,000	GJ
Uzysk energii solarnej - obliczenia w tekście	Q_{sol}	0,000	GJ
Roczne zużycie energii el. - obliczenia w tekście	Q_{el}	0,000	MWh

Podsumowanie

Wyszczególnienie	Energia użytkowa Q_p		Energia końcowa Q_k		Energia początkowa Q_p		
	GJ	GJ/(m ² *a)	GJ	GJ/(m ² *a)	Wskaźnik	GJ	GJ/(m ² *a)
$\Sigma Q_{co} = Q_p + Q_{wg} + Q_{inf} - Q_{zysk}$	605,0	0,398	535,5	0,352	1,1	589,0	0,387
Q_{cwu}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{wm}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{tech}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{str}	0,0	-	0,0	-	1,1	0,0	-
Q_{sol}	0,0	-	0,0	-	0,0	0,0	-
Q_{el}	0,0	-	0,0	-	3,0	0,0	-
Razem	605,0	0,398	535,5	0,352		589,0	0,387

4.3.3. Zużycie paliwa - olej opałowy lekki

wartość opałowa	W_d	= 42,6 MJ/kg
zawartość popiołu	A^r	= 0,0 %
zawartość siarki	s	= 0,3 %
sprawność chwilowa	η_c	= 1,00
roczna sprawność eksploatacyjna	η_a	= 0,95
koszt zakupu	k	= 4 200 zł/Mg

zużycie roczne

$$G_{rok} = \frac{Q_{brutto}}{W_d} = \frac{536}{42,6} = 12,6 \text{ Mg} = 14,8 \text{ m}^3$$

3.3.4. Koszty eksploatacyjne

Zestawienie kosztów eksploatacyjnych

Zakup lub produkcja energii cieplnej (Q)		536 GJ
Lp.	Wyszczególnienie kosztów	zł
I	1 Zakup oleju 12,6 Mg * 4 200 zł/Mg	52 920
	Razem koszty energii cieplnej lub paliwa (K_{en})	52 920
II	1 Konserwacja	1 000
	2 Energia elektryczna	500
	3 Remonty bieżące	0
	4 Inne	200
	5 Ochrona środowiska	0
	Razem koszty obsługi (K_{ob})	1 700
	Ogółem koszty eksploatacji ($K_e = K_{en} + K_{ob}$)	54 620
III	Jednostkowy koszt zakupu energii lub paliwa cieplnej (K_{en}/Q)	98,7 zł/GJ
IV	Jednostkowe koszty eksploatacyjne (K_e/Q)	101,9 zł/GJ

Rozdział IX

Podsumowanie

Porównanie kosztów modernizacji kompleksowej w stosunku do stanu aktualnego

Wariant	Zamierzenie	Koszty	Koszty roczne		Roczne zużycie energii Q	Cena energii q	Prosty czas zwrotu SPBT
		Inwestycyjne K_i	Eksplatacyjne K_{eT}	Efekt kosztów $K_{e0} - K_{eT}$			
		zł	zł	zł	GJ	zł/GJ	lat
"0"	Stan aktualny (prognozowany) wg Rozdziału VII	0	184 400		1 834	100,5	
"1"	Modernizacja kompleksowa wg Rozdziału VIII	1 187 100	54 620	129 780	536	101,9	9,1

Modernizacja kompleksowa obejmująca:

- termorenowację
- modernizację instalacji c.o.
- modernizację źródła ciepła

jest zamierzeniem opłacalnym przy finansowaniu własnym.

Rozdział X

Redukcja zanieczyszczeń do atmosfery

Zużycie roczne energii i paliwa - olej opałowy lekki

	m ³	GJ	MWh
Aktualne	50,6	1 834	509
Projekt	14,8	536	149
Efekt	35,8	1 298	361

Zawartość siarki	$S_c =$	0,30	kg/mln m ³
Zawartość popiołu	$A_r =$	0,00	kg/mln m ³

Roczna emisja zanieczyszczeń

Zanieczyszczenie przed termomodernizacją	Wzór obliczeniowy	Wskaźnik kg/m ³	Emisja Mg
Pył	1,8	1,8	0,0911
SO ₂	19 * S_c	5,7	0,2884
NO ₂	5,0	5,0	0,25
CO	1	0,6	0,03
CO ₂	1 650	1 650	83,49

Zanieczyszczenie po termomodernizacji	Wzór obliczeniowy	Wskaźnik kg/m ³	Emisja Mg
Pył	1,8	1,8	0,0266
SO ₂	19 * S_c	5,7	0,0844
NO ₂	5,0	5,0	0,07
CO	1	0,6	0,01
CO ₂	1 650	1 650	24,42

Efekt ekologiczny roczny

Jednostki	Rodzaj emisji	Jednostka miary	Wielkość aktualna	Wielkość projektowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna
	-	-	a	b	c = a - b	d = c/a * 100%
Naturalne	Pył	Mg	0,091	0,027	0,064	70,8%
	SO ₂	Mg	0,288	0,084	0,204	70,8%
	NO ₂	Mg	0,253	0,074	0,179	70,8%
	CO	Mg	0,030	0,009	0,021	70,8%
	CO ₂	Mg	83,49	24,42	59,1	70,8%
Równoważne SO ₂	Pył	Mg SO ₂	0,264	0,077	0,187	70,8%
	SO ₂	Mg SO ₂	0,288	0,084	0,204	70,8%
	NO ₂	Mg SO ₂	0,734	0,215	0,519	70,8%
	CO	Mg SO ₂	0,015	0,004	0,011	70,8%
	Razem	Mg SO₂	1,301	0,381	0,921	70,8%

Wskaźnik emisji równoważnej SO₂

kg/GJ/rok	0,710	0,710	-0,001
-----------	--------------	--------------	---------------