

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

termorenowacji budynku

Komisariatu II Policji w Katowicach, ul. Hłakowiczówny 2

Inwestor:

**Komenda Wojewódzka Policji w Katowicach
40 038 Katowice
ul. Lompy 19**

opracował:

Chorzów, 2006.

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		2006	
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	Optymalizacja termorenowacji i bilans mocy		15
VII	Prognoza zużycia energii i ponoszonych kosztów dla stanu istniejącego		29
VIII	Przedsięwzięcia termomodernizacyjne		33
IX	Analiza finansowa wykonalności		37
X	Wnioski		38
	Suplement - ochrona środowiska		39

Karta Audytu energetycznego obiektu

A Dane ogólne		
1	Wnioskodawca	Komenda Wojewódzka Policji w Katowicach
2	Nazwa zadania	Termomodernizacja budynku Komisarjatu II Policji w Katowicach
3	Adres budynku	Katowice, ul. Hłakowiczówny 2
4	Przeznaczenie budynku	biurowy
5	Konstrukcja/technologie budynku	murowana
6	Liczba kondygnacji	4 + piwnice
7	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	4636
8	Pow. części ogrzewanej [m ²]	1224

B System grzewczy		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Źródło ciepła		
	a rodzaj źródła ciepła	Węzeł cieplny PEC	Węzeł cieplny PEC
	b producent	-	-
	c typ	-	-
	d ilość sztuk	-	-
	e moc [kW]	-	-
	f rok produkcji	-	-
	g wysokość kolumny [m]	-	-
2	Sieć i instalacja c.o.		
	a typ sieci ciepłej	-	-
	b typ instalacji c.o.	wodna 90/70°C	wodna 90/70°C
	c typ grzejników	żeliwne	żeliwne
	d zawory termostatyczne	brak	brak
	e stan przewodów sieci ciepłej	-	-
	f stan przewodów instalacji c.o.	zadowolający	zadowolający
3	Zapotrzebowanie mocy [kW]	141,4	67,7
4	Zapotrzebowanie energii netto [GJ/a]	1168	556
5	Sprawność wytwarzania	1,00	1,00
6	Sprawność przesyłu	1,00	1,00
7	Sprawność regulacji	0,90	0,90
8	Sprawność wykorzystania	0,95	0,95
9	Wsp. ograniczania ogrzewania w ciągu doby	0,95	0,95
10	Wsp. ograniczania ogrzewania w ciągu tygodnia	1,00	1,00
11	Zapotrzebowanie energii brutto [GJ/a]	1299	618

C Przegrody budowlane oddzielające część ogrzewaną od powietrza zewnętrznego i części nieogrzewanej	Stan przed termomodernizacją		Stan po termomodernizacji		
	Powierzchnia przegrody [m ²]	Wsp. „U” [W/m ² K]	Grubość izolacji [cm]	Wsp. „λ” izolacji [W/mK]	Wsp. „U” [W/m ² K]
1a Ściany nadziemia do ocieplenia styropianem	450	1,46	12	0,045	0,30
1b Ściany nadziemia do ocieplenia styropianem	614	1,176	12	0,045	0,28
2a Ściany piwnic do ocieplenia styropianem	196	1,11	4	0,045	0,53
2b Ściany piwnic w gruncie do ocieplenia styropianem	96	1,11	4	0,045	0,53
3 Stropodach	-	-	-	-	-
4 Stropodach wentylowany do ocieplenia styropapą z zamknięciem przestrzeni międzystropowej	531	1,37	15	0,045	0,24
5 Strop ostatniej kondygnacji	-	-	-	-	-
6 Strop piwnicy	382	1,22	-	-	1,22
7 Podłoga w gruncie I strefa	31	0,87	-	-	0,87
8 Podłoga w gruncie II strefa	489	0,69	-	-	0,69
9a Okna PCV	169	1,30	-	-	1,30
9b Okna drewniane	9	3,12	-	-	1,30
10 Drzwi	5	3,00	-	-	1,50
11 Inne	-	0,40	-	-	0,40
12 Kryterium wyboru grubości izolacji			SPBT		

D Wentylacja grawitacyjna	Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
---------------------------	------------------------------	---------------------------

1	Liczba wymian powietrza	[1/h]	1	1
2	Strumień powietrza	[m ³ /h]	4636	4636

E	Ciepła woda użytkowa		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Sposób przygotowania c.w.u.		elektrycznie	elektrycznie
2	Liczba osób korzystających z c.w.u.		-	-
3	Dobowe zapotrzebowanie c.w.u.	[m ³ /d]	-	-
4	Roczne zapotrzebowanie c.w.u.	[m ³ /a]	-	-
5	Zapotrzebowanie mocy	[kW]	-	-
6	Zapotrzebowanie energii netto	[GJ/a]	-	-
7	Sprawność wytwarzania		-	-
8	Sprawność instalacji (przesył, regulacja, cyrk.)		-	-
9	Zapotrzebowanie energii brutto	[GJ/a]	-	-

F	Wentylacja mechaniczna		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		-	-
2	Sposób wytwarzania i dostarczania ciepła		-	-
3	Liczba wymian powietrza	[1/h]	-	-
4	Strumień powietrza	[m ³ /h]	-	-
5	Stopień odzysku ciepła		-	-
6	Zapotrzebowanie mocy	[kW]	-	-
7	Zapotrzebowanie energii netto	[GJ/a]	-	-
8	Sprawność wytwarzania		-	-
9	Sprawność instalacji (przesył, regulacja, wykorzyst.)		-	-
10	Zapotrzebowanie energii brutto	[GJ/a]	-	-

G	Instalacja ciepła technologicznego		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Charakterystyka odbiorników ciepła		-	-
2	Sposób wytwarzania i dostarczania ciepła		-	-
3	Zapotrzebowanie mocy	[kW]	-	-
4	Zapotrzebowanie energii netto	[GJ/a]	-	-
5	Sprawność wytwarzania		-	-
6	Sprawność instalacji (przesył, regulacja, wykorzyst.)		-	-
7	Zapotrzebowanie energii brutto	[GJ/a]	-	-

H	Instalacja solarna		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Powierzchnia kolektorów słonecznych	[m ²]	-	-
2	Produkcja energii rozliczeniowej i brutto	[GJ/a]	-	-

I	Zestawienie zbiorcze	Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Zapotrzebowanie mocy [kW]	141,5	67,7
2	Zapotrzebowanie energii netto [GJ/a]	1167	556
3	Zapotrzebowanie energii brutto [GJ/a]	1299	618
4	Rodzaj paliwa	-	-
5	Wartość opałowa paliwa	-	-
6	Ilość paliwa	-	-
7	Zawartość siarki w paliwie [%]	-	-
8	Zawartość popiołu w paliwie [%]	-	-
9	Moc zamówiona [kW]	0,301	
10	Średnie zużycie energii w latach 2003-2005 [GJ]	1155	
11	Cena jednostkowa energii [zł/GJ]	36,3	36,3
12	Roczny koszt całkowity energii zł	47 151	22 453
13	Stawka opłaty stałej za ogrzewanie [zł/MW m-c]	5632	5632
14	Roczny koszt opłaty stałej [zł/a]	22187	10555
15	Roczny koszt obsługi [zł/a]	0	0
16	Roczny koszt całkowity eksploatacji [zł/a]	47 151	22 453
17	Roczna oszczędność kosztów eksploatacji [zł]		24 698
18	Całkowite nakłady inwestycyjne [zł]		416 500
19	Prosty czas zwrotu (SPBT) lata		16,9
20	Wartość bieżąca NPV przy założeniach: - finansowanie wyłącznie ze środków własnych - stopa dyskonta $r = 6\%$ - okres analizy $t = 15$ lat		-176 600
21	Wartość bieżąca NPV przy założeniach: - finansowanie ze środków własnych oraz dofinansowania zewnętrznego w tym: środki własne 208 250,- zł dotacja 208 250,- zł pożyczka 0,- zł - stopa dyskonta $r = 6\%$ - okres analizy $t = 15$ lat		44 000

Oświadczam, że dane przedstawione w karcie audytu są zgodne z danymi zawartymi w audycie energetycznym.

podpis osoby sporządzającej kartę audytu

pieczęć i podpis kierownika jednostki

Rozdział I

Wykaz jednostek miar i oznaczeń

1. Jednostki miar:

długość	m	
powierzchnia	m ²	
kubatura, objętość	m ³	
sekunda	s	
godzina	h	
doba	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 _v	
kubatura obiektu ogrzewana	V	
ciepła woda użytkowa + 55°C	c.w.u.	
centralne ogrzewanie	c.o.	
wentylacja grawitacyjna	w _g	
wentylacja mechaniczna	w _m	

krotność wentylacji:

wentylacja grawitacyjna	n _g	[1/h]
wentylacja mechaniczna	n _m	[1/h]

temperatury:

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

parametry paliwa:

wartość opałowa	W_d	[MJ/kg lub MJ/m ³]
zawartość popiołu	A^r	[%]
zawartość siarki	s	[%]
zawartość węgla „C”	c	[%]
sprawność chwilowa	η_c	[%]
roczna sprawność eksploatacyjna	η_a	[%]

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]

energia:

całkowita	Q	[GJ]
straty energii cieplnej 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]

moc:

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

Rozdział II

Ustalenia ogólne

1. Cel pracy

Celem pracy jest zaproponowanie rozwiązań technicznych w zakresie termomodernizacji budynku Komisariatu II Policji w Katowicach.

2. Materiały źródłowe

Podstawą opracowania audytu jest:

- Dane techniczne i eksploatacyjne udostępnione przez Inwestora
- Inwentaryzacja własna

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. Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.
2. Polska Norma PN-82/B-02403
Ogrzewnictwo. Temperatury 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 rynkowe na terenie województwa śląskiego

4.3. Poziom cen

I kw. 2006 r.

Rozdział III

Dane klimatyczne

1. Podstawowe dane

Miasto Katowice znajdują się w III strefie klimatycznej wg PN-82/B-02403.

Szczegółowe dane klimatyczne wg stacji meteorologicznej Katowice, terenowo właściwej dla miasta Katowice, 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	$t_{sra} = 7,7^{\circ}C$
Średnia temperatura sezonu grzewczego	$t_{srs} = 2,9^{\circ}C$
Temperatura obliczeniowa zewnętrzna	$t_{zo} = -20,0^{\circ}C$
Ilość stopniodni	$S_d = 3\ 798$

2. Wskaźniki zapotrzebowania energii cieplnej

2.1 Wskaźnik sezonowego 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:

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

Jest to wskaźnik wieloletni. Nie uwzględnia on ocieplenia klimatu w ostatnich latach.

2.2. Wskaźnik zużycia energii cieplnej na infiltrację

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

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

gdzie:

L_g	ilość miesięcy ogrzewania w sezonie grzewczym
L_{d_m}	ilość dni grzewczych w miesiącu

a [m³/(m³ h² daPa^{2/3})] współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny
 l [mb] długość przylgni w stolarcie

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

- długość przylgni l = 1 mb
 - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny a = 1 m³/(m³ h² daPa^{2/3})
 - temperatura obliczeniowa wewnętrzna t_{wo} = 20,0°C

Wskaźnik dla stacji meteorologicznej Katowice

$$W_{s_{inf}} = 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot l \cdot \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e (m)]^{5/3} L_{d_m}$$

$$\begin{aligned} W_{s_{inf}} &= 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot \{ [20,0 - (-2,8)]^{5/3} \cdot 31 + [20,0 - (-1,5)]^{5/3} \cdot 28 + [20,0 - 2,1]^{5/3} \cdot 31 \\ &\quad + [20,0 - 7,5]^{5/3} \cdot 30 + [20,0 - 12,5]^{5/3} \cdot 5 + [20,0 - 13,1]^{5/3} \cdot 5 + [20,0 - 8,4]^{5/3} \cdot 31 \\ &\quad + [20,0 - 3,6]^{5/3} \cdot 30 + [20,0 - (-0,5)]^{5/3} \cdot 31 \} \\ &= 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot (5689 + 4659 + 3801 + 2021 + 144 + 125 + 1844 + 3179 + 4765) \\ &= 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot 26\,227 = \mathbf{0,0375 \text{ GJ/(a} \cdot \text{m} \cdot \text{rok)}} \end{aligned}$$

$$Q_{inf} = l \cdot a \cdot W_{s_{inf}} = l \cdot a \cdot 0,0375 \quad [\text{GJ}]$$

2.3. Wskaźnik zapotrzebowania mocy cieplnej na infiltrację

Mając dane:

- wskaźnik sezonowego zapotrzebowania energii cieplnej dla stacji meteorologicznej Katowice

$$W_{s_{co}} = 8,20 \text{ GJ/(kW} \cdot \text{rok)}$$

- wskaźnik infiltracji szczelin dla stacji meteorologicznej Katowice.

$$W_{s_{inf}} = 0,0375 \text{ GJ/(a} \cdot \text{m} \cdot \text{rok)}$$

ustalono wskaźnik zwiększonego zapotrzebowania mocy cieplnej na pokrycie strat ciepła z niepożądaną infiltracją:

$$\varphi_{inf} = W_{s_{inf}} / W_{s_{co}} = 0,0375 / 8,20 = \mathbf{4,6 \text{ W/(a} \cdot \text{m} \cdot \text{rok)}}$$

$$\Phi_{inf} = l \cdot a \cdot \varphi_{inf} = l \cdot a \cdot 4,6 \quad [\text{kW}]$$

Rozdział IV

Stan istniejący - charakterystyka i koszty

1. Charakterystyka ogólna

Zakresem niniejszego opracowania jest budynek Komisariatu II Policji w Katowicach. Jest to budynek konstrukcji murowanej. Stan techniczny budynku jest dobry, umożliwiającą dalszą jego eksploatację. Podstawowe dane budynku:

Nr	Obiekt	Pow. zabudowy	Pow. użytkowa	Kubatura		Rok budowy
		m ²	m ²	całkowita m ³	ogrzew. m ³	
1	Budynek biurowy	520	1224	7335	4636	1968

2. Zasilanie w energię ciepłą

2.1. Źródło ciepła

Źródłem ciepła jest wymiennikownia osiedlowa c.o. eksploatowana przez PEC Katowice. Jako medium grzewcze stosowana jest woda o parametrze 90/70°C.

Sprawność źródła i przesyłu określono na:

$$\begin{array}{lll} \text{sprawność źródła} & \eta_z & = 1,00 \\ \text{sprawność przesyłu} & \eta_a & = 1,00 \end{array}$$

2.2. Instalacja wewnętrzna c.o.

Instalacja wewnętrzna c.o. posiada grzejniki żeliwne o dużej pojemności wodnej, grzejniki nie są wyposażone w zawory termostatyczne. Budynek jest częściowo niedogrzewany i częściowo przegrzewany. W najbliższym czasie nie przewiduje się modernizacji instalacji c.o.

2.3. Instalacja c.w.u.

Ciepła woda użytkowa przygotowywana jest elektrycznie. Nie przewiduje się zmiany sposobu przygotowania c.w.u.

3. Koszty gospodarki cieplnej

3.1. Koszty ogrzewania

Moc zamówiona $\Phi_{zam} = 0,301$ MW

Rok		2003	2004	2005	Srednio
Zakup energii cieplnej	GJ	1 005	1 102	1 359	1155
Koszt zakupu energii cieplnej	zł	57 111	57 799	82 092	65667
Jednostkowy koszt zakupu energii cieplnej	zł/GJ	56,8	52,4	60,4	56,8

3.2. Bazowa cena energii cieplnej

W dalszej części audytu zostaną wykonane obliczenia efektywności zamierzeń termomodernizacyjnych. Na potrzeby tych obliczeń przyjęto bazową cenę zakupu energii cieplnej:

$$K_{GJ} = 50,0 \text{ zł/GJ} \quad (\text{szacunek})$$

Rozdział V

Założenia zamierzeń termomodernizacyjnych

1. Zasilanie i koszty zasilania

Przyjęto:

Źródło ciepła	własne	
Cena energii ciepłej	40,0 zł/GJ	pkt. 3.2. Rozdział IV
Wskaźnik zużycia energii	8,20 GJ/kW	pkt. 2.1. Rozdział III

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

Optymalizacja termorenowacji i bilans mocy

1. Budynek biurowy $t_w = +20/16$

1.1. Opis

Ogólna charakterystyka obiektu

Jest to obiekt konstrukcji murowanej, posiadający 4 kondygnacje nadziemne i piwnice w części budynku. W piwnicach znajduje się zaplecze ogrzewane do temperatury $+16^{\circ}\text{C}$.

Podstawowe wymiary obiektu

- powierzchnia zabudowy	A	=	520 m ²
- powierzchnia użytkowa	A _u	=	1 224 m ²
- kubatura całkowita	V	=	7 336 m ³
- wskaźnik A/V _v	A/V	=	0,071 m ⁻¹
- kubatura ogrzewana	V _{ogrz}	=	4 636 m ³

w tym:

- kubatura nadziemna	V ₁	=	3 918 m ³
- kubatura piwnic	V ₂	=	718 m ³

1.2. Optymalizacja ocieplenia przegród budowlanych

1.2.1. Stolarka i przegrody przezroczyste

1.2.1.1. Stan aktualny

Okna

Budynek posiada okna nowe PCV oraz stare drewniane.

Okna PCV

Zestawienie okien PCV

Lp.	Wyszczególnienie	Wymiary			Ilość	Przy- lgnia	Pow.	Pow. ościeży	Suma okien	
		szer.	wys.	ośc.					przyłgnia	pow.
		m	m	m					szt.	mb
1	Okno	1,80	1,55	0,24	33	9,8	2,79	53,1	323,4	92,1
2	Okno	1,50	1,55	0,24	32	9,2	2,33	46,8	294,4	74,4
3	Okno	1,40	0,60	0,24	3	4	0,84	2,9	12	2,5
Razem					68			102,8	630	169

Współczynnik przenikania ciepła określono na:

$$U_o = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Okna drewniane

Zestawienie okien drewnianych

Lp.	Wyszczególnienie	Wymiary			Ilość	Przy- lgnia	Pow. m ²	Pow. ościeża m ²	Suma okien	
		szer.	wys.	ośc.					przyłgnia	pow.
		m	m	m					szt.	mb
1	Okno	1,53	1,91	0,24	3	13,76	2,92	5,0	41,28	8,8
Razem					3			5,0	41	9

Okna 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 określono na:

$$U_o = 1,20 \cdot 2,60 = \mathbf{3,12 \text{ W/m}^2\text{K}}$$
 (gdzie 1,2 – mnożnik uwzględniający stan techniczny)

Współczynnik przepływu przez szczeliny określono na:

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

Drzwi i bramy

Budynek posiada drzwi o łącznej powierzchni 5 m². Drzwi są wyeksploatowane i kwalifikują się do wymiany

Współczynnik przenikania ciepła dla drzwi określono na:

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

Współczynnik przepływu przez szczeliny określono na:

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

1.2.2.2. Efektywność wymiany okien**Okna drewniane**

Proponuje się wymienić okna drewniane na okna PCV. Projektowany współczynnik przenikania ciepła:

$$U_o = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{w tym szyby} \quad U_{o_{\text{szyb}}} = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Efektywność wymiany okien

Różnica temperatur	40 °C
Współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny aktualny	4,0 m ³ /(m ³ h * daPa ^{2/3})
Współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny projekt.	0,5 m ³ /(m ³ h * daPa ^{2/3})
Wskaźnik zużycia energii cieplnej na przegrodach	8,20 GJ/(kW * rok)
Wskaźnik zużycia energii cieplnej na infiltrację	0,0375 GJ/a * m * rok)
Wskaźnik zapotrzebowania mocy cieplnej na infiltrację	4,6 W/(a * m * rok)
Cena energii cieplnej	50,0 zł/GJ
Cena wymiany okien	0,600 tys. zł

Powierzchnia		Przyłgna		"U"	
akt.	proj.	akt.	proj.	akt.	proj.
m ²	m ²	mb	mb	W/m ² K	W/m ² K
9	9	41	41	3,12	1,30

Potrzeby mocy		Efekt mocy	Zużycie energii		Efekt energii
akt.	proj.		akt.	proj.	
kW	kW	kW	GJ	GJ	GJ
1,9	0,6	1,3	15,4	4,61	10,8

Koszty energii		Efekt kosztów	Koszty inwestycyjne modernizacji.	SPBT
akt.	proj.			
tys. zł	tys. zł	tys. zł	tys. zł	lat
0,8	0,2	0,54	5,4	10,04

Zamierzenie jest mało opłacalne

SPBT > 10 lat

1.2.2.3. Efektywność wymiany drzwi

Proponuje się wymienić drzwi na drzwi alu z szybami zespolonymi. Projektowany współczynnik przenikania ciepła:

$$U_o = 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$$

w tym szyby $U_{o\text{szyb}} = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

Różnica temperatur	40 °C
Współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny aktualny	4,0 m ³ /(m ² h * daPa ^{2/3})
Współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny projekt.	0,5 m ³ /(m ² h * daPa ^{2/3})
Wskaźnik zużycia energii cieplnej na przegrodach	8,20 GJ/(kW * rok)
Wskaźnik zużycia energii cieplnej na infiltrację	0,0375 GJ/a * m * rok)
Wskaźnik zapotrzebowania mocy cieplnej na infiltrację	4,6 W/(a * m * rok)
Cena energii cieplnej	50,0 zł/GJ
Cena wymiany drzwi i bram	0,800 tys. zł

Powierzchnia		Przyłgna		"U"	
akt.	proj.	akt.	proj.	akt.	proj.
m ²	m ²	mb	mb	W/m ² K	W/m ² K
5	5	15	15	3,00	1,50

Potrzeby mocy		Efekt mocy	Zużycie energii		Efekt energii
akt.	proj.	kW	akt.	proj.	GJ
kW	kW	kW	GJ	GJ	GJ
0,9	0,3	0,5	7,2	2,74	4,4

Koszty energii		Efekt kosztów	Koszty inwestycyjne modernizacji.	SPBT
akt.	proj.	tys. zł	tys. zł	lat
tys. zł	tys. zł	tys. zł	tys. zł	lat
0,4	0,1	0,22	4,0	18,06

Zamierzenie nie jest opłacalne

SPBT > 15 lat

Proponuje się wymienić drzwi ze względów estetycznych i bezpieczeństwa.

1.2.3. Przegrody nieprzeźroczone

1.2.3.1. Ściany zewnętrzne

Budynek posiada:

- ściany zewnętrzne piwnic murowane z cegły grubości 64 cm A = 196 m²
- ściany piwnic w gruncie murowane z cegły grubości 64 cm A = 96 m²
- ściany parteru i I piętra murowane z cegły grubości 51 cm A = 614 m²
- ściany II i III piętra murowane z cegły grubości 38 cm A = 450 m²
- ościeża okien i drzwi A = 107 m²

Proponuje się docieplić ściany zewnętrzne nadziemia, piwnic i ościeża.

Efektywność ocieplenia ścian murowanych nadziemia grubości 38 cm metodą lekką mokrą z zastosowaniem styropianu jako materiału izolacyjnego

	Stan aktualny			Stan projektowany		
	Powierzchnia przegrody	450 m ²			450 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	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
	Φ_o	26,3	kW	Φ_o	26,3	kW

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu					
Wskaźnik zużycia energii				8,2 GJ/kW	
Koszt energii cieplnej				50,0 zł/GJ	
Docieplenie styropianem				λ	0,045 W/mK
Cena ocieplenia	stała	120	zł/m ²	zmienna	250 zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,08	0,10	0,12	0,14	0,15
Projektowany R	m ² K/W	2,462	2,906	3,350	3,795	4,017
Projektowany "Uo"	W/m ² K	0,406	0,344	0,298	0,264	0,249
Projektowana strata mocy	kW	7,31	6,19	5,37	4,74	4,48
Efekt mocy	kW	19,01	20,13	20,95	21,58	21,84
Roczny efekt energii	GJ	155,9	165,1	171,8	177,0	179,1
Cena ocieplenia	zł/m ²	140,0	145,0	150,0	155,0	157,5
Koszt ocieplenia	tys. zł	63,0	65,3	67,5	69,8	70,9
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	7,8	8,3	8,6	8,8	9,0
SPBT	lat	8,08	7,91	7,86	7,88	7,91

Optymalnym ociepleniem jest warstwa 12 cm styropianu
Zamierzenie jest opłacalne

SPBT < 10 lat

Efektywność ocieplenia ścian murowanych nadziemia grubości 51 cm metodą lekką mokrą z zastosowaniem styropianu jako materiału izolacyjnego

	Stan aktualny			Stan projektowany		
Powierzchnia przegrody	614 m ²			614 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	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	28,9	kW	Φo	28,9	kW	

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu						
Wskaźnik zużycia energii				8,2	GJ/kW	
Koszt energii cieplnej				50,0	zł/GJ	
Docieplenie styropianem				λ	0,045	W/mK
Cena ocieplenia	stała	120	zł/m ²	zmienna	250	zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,08	0,10	0,12	0,14	0,15
Projektowany R	m ² K/W	2,628	3,073	3,517	3,962	4,184
Projektowany "Uo"	W/m ² K	0,380	0,325	0,284	0,252	0,239
Projektowana strata mocy	kW	9,34	7,99	6,98	6,20	5,87
Efekt mocy	kW	19,53	20,89	21,90	22,68	23,01
Roczny efekt energii	GJ	160,2	171,3	179,6	186,0	188,7
Cena ocieplenia	zł/m ²	140,0	145,0	150,0	155,0	157,5
Koszt ocieplenia	tys. zł	86,0	89,0	92,1	95,2	96,7
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	8,0	8,6	9,0	9,3	9,4
SPBT	lat	10,73	10,40	10,26	10,23	10,25

Optymalnym ociepleniem jest warstwa 14 cm styropianu
 Zamierzenie jest mało opłacalne
 Przyjęto warstwę 12 cm styropianu tak jak dla ścian 38 cm

SPBT > 10 lat

Efektywność ocieplenia ścian murowanych piwnic metodą lekką moką z zastosowaniem styropianu jako materiału izolacyjnego

Powierzchnia przegrody	196 m ²			196 m ²		
Obliczeniowe Δt	36 °C			36 °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	0,64	0,91	0,703	0,64	0,78	0,821
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	0,74	m ² K/W	ΣRp	0,86	m ² K/W
	R	0,90	m ² K/W	R	1,02	m ² K/W
	Uo	1,111	W/m ² K	Uo	0,983	W/m ² K
	Φo	7,8	kW	Φo	6,9	kW

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu					
Wskaźnik zużycia energii				8,2 GJ/kW	
Koszt energii cieplnej				50,0 zł/GJ	
Docieplenie styropianem wodoodpornym				λ	0,045 W/mK
Cena ocieplenia	stała	120	zł/m ²	zmienna	450 zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Projektowany R	m ² K/W	1,462	1,684	1,906	2,128	2,350
Projektowany "Uo"	W/m ² K	0,684	0,594	0,525	0,470	0,425
Projektowana strata mocy	kW	4,83	4,19	3,70	3,32	3,00
Efekt mocy	kW	3,01	3,65	4,14	4,53	4,84
Roczny efekt energii	GJ	24,7	29,9	33,9	37,1	39,7
Cena ocieplenia	zł/m ²	129,0	133,5	138,0	142,5	147,0
Koszt ocieplenia	tys. zł	25,3	26,2	27,0	27,9	28,8
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	1,24	1,50	1,70	1,86	1,98
SPBT	lat	20,47	17,48	15,94	15,05	14,52

Ściany piwnic są zawilgocone i docieplenie należy wykonać łącznie z izolacją przeciwwilgociową
 Zamierzenie nie jest opłacalne SPBT > 15 lat
 Przyjęto warstwę ocieplającą 4 cm styropianu

Efektywność ocieplenia ścian murowanych piwnic w gruncie metodą lekką mokrą z zastosowaniem styropianu jako materiału izolacyjnego

Powierzchnia przegrody	96 m ²			96 m ²		
Obliczeniowe Δt	8 °C			8 °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	0,64	0,91	0,703	0,64	0,78	0,821
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
	ΣR_p	0,74	m ² K/W	ΣR_p	0,86	m ² K/W
	R	0,90	m ² K/W	R	1,02	m ² K/W
	Uo	1,111	W/m ² K	Uo	0,983	W/m ² K
	Φ_o	0,9	kW	Φ_o	0,8	kW

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu					
Wskaźnik zużycia energii				8,2	GJ/kW
Koszt energii cieplnej				50,0	zł/GJ
Docieplenie styropianem wodoodpornym				λ	0,045 W/mK
Cena ocieplenia	stała	120	zł/m ²	zmienna	450 zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Projektowany R	m ² K/W	1,462	1,684	1,906	2,128	2,350
Projektowany "Uo"	W/m ² K	0,684	0,594	0,525	0,470	0,425
Projektowana strata mocy	kW	0,53	0,46	0,40	0,36	0,33
Efekt mocy	kW	0,33	0,40	0,45	0,49	0,53
Roczny efekt energii	GJ	2,7	3,3	3,7	4,0	4,3
Cena ocieplenia	zł/m ²	129,0	133,5	138,0	142,5	147,0
Koszt ocieplenia	tys. zł	12,4	12,8	13,2	13,7	14,1
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	0,13	0,16	0,18	0,20	0,22
SPBT	lat	92,10	78,67	71,72	67,74	65,35

Ściany piwnic są zawilgocone i docieplanie należy wykonać łącznie z izolacją przeciwwilgociową
 Zamierzenie nie jest opłacalne SPBT > 15 lat
 Przyjęto warstwę ocieplającą 4 cm styropianu

Efektywność ocieplenia ościeży na ścianach:

Proponuje się docieplić węgaraki (ościeża) ościeża metodą lekką-moką z zastosowaniem styropianu jako materiału izolacyjnego. Przy ocieplaniu ościeży przyjęto 50 % efektu energetycznego w stosunku do standardowej przegrody tj. to ściany murowanej grubości 45 cm (średnio).

	Stan aktualny			Stan projektowany		
	d	λ	Rp	d	λ	Rp
Powierzchnia przegrody	107 m ²			107 m ²		
Obliczeniowe Δt	40 °C			40 °C		
Układ warstwowy przegrody	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	0,45	0,78	0,577	0,45	0,78	0,577
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	
ΣR_p	0,61	m ² K/W	ΣR_p	0,61	m ² K/W	
R	0,77	m ² K/W	R	0,77	m ² K/W	
Uo	1,293	W/m ² K	Uo	1,293	W/m ² K	
Φ_o	2,8	kW	Φ_o	2,8	kW	

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu						
Wskaźnik zużycia energii				8,2	GJ/kW	
Koszt energii cieplnej				50,0	zł/GJ	
Docieplenie styropianem				λ	0,045	W/mK
Cena ocieplenia	stała	50	zł/m ²	zmienna	250	zł/m ³

Grubość docieplenia	m	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
Projektowany R	m ² K/W	0,996	1,218	1,440	1,662	1,885
Projektowany "Uo"	W/m ² K	1,004	0,821	0,694	0,602	0,531
Projektowana strata mocy	kW	2,15	1,76	1,49	1,29	1,14
Efekt mocy	kW	0,62	1,01	1,28	1,48	1,63
Roczny efekt energii	GJ	5,1	8,3	10,5	12,1	13,4
Cena ocieplenia	zł/m ²	52,5	55,0	57,5	60,0	62,5
Koszt ocieplenia	tys. zł	5,6	5,9	6,2	6,4	6,7
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	0,25	0,41	0,53	0,61	0,67
SPBT	lat	22,19	14,22	11,72	10,58	10,00

Z uwagi na szerokość ościeżnic okien można zastosować maksymalnie warstwę 3 cm styropianu
Zamierzenie jest mało opłacalne SPBT > 10 lat

1.2.3.2. Stropodach.

Budynek posiada stropodach żelbetowy wentylowany ocieplony supremą w przestrzeni międzystropowej - $A = 531 \text{ m}^2$. Stropodach ma niefortunne rozwiązanie okapów, co powoduje zalewanie ścian zewnętrznych. Proponuje się zmodernizować okapy, zamknąć przestrzeń międzystropową i ocieplić stropodach styropapą od zewnątrz.

Efektywność docieplenia stropodachu

	Stan aktualny			Stan projektowany		
Powierzchnia przegrody	531 m^2			531 m^2		
Obliczeniowe Δt	38 $^{\circ}\text{C}$			40 $^{\circ}\text{C}$		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	R_p	d	λ	R_p
	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K/W}$	m	W/mK	$\text{m}^2\text{K/W}$
Tynk	0,015	0,82	0,018	0,015	0,820	0,018
Strop żelbetowy	0,24	1,00	0,240	0,24	1,00	0,240
Suprema	0,05	0,16	0,313	0,05	0,16	0,313
Pustka powietrza	-	-	0	-	-	0,170
Płyta żelbetowe	-	-	0	0,07	1,7	0,041
-	-	-	0	-	-	0
-	-	-	0	-	-	0
	R_i	0,12	$\text{m}^2\text{K/W}$	R_i	0,12	$\text{m}^2\text{K/W}$
	R_e	0,04	$\text{m}^2\text{K/W}$	R_e	0,04	$\text{m}^2\text{K/W}$
	ΣR_p	0,57	$\text{m}^2\text{K/W}$	ΣR_p	0,74	$\text{m}^2\text{K/W}$
	R	0,73	$\text{m}^2\text{K/W}$	R	0,90	$\text{m}^2\text{K/W}$
	U_o	1,368	$\text{W/m}^2\text{K}$	U_o	1,110	$\text{W/m}^2\text{K}$
	Φ_o	27,6	kW	Φ_o	23,6	kW

Stan projektowany po dodatkowym ociepleniu					
Wskaźnik zużycia energii				8,2	GJ/kW
Koszt energii cieplnej				50,0	zł/GJ
Docieplenie styropapą			λ	0,045	W/mK
Cena ocieplenia	stała	130	zł/ m^2	zmienna	250
					zł/ m^3

Grubość docieplenia	m	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
Projektowany R	$\text{m}^2\text{K/W}$	2,012	3,123	4,234	5,345	6,456
Projektowany " U_o "	$\text{W/m}^2\text{K}$	0,497	0,320	0,236	0,187	0,155
Projektowana strata mocy	kW	10,56	6,80	5,02	3,97	3,29
Efekt mocy	kW	17,05	20,81	22,59	23,64	24,32
Roczny efekt energii	GJ	139,8	170,6	185,3	193,8	199,4
Cena ocieplenia	zł/ m^2	142,5	155,0	167,5	180,0	192,5
Koszt ocieplenia	tys. zł	75,7	82,3	88,9	95,6	102,2
Roczny efekt ocieplenia	tys. zł	6,99	8,53	9,26	9,69	9,97
SPBT	lat	10,82	9,65	9,60	9,86	10,25

Optymalnym ociepleniem jest warstwa 15 cm styropapy
Zamierzenie jest opłacalne

SPBT < 10 lat

1.3. Sprawdzenie ciepłochronności przegród budowlanych

Podłoga nad piwnicą			
Powierzchnia przegrody	382 m ²		
Obliczeniowe Δt	4 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	Rp
	m	W/mK	m ² K/W
Wylewka betonowa	0,04	1	0,040
Suprema	0,05	0,16	0,313
Strop żelbetowy	0,24	1	0,240
Tynk	0,015	0,82	0,018
-	-	-	0
-	-	-	0
-	-	-	0
	Ri	0,17	m ² K/W
	Re	0,04	m ² K/W
	ΣR_p	0,61	m ² K/W
	R	0,82	m ² K/W
	Uo	1,218	W/m ² K
	Φ_o	1,9	kW

Podłoga I strefa			
Powierzchnia przegrody	31 m ²		
Obliczeniowe Δt	40 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	Rp
	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
-	-	-	0
-	-	-	0
-	-	-	0
	Rg	0,5	m ² K/W
	ΣR_p	0,65	m ² K/W
	R	1,15	m ² K/W
	Uo	0,866	W/m ² K
	Φ_o	1,1	kW

Podłoga II strefa			
Powierzchnia przegrody	489 m ²		
Obliczeniowe Δt	4 °C		
Układ warstwowy przegrody	d	λ	Rp
	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
-	-	-	0
-	-	-	0
-	-	-	0
	Rg	0,8	m ² K/W
	ΣR_p	0,65	m ² K/W
	R	1,45	m ² K/W
	Uo	0,688	W/m ² K
	Φ_o	1,3	kW

1.4. Zestawienie ocieplanych przegród

Przyjęto wstępnie:

Lp.	Wyszczególnienie	Ilość	Zamierzenie		Efekt roczny	SPBT
			m ²	zł/m ²		
1	Wymiana okien drewnianych	9	600,0	5,4	0,54	10,0
2	Wymiana drzwi	5	800,0	4,0	0,22	18,2
3	Docieplenie ścian nadziemia 38 cm	450	150,0	67,5	8,60	7,8
4	Docieplenie ścian nadziemia 51 cm	614	150,0	92,1	9,00	10,2
5	Docieplenie ścian piwnic	196	138,0	27,0	1,70	15,9
6	Docieplenie ścian piwnic w gruncie	96	138,0	13,2	0,18	73,6
7	Docieplenie ościeży	107	57,5	6,2	0,53	11,6
8	Docieplenie stropodachu	531	167,5	88,9	9,30	9,6
	Razem	2008	151,6	304,4	30,07	10,1

Czas zwrotu nakładów inwestycyjnych dla proponowanych zamierzeń przekracza 10 lat. i zamierzenie to są mało opłacalne. Pożądane jest wsparcie ze środków zewnętrznych.

1.5. Bilans mocy i energii cieplnej

1.5.1. Założenia

1.5.1.1. Temperatuty obliczeniowe:

a/ zewnętrzna dla III strefy klimatycznej
b/ wewnętrzna

$t_z = -20^{\circ}\text{C}$
 $t_w = +20/16^{\circ}\text{C}$

1.5.2. Wentylacja

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	7 335	m ³	Temperatury				
Kubatura ogrzewana	V ₁	3 918	m ³	Δt ₁	40	°C		
Kubatura ogrzewana	V ₂	718	m ³	Δt ₂	36	°C		
$\Phi_p = \sum \Delta t_i \cdot A_i \cdot k_i$				$\Phi_{p\text{efekt}} = \Phi_{p\text{akt}} - \Phi_{p\text{doc}}$				
Przegroda	t _{ow} - t _{oz} °C	Powierzchnia		Wsp. "U"		Moc Φ		
		akt.	doc.	akt.	doc.	akt.	doc.	efekt
		m ²	m ²	W/m ² K	W/m ² K	kW	kW	kW
Okna drewniane	40	9	9	3,12	1,30	1,1	0,5	0,7
Okna PCV	40	169	169	1,30	1,30	8,8	8,8	0,0
Drzwi	40	5	5	3,00	1,50	0,6	0,3	0,3
Ściany nadziemna 38 cm	40	450	450	1,46	0,30	26,3	5,4	21,0
Ściany nadziemna 51 cm	40	614	614	1,18	0,28	28,9	7,0	21,9
Ościeża x 0,5	40	107	107	1,29	0,69	2,8	1,5	1,3
Stropodach	40	531	531	1,37	0,24	29,0	5,0	24,0
Podłoga nad piwnicą	4	382	382	1,22	1,22	1,9	1,9	0,0
Ściany piwnic	36	196	196	1,11	0,53	7,8	3,7	4,1
Ściany piwnic w gruncie	8	96	96	1,11	0,53	0,9	0,4	0,5
Podłoga I strefa	40	31	31	0,87	0,87	1,1	1,1	0,0
Podłoga II strefa	8	489	489	0,69	0,69	2,7	2,7	0,0
Razem		3079	3079			111,8	38,1	73,7

Zapotrzebowanie mocy ciepłej na wentylację grawitacyjną		
$\Phi_{wg} = V_1 \cdot (0,34 \cdot \Delta t - 7) + V_2 \cdot 0,34 \cdot \Delta t - 7$	29,6	kW

Zestawienie zapotrzebowania mocy - stan aktualny

Obiekt	V	Φ _p	Φ _{wg}	Φ _{wm}	Φ _{cwu}	Φ _{str}	Φ _p /V	ΣΦ
	m ³	kW	kW	kW	kW	kW	W/m ³	kW
Budynek Komisariatu II	7 335	111,8	29,6	0	0,0	0	15,2	141,5

w tym Φ _{co} = Φ _p + Φ _{wg}	=	141,5 kW
--	---	----------

Zestawienie zapotrzebowania mocy - stan projektowany

Obiekt	V	Φ _p	Φ _{wg}	Φ _{wm}	Φ _{cwu}	Φ _{str}	Φ _p /V	ΣΦ
	m ³	kW	kW	kW	kW	kW	W/m ³	kW
Budynek Komisariatu II	7 335	38,1	29,6	0	0,0	0	5,2	67,7

w tym Φ _{co} = Φ _p + Φ _{wg}	=	67,7 kW
--	---	---------

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 - stan aktualny

Obiekt	V	Φ_p	Φ_{wg}	Φ_{wm}	Φ_{cwu}	Φ_{str}	Φ_p/V	$\Sigma\Phi$
	m ³	kW	kW	kW	kW	kW	W/m ³	kW
Budynek Komisariatu II	7 335	111,8	29,6	0	0,0	0	15,2	141,5

w tym $\Phi_{co} = \Phi_p + \Phi_{wg}$	=	141,5 kW
--	---	----------

3. Roczne zużycie energii cieplnej

3.1. Podział energii cieplnej

Energia „ Q_{netto} ” jest to energia zużywana w obiekcie bez uwzględniania:

- ograniczania ogrzewania poza godzinami użytkowania
- sprawności regulacji i wykorzystania energii
- sprawności wentylacji mechanicznej
- sprawności urządzeń technologicznych
- sprawności przygotowania c.w.u.

Energia „ Q ” jest to energia faktycznie zużywana w obiekcie z uwzględnieniem:

- ograniczania ogrzewania poza godzinami użytkowania
- sprawności regulacji i wykorzystania energii
- sprawności wentylacji mechanicznej
- sprawności urządzeń technologicznych
- sprawności przygotowania c.w.u.

Energia „ Q_{brutto} ” jest to energia faktycznie zużywana dla obiektu w źródle ciepła tego obiektu z uwzględnieniem:

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

3.2. Algorytmy obliczeniowe

$$Q = Q_{co}$$

Energia Q_{netto} :

$$Q_{co} = \Phi_{co} * W_{sp}$$

Energia Q - rzeczywiste zużycie energii cieplnej w obiekcie

$$Q_{co} = \gamma_d * \gamma_t * \frac{\Phi_{co} * W_{sp}}{\eta_e * \eta_r}$$

Energia Q_{brutto}

$$Q_{co} = \gamma_d * \gamma_t * \frac{\Phi_{co} * W_{sp}}{\eta_e * \eta_r * \eta_{za} * \eta_p}$$

$$Q_{inf} = \gamma_d * \gamma_t * \frac{L * W_{S_{inf}} * a_{akt}}{\eta_e * \eta_r * \eta_{za} * \eta_p}$$

3.3. Obliczenia

Założenia i dane obliczeniowe:

Moc cieplna c.o.	Φ_{co}	141,5	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	141,5	kW
Wskaźnik zużycia energii cieplnej c.o.	W_{sp}	8,20	GJ/kW
Ograniczenia dobowe c.o.	γ_d	0,95	
Ograniczenia tygodniowe c.o.	γ_t	1,00	
Sprawność regulacji c.o.	η_r	0,90	
Sprawność wykorzystania c.o.	η_e	0,95	
Długość przyłgni w stolarcze	L	56	mb
Strumień infiltracji	a_{akt}	4,00	$m^3/(m \cdot h \cdot daPa^{2/3})$
Wskaźnik infiltracji	$W_{s\ inf}$	0,0375	GJ/(a * m * rok)
Sprawność wentylacji mechanicznej	η_{wm}	1,00	
Czas pracy wentylacji mechanicznej.	t_{wm}	0	h
Sprawność systemów technologicznych	η_{tech}	1,00	
Czas pracy urządzeń technologicznych	t_{tech}	0	h
Sprawność przygotowania c.w.u.	η_{cwu}	1,00	
Roczne zużycie c.w.u. - obliczenia w tekście	$G_{a\ cwu}$	0	Mg
Energia cieplna strat - obliczenia w tekście	$Q_{str\ netto}$	0	GJ
Uzysk energii solarnej - obliczenia w tekście	Q_{sol}	0	GJ
Roczna sprawność źródła ciepła	η_{za}	1,00	
Sprawność przesyłu	η_p	1,00	

Prognozowane zużycie energii cieplnej:

Wyszczególnienie	Q_{netto}		Q		Q_{brutto}	
	GJ	%	GJ	%	GJ	%
Q_{co}	1160,3	99,3	1289,2	99,3	1289,2	99,3
Q_{inf}	8,4	0,7	9,3	0,7	9,3	0,7
$Q_{co} + Q_{inf}$	1168,7	100,0	1298,6	100,0	1298,6	100,0
Q_{wm}	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Q_{tech}	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Q_{cwu}	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Q_{str}	0,0	-	0,0	-	0,00	-
Q_{sol}	0,0	-	0,0	-	0,00	-
Razem	1168,7	100,0	1298,6	100,0	1298,6	100,0

4. Koszty zakupu energii cieplnej

Moc zamówiona "Φ"	0,142	MW
Zakupiona energia cieplna "Q"	1299	GJ

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn. miar	Ilość	Cena zł/MW m-c zł/GJ, zł/m-c	Koszt netto zł	Koszt brutto zł
1	Moc zamówiona	MW	0,142	3 016	5 139	6 270
2	Moc przesyłana	MW	0,142	2 616	371	453
Razem moc zamówiona				5 632	5 511	6 723
3	Energia zakupiona	GJ	1 299	14,00	18 186	22 187
4	Energia przesyłana	GJ	1 299	11,51	14 951	18 241
Razem energia				25,51	33 137	40 428

Ogółem					38 648	47 151
Koszty jednostkowe zakupu energii cieplnej [zł/GJ]					29,8	36,3

Rozdział VIII

Przedsięwzięcia termomodernizacyjne

1. Termorenowacja

1.1. Założenia

Analizy opłacalności proponowanych przedsięwzięć wykonano dla następujących założeń:

Zasilanie w energię ciepłą	PEC
Koszt energii ciepłej	$k_k = 50,0 \text{ zł/GJ}$
Roczne zużycie energii ciepłej c.o. na 1 kW mocy	$k_e = 8,2 \text{ GJ/kW}$

1.2. Zakres prac

Proponuje się wykonanie termorenowacji wg zakresu:

Lp.	Wyszczególnienie	Ilość	Zamierzenie		Efekt roczny	SPBT
		m ²	zł/m ²	tys. zł	tys. zł	lat
1	Wymiana okien drewnianych	9	600,0	5,4	0,54	10,0
2	Wymiana drzwi	5	800,0	4,0	0,22	18,2
3	Docieplenie ścian nadziemna 38 cm	450	150,0	67,5	8,60	7,8
4	Docieplenie ścian nadziemna 51 cm	614	150,0	92,1	9,00	10,2
5	Docieplenie ścian piwnic	196	138,0	27,0	1,70	15,9
6	Docieplenie ścian piwnic w gruncie	96	138,0	13,2	0,18	73,6
7	Docieplenie ościeży	107	57,5	6,2	0,53	11,6
8	Docieplenie stropodachu	531	167,5	88,9	9,30	9,6
	Razem	2008	151,6	304,4	30,07	10,1

Czas zwrotu nakładów inwestycyjnych dla proponowanych zamierzeń przekracza 10 lat. i zamierzenie to są mało opłacalne. Požadane jest wsparcie ze środków zewnętrznych.

1.3. Zapotrzebowanie mocy ciepłej po termorenowacji

Zestawienie zapotrzebowania mocy - stan projektowany

Objekt	V	Φ_p	Φ_{wg}	Φ_{wm}	Φ_{cwu}	Φ_{str}	Φ_p/V	$\Sigma\Phi$
	m ³	kW	kW	kW	kW	kW	W/m ³	kW
Budynek Komisariatu II	7 335	38,1	29,6	0	0,0	0	5,2	67,7

w tym $\Phi_{co} = \Phi_p + \Phi_{wg}$	=	67,7 kW
--	---	----------------

1.4 Koszty inwestycyjne

Koszty inwestycyjne obejmują:

- koszty termorenowacji
- koszty prac budowlanych związanych z termorenowacją oszacowanych wstępnie na:

$$K_{i2} = 100,0 \text{ tys. zł}$$

Poz.	Wyszczególnienie	Jedn.	Ilość	Cena	Koszt
			jedn.	zł/jedn.	tys. zł
Ki ₁	Termorenowacja	m ²	2008	-	304,4
Ki ₂	Prace budowlane związane z termorenowacją				100,0
	Razem				404,4
	Dokumentacja techniczna			3%	12,1
	Ogółem				416,5

1.5. Koszty eksploatacyjne

1.5.1. Zużycie energii cieplnej

$$Q = Q_{co}$$

1.5.2. Obliczenia

Założenia i dane obliczeniowe:

Moc cieplna c.o.	Φ_{co}	67,7	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	67,7	kW
Wskaźnik zużycia energii cieplnej c.o.	W_{sp}	8,20	GJ/kW
Ograniczenia dobowe c.o.	γ_d	0,95	
Ograniczenia tygodniowe c.o.	γ_t	1,00	
Sprawność regulacji c.o.	η_r	0,90	
Sprawność wykorzystania c.o.	η_e	0,95	
Długość przyłgni w stolarcie	L	56	mb
Strumień infiltracji	a_{akt}	0,50	$m^3/(m^* h * daPa^{2/3})$
Wskaźnik infiltracji	$W_{s inf}$	0,0375	GJ/(a * m * rok)
Sprawność wentylacji mechanicznej	η_{wm}	1,00	
Czas pracy wentylacji mechanicznej.	t_{wm}	0	h
Sprawność systemów technologicznych	η_{tech}	1,00	
Czas pracy urządzeń technologicznych	t_{tech}	0	h
Sprawność przygotowania c.w.u.	η_{cwu}	1,00	
Roczne zużycie c.w.u. - obliczenia w tekście	$G_{a cwu}$	0	Mg
Energia cieplna strat - obliczenia w tekście	$Q_{str netto}$	0	GJ
Uzysk energii solarnej - obliczenia w tekście	Q_{sol}	0	GJ
Roczna sprawność źródła ciepła	η_{za}	1,00	
Sprawność przesyłu	η_p	1,00	

Prognozowane zużycie energii cieplnej:

Wyszczególnienie	Q_{netto}		Q		Q_{brutto}	
	GJ	%	GJ	%	GJ	%
Q_{co}	555,1	99,8	616,8	99,8	616,8	99,8
Q_{inf}	1,1	0,2	1,2	0,2	1,2	0,2
$Q_{co} + Q_{inf}$	556,2	100,0	618,0	100,0	618,0	100,0
Q_{wm}	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Q_{tech}	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Q_{cwu}	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Q_{str}	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Q_{sol}	0,0	-	0,0	-	0,0	-
Razem	556,2	100,0	618,0	100,0	618,0	100,0

1.5.3. Koszty zakupu energii cieplnej

Moc zamówiona "Φ"	0,068	MW
Zakupiona energia cieplna "Q"	618	GJ

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn. miar	Ilość	Cena zł/MW m-c zł/GJ, zł/m-c	Koszt netto zł	Koszt brutto zł
1	Moc zamówiona	MW	0,068	3 016	2 461	3 002
2	Moc przesyłana	MW	0,068	2 616	178	217
Razem moc zamówiona				5 632	2 639	3 219
3	Energia zakupiona	GJ	618	14,00	8 652	10 555
4	Energia przesyłana	GJ	618	11,51	7 113	8 678
Razem energia				25,51	15 765	19 234

Ogółem	18 404	22 453
Koszty jednostkowe zakupu energii cieplnej [zł/GJ]	29,8	36,3

Rozdział IX

Analiza finansowa wykonalności

1. Czas zwrotu nakładów inwestycyjnych

Porównanie kosztów

Lp.	Zamierzenie	Koszty		Roczne zużycie energii	Efekt roczny		Cena energii cieplnej	SPBT
		Inwestycyjne	Eksploatacyjne roczne		Koszty	Energia		
		tys. zł	tys. zł	GJ	tys. zł	%	zł/GJ	lat
1.	Stan prognozowany wg Rozdziału VII	0,0	47,151	1299	-	-	36,3	-
2.	Stan projektowany wg Rozdziału VIII	416,5	22,453	618	24,698	52%	36,3	16,9

Projektowana termomodernizacja jest zamierzeniem mało opłacalnym - czas zwrotu nakładów inwestycyjnych przekracza 10 lat. Pożądane jest wsparcie ze środków zewnętrznych.

2. Analiza przepływów pieniądza - npv

2.1. Założenia

Założono finansowanie modernizacji gospodarki cieplnej w zakresie proponowanym w niniejszym audycie:

opcja „a” - finansowanie wyłącznie ze środków własnych

opcja „b” - finansowanie wg montażu finansowego uwzględniającego środki własne oraz środki zewnętrzne

Lp.	Wyszczególnienie	Finansowanie własne		Finansowanie wg montażu finansowego	
		opcja "a"		opcja "b"	
		%	tys. zł	%	tys. zł
1	Środki własne	100,0	416,5	50,0	208,25
2	Dotacja WFOŚiGW	-	-	-	-
3	Dotacja GFOŚiGW	-	-	50,0	208,25
4	Pożyczka komercyjna	-	-	-	-
5	Środki inne	-	-	-	-
Razem		100,0	416,5	100,0	416,50

2.2. Przepływy pieniężne

Przepływy pieniężne podano w załączniku nr 1 i nr 2

Rozdział X

Wnioski

1. Przedsięwzięcia termomodernizacyjne zaproponowane w Audycie kwalifikują się do wdrożenia jedynie przy dofinansowaniu ze środków ochrony środowiska.

2. Zestawienie proponowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych

Poz.	Wyszczególnienie	Jedn.	Ilość	Cena	Koszt
			jedn.	zł/jedn.	tys. zł
Ki ₁	Termorenowacja	m ²	2008	-	304,4
Ki ₂	Prace budowlane związane z termorenowacją				100,0
	Razem				404,4
	Dokumentacja techniczna			3%	12,1
	Ogółem				416,5

Rozdział XI - Supplement

Redukcja zanieczyszczeń do atmosfery

Zużycie energii cieplnej brutto w obiekcie

$Q_{\text{brutto akt}}$ **1 299 GJ**

$Q_{\text{brutto proj}}$ **618 GJ**

Sprawności m.s.c. i parametry paliwa - węgiel energetyczny

Sprawność źródła	$\eta_{\text{az}} = 0,78$	
Sprawność przesyłu	$\eta_{\text{p}} = 0,90$	
Sprawność odpylania	$\eta_{\text{o}} = 0,98$	
Wartość opałowa paliwa	$Wd = 20,0$	MJ/kg
Zawartość siarki w paliwie	$S_c = 0,8$	%
Zawartość popiołu w paliwie	$A_r = 18,0$	%
Unos części lotnych	$a_{\text{pl}} = 5,0$	%

Zużycie paliwa w źródle m.s.c. - węgiel energetyczny

$$G_{\text{az}} = \frac{Q_{\text{brutto}}}{Wd * \eta_{\text{az}} * \eta_{\text{p}}}$$

$G_{\text{az akt}} =$ **92,5 Mg**

$G_{\text{az proj}} =$ **44,0 Mg**

Wskaźniki emisji dla spalania węgla energetycznego

Zanieczyszczenie	Wzór obliczeniowy	Wskaźnik kg/Mg
Pył	$(1-n)*3,0*Ar/(1-apl)$	1,14
SO ₂	$17 * S_c$	13,6
NO ₂	4,0	4,0
CO	5,0	5,0
CO ₂	2 200	2 200

Efekt ekologiczny

Rodzaj emisji	Jednostka	Wielkość aktualna	Wielkość planowa	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna w %
-	-	a	b	$c = a - b$	$d = c/a * 100\%$
Pył	Mg	0,11	0,05	0,06	52,4
SO ₂	Mg	1,26	0,60	0,66	52,4
NO ₂	Mg	0,37	0,18	0,19	52,4
CO	Mg	0,46	0,22	0,24	52,4
CO ₂	Mg	203,5	96,8	106,7	52,4

