

## ĆWICZENIA AUDYTORYJNE

### 1. Wstęp, wprowadzenie, wymagania, zakres

#### **Prowadzący:**

Dr inż Bogdan Nowak, 308 C-6,

#### **Dlaczego warto:**

Materiał prezentowany na ćwiczeniach jest podstawą do realizacji ćwiczeń projektowych. Prezentowane będą podstawowe informacje z teorii (więcej na WYKŁADZIE) oraz przykłady obliczeniowe. Niezbędne dla zaliczenia zarówno ćwiczeń projektowych, jak i egzaminu z wykładu. Dla zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych przydatne jest równoległe, systematyczne realizowanie ćwiczeń projektowych

#### **Wymagania:**

obecność kontrolowana, 2 kolokwia zaliczeniowe + limit 1 poprawkowe

#### **Zakres:**

Obliczenia zapotrzebowania ciepła, określanie parametrów pracy systemu

Dobór elementów grzejnych

Zabezpieczenia instalacji c.o. system otwarty

Zabezpieczenia instalacji c.o. system zamknięty

Zasady projektowania instalacji c.o. wodnego termosyfonowego (grawitacyjnego)

Zasady projektowania instalacji c.o. wodnego pompowego

Zasady projektowania instalacji c.o. parowego niskoprężnego

Wykresy linii ciśnień w wodnych instalacjach c.o.

#### **Literatura:**

1. Rozporządzenie z dnia 12 kwietnia 2002r Ministra Infrastruktury w sprawie warunków jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU nr 75 poz. 690)
2. NORMY:
  - PN-84/B-01400 Centralne ogrzewanie. Oznaczenia na rysunkach
  - PN-82/B-02403 Temperatury obliczeniowe powietrza zewnętrznego  
*PN-82/B-02402 Temperatury obliczeniowe ogrzewanych pomieszczeń*
  - PN-EN ISO 6946:1999 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Metody obliczeń.
  - PN-B-02025:2001 Obliczenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej
  - PN-94/B-03406 Obl. zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m<sup>3</sup>
  - PN-91/B-02413 Zabezpieczenie instalacji c.o. systemu otwartego
  - PN-99/B-02414 Zabezpieczenie instalacji c.o. systemu zamkniętego
  - PN-87/B-02411 Kotłownie wbudowane na paliwo stałe
  - PN-99/B-02431-1 Kotłownie wbudowane na paliwo gazowe o gęstości względnej mniejszej niż 1
  - PN-75/B-02412 Zabezpieczenie urządzeń wytwarzających parę niskoprężną
3. Kołodziejczyk W, Płuciennik M, Wytyczne projektowania instalacji centralnego ogrzewania, COBRTI INSTAL, Warszawa 2001
4. Pod red. H.Koczyk, Ogrzewnictwo, Systherm Serwis, Poznań 2001
5. Pieńkowski K., Krawczyk D., Tumel W., Ogrzewnictwo t. 1 i t. 2, Politechnika Białostocka, Białystok 1999

## 2. Temperatury obliczeniowe

Od grudnia 2002r **temperatury obliczeniowe pomieszczeń ogrzewanych** należy przyjmować zgodnie z tabelą podaną w [1]. Nie stosowana jest już norma PN-82/B-02402, najistotniejszą zmianą jest przyjmowanie dla łazienek 24°C, rezygnacja z temperatur powyżej tej wartości (25-32).

Dla pokoju, przedpokoju, kuchni i WC przyjmować należy 20 °C, dla klatki schodowej 8 °C.

Trzeba jednak pamiętać, że w normie PN-82/B-02402 znajduje się definicja przegrody chłodzącej (tj. przegrody dla której różnica temperatur powietrza przestrzeni, które oddziela ta przegroda wynosi co najmniej 18 °C).

**Temperatury obliczeniowe powietrza zewnętrznego**, jakie należy przyjmować do obliczeń określa norma PN-82/B-02402. Terytorium kraju podzielone zostało na 5 stref klimatycznych, dla których określona została obliczeniowa temperatura zewnętrzna (od 16 °C do - 24 °C). W przypadku lokalizacji miejscowości na linii rozgraniczającej strefy, należy przyjmować strefę o temperaturze niższej. Zwrócić trzeba jeszcze uwagę, że w normie tej podano **temperatury w nieogrzewanych przestrzeniach zamkniętych** (piwnice, poddasza itd)

*PRZYKŁAD 1:*

### TEMPERATURY OBLICZENIOWE:

Do obliczeń przyjęto:

1. temperatura obliczeniowa zewnętrzna: -20°C (lokalizacja: Oława, zgodnie z PN-B-02403 III strefa klimatyczna)
2. temperatura piwnic: 0°C, (zgodnie z PN-B-02403 III strefa klimatyczna, piwnice nieogrzewane, z przewodami c.o., z oknami w ścianach zewnętrznych)
3. temperatura poddasza: -10°C, (zgodnie z PN-B-02403 III strefa klimatyczna,  $U_{połaci} = 1,2$ )
4. temperatura dla łazienki: +24 °C (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury [1])
5. temperatura dla pokój, przedpokój, kuchnia, WC: +20 °C (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury [1])
6. temperatura dla klatki schodowej: +8 °C (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury [1]), przy liczeniu zysków ciepła i strat z pomieszczeń otaczających przyjęto przyrost temperatury o 2 °C/kondygnację (zgodnie z PN-94/B-03406)

*KONIEC*

## 3. Współczynnik przenikania ciepła.

PROMIENIOWANIE, KONWEKCJA i PRZEWODZENIE to trzy zjawiska fizyczne związane z wymianą ciepła. Przy obliczaniu zapotrzebowania ciepła pomieszczeń ogólnie przyjmujemy PRZENIKANIE ciepła jako składową wszystkich tych trzech elementów. Promieniowanie i konwekcja uwzględnione są we współczynniku przejmowania ciepła. Współczynnik ten ma jednak uproszczony charakter i uzależniono jego wartość jedynie od kierunku przepływu ciepła oraz od tego, czy dotyczy zewnętrznej strony przegrody zewnętrznej, czy też wewnętrznej powierzchni.

### 3.1 Opór cieplny warstw przegrody budowlanej

Opór cieplny warstwy jednorodnej określany jest wzorem:

$$R = d / \lambda, \text{ m}^2\text{K/W} \quad (3.1)$$

gdzie  $d$  jest grubością warstwy w m, a  $\lambda$  współczynnikiem przewodzenia ciepła w W/mK. Współczynnik przewodzenia ciepła dla różnych materiałów podawany jest dla warunków wilgotnych lub średniowilgotnych. W przypadku gdy wilgotność względna w pomieszczeniu nie przekracza 75% do obliczeń przyjmować należy warunki średniowilgotne.

Opór cieplny niewentylowanej warstwy powietrza o grubości do 30 cm określono w normie w postaci tabeli. Jego wartość zależy od grubości warstwy powietrza oraz kierunku przepływu ciepła.

$$R_p = f ( d, \text{ kierunek przepływu ciepła} ), \text{ m}^2\text{K/W} \quad (3.2)$$

Wprowadzone jest jeszcze pojęcie słabo wentylowanej oraz dobrze wentylowanej warstwy powietrza.

**Słabo wentylowana warstwa powietrza** to taka, gdzie jedynie w sposób ograniczony następuje przepływ powietrza zewnętrznego.

Dla **warstw pionowych** warunek kryterialny określono w ten sposób, że powierzchnia  $F$  otworów, przez które może następować przepływ powietrza zewnętrznego **na jeden metr długości warstwy** mieści się w przedziale:

$$500 \text{ mm}^2 < F < 1500 \text{ mm}^2 \quad (3.3)$$

Dla **warstw poziomych** warunek kryterialny określono natomiast w ten sposób, że w przedziale określonym wzorem (3.3) mieścić się powinna powierzchnia  $F$  otworów, przez które może następować przepływ powietrza zewnętrznego **na jeden metr kwadratowy warstwy**.

Gdy powierzchnia otworów jest większa mówimy o **dobrze wentylowanej warstwie powietrza**.

Dla **słabo wentylowanej warstwy powietrznej** jej opór cieplny w sumarycznym oporze całej warstwy niejednorodnej określamy jako sumę połowy wartości oporu cieplnego odczytanego dla warstwy niewentylowanej i oporów cieplnych zewnętrznych warstw. Suma ta nie może jednak przekraczać wartości  $0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$

Dla **dobrze wentylowanej warstwy** pomija się opór cieplny warstwy powietrza i warstw zewnętrznych, jednak opór przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej przyjmujemy równy wartości oporu przejmowania ciepła po stronie wewnętrznej przegrody.

### 3.2 Opór cieplny przegrody wielowarstwowej

Opór cieplny przegrody wielowarstwowej jest sumą oporów warstw składowych oraz oporów przejmowania ciepła. Określa się go ze wzoru:

$$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se}, \text{ m}^2\text{K/W} \quad (3.4)$$

gdzie:

$R_{se}$  - jest oporem przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej przegrody

$R_{si}$  - jest oporem przejmowania ciepła po stronie wewnętrznej przegrody

$R_i$  - jest oporem przewodzenia ciepła i-tej warstwy przegrody

Jeżeli przegroda jest przegrodą wewnętrzną, to przyjmujemy po jej obydwóch stronach  $R_{si}$ ,  
Dotyczy to również stropu pod nieogrzewanym poddaszem lub stropu nad piwnicą.

Tablica 3.1. Wartości współczynnika przejmowania ciepła

| m <sup>2</sup> K/W | kierunek przepływu ciepła |       |         |
|--------------------|---------------------------|-------|---------|
|                    | w górę                    | w dół | poziomy |
| $R_{si}$           | 0,10                      | 0,17  | 0,13    |
| $R_{se}$           | 0,04                      | 0,04  | 0,04    |

### 3.3 Współczynnik przenikania ciepła

Współczynnik przenikania ciepła jest odwrotnością oporu przenikania ciepła. Określa się go jako:

$$U = 1 / R_T, \text{ W/m}^2\text{K} \quad (3.5)$$

*PRZYKŁAD 2:*

WSPÓŁCZYNNIKI PRZENIKANIA CIEPŁA:

I. Do obliczeń zapotrzebowania ciepła przyjęto:

1. Współczynnik przenikania ciepła dla okien i drzwi balkonowych: (Op.1.2) **1,8 W/m<sup>2</sup>K** (wg katalogu okien M-PLAST)
2. Współczynnik przenikania ciepła dla drzwi wewnętrznych pełnych - wejściowych do mieszkań: Dd 1 **2,0 W/m<sup>2</sup>K** (wg katalogu stolarki DrewDOM)
3. Współczynnik przenikania ciepła dla drzwi zewnętrznych przeszklonych - wejściowych do budynku: Dp 2 **1,8 W/m<sup>2</sup>K** (wg katalogu M-PLAST)
4. Współczynnik przenikania ciepła dla drzwi wewnętrznych z szybą - łazienki: Dd 3 **3,0 W/m<sup>2</sup>K** (wg katalogu stolarki DrewDOM)

## II. Obliczenia współczynnika przenikania ciepła przegród budowlanych:

### 1. ŚCIANA ZEWNĘTRZNA NOŚNA:

| (1)                                    | d, m  | $\lambda$ , W/mK | R, m <sup>2</sup> K/W | UWAGI   |
|--|-------|------------------|-----------------------|---|
| (1)                                    | (2)   | (3)              | (4)                   | (5)   |
| <b>R<sub>si</sub></b>                  | -     |                  | 0,13                  |   |
| tynk cementowy                         | 0,015 | 1,000            | 0,02                  |   |
| cegła pełna                            | 0,250 | 0,770            | 0,32                  |   |
| wełna mineralna                        | 0,100 | 0,045            | 2,22                  |   |
| wentylowana warstwa powietrzna (słabo) | 0,150 |                  | 0,5xs0,17=            | ponieważ<br>suma = 0,251<br>to do obliczeń<br>sumy R przyjęto<br>0,15 ! |
|  |       |                  | 0,08                  |   |
| cegła pełna                            | 0,060 | 0,777            | 0,08                  |   |
| tynk cementowy                         | 0,015 | 1,000            | 0,02                  |   |
| <b>R<sub>se</sub></b>                  | -     |                  | 0,04                  |   |
| <b>RAZEM</b>                           | 0,590 |                  | 2,84                  |   |

$$U = 1 / R_T = 1 / 2,84 = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**KOMENTARZ:** W ćwiczeniu projektowym zakładamy konstrukcję przegród zewnętrznych (ściany zewnętrzne, strop nad ostatnią kondygnacją, strop nad piwnicą) oraz przegród wewnętrznych przez które następuje wymiana ciepła. Obliczamy następnie ich opór cieplny oraz wartość współczynnika przenikania ciepła.

*KONIEC*

### 4. Współczynnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło

Zasady obliczania współczynnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego określa norma PN-B-02025, aktualnie z roku 2001. Podaje ona metodę dokładnych obliczeń, dopuszczając również stosowanie obliczeń uproszczonych w oparciu o algorytm podany w załączniku do normy. Wyznaczenie charakterystyki energetycznej budynku jest niezbędne, aby wykazać, że budynek spełnia wymagania dotyczące ochrony cieplnej sformułowane w [1]. Minister Infrastruktury określił wartości graniczne wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego. Inwestor budynku, dla którego współczynnik przekracza wartość graniczną nie powinien uzyskać decyzji pozwolenia na budowę.

#### 4.1 Współczynnik kształtu budynku

Współczynnik kształtu budynku charakteryzuje bryłę budynku. Jest on definiowany jako stosunek pola powierzchni przegród zewnętrznych **A** do ogrzewanej kubatury budynku (netto) **V**.

$$f = A / V, \text{ m}^{-1} \quad (4.1)$$

Pole powierzchni przegród zewnętrznych  $A$  jest sumą powierzchni przegród (w osiach przegród prostopadłych) oraz powierzchni okien i drzwi (w świetle ościeży) przez które następują straty ciepła przez przenikanie.

#### 4.2 Graniczny wskaźnik sezonowego zapotrzebowania ciepła

Wartość granicznego wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło  $E_o$  określona jest rozporządzeniem Ministra Infrastruktury [1] i uzależniona od współczynnika kształtu budynku.

$$\begin{array}{llll} \text{Gdy} & \mathbf{f \leq 0,20} & \text{to} & \mathbf{E_o = 29} & \text{kWh / (m}^3 \text{ a)} \\ & \mathbf{0,20 < f < 0,90} & \text{to} & \mathbf{E_o = 26,6 + 12 f} & \text{kWh / (m}^3 \text{ a)} \\ & \mathbf{0,90 \leq f} & \text{to} & \mathbf{E_o = 37,4} & \text{kWh / (m}^3 \text{ a)} \end{array} \quad (4.2)$$

*PRZYKŁAD 3: (na bazie danych z zał. G normy PN-B-02025:2001)*

#### GRANICZNY WSKAŹNIK SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO

Ściany zewnętrzne:

|          |                      |
|----------|----------------------|
| Nr 1 (S) | 159,5 m <sup>2</sup> |
| Nr 2 (W) | 134,9 m <sup>2</sup> |
| Nr 3 (N) | 199,8 m <sup>2</sup> |
| Nr 4 (E) | 185,0 m <sup>2</sup> |

Okna:

|     |                     |
|-----|---------------------|
| (S) | 38,4 m <sup>2</sup> |
| (W) | 79,8 m <sup>2</sup> |
| (N) | 30,0 m <sup>2</sup> |
| (E) | 28,1 m <sup>2</sup> |

RAZEM: **679,2 m<sup>2</sup>** **176,3 m<sup>2</sup>**  
 Stropodach: **258,5 m<sup>2</sup>**

Strop nad piwnicą: **258,5 m<sup>2</sup>**

ŁĄCZNA POWIERZCHNIA PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH  $A$ : **1 372,5 m<sup>2</sup>**  
 KUBATURA OGRZEWANA  $V$ : **4 220,4 m<sup>3</sup>**  
 Współczynnik kształtu budynku  $f = 1372,5 / 4220,4 =$  **0,325**

**GRANICZNY WSKAŹNIK  $E_o = 26,6 + 12 * 0,325 =$  **30,5 kWh / (m<sup>3</sup> a)****

*KONIEC*

#### 4.3 Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania (metoda uproszczona)

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynków jest ilością ciepła będącą różnicą strat ciepła i wykorzystywanych zysków ciepła w standardowym sezonie ogrzewczym przy obliczeniowej temperaturze powietrza wewnętrznego, projektowanej wartości strumienia wentylacyjnego oraz temperaturze powietrza zewnętrznego i promieniowaniu słonecznym odpowiadającym średnim wieloletnim warunkom. W metodzie uproszczonej oblicza się je ze wzoru:

$$Q_h = Q_z + Q_o + Q_d + Q_p + Q_{pg} + Q_{sg} + Q_{sp} + Q_v - 0,9 (Q_s + Q_i), \text{ kWh / a} \quad (4.3)$$

gdzie:

$Q_z$  – straty ciepła przez przenikanie przez ściany zewnętrzne w sezonie grzewczym  
 $Q_o$  – straty ciepła przez przenikanie przez okna w sezonie grzewczym  
 $Q_d$  – straty ciepła przez przenikanie przez stropodach w sezonie grzewczym  
 $Q_p$  – straty ciepła przez przenikanie przez strop nad nieogrzewaną piwnicą i przez ściany pomieszczeń ogrzewanych w piwnicach w sezonie grzewczym  
 $Q_{pg}$  – straty ciepła przez przenikanie przez podłogę pomieszczeń ogrzewanych w piwnicach do gruntu w sezonie grzewczym  
 $Q_{sg}$  – straty ciepła przez przenikanie przez części ścian stykające się z gruntem pomieszczeń ogrzewanych w piwnicy w sezonie grzewczym  
 $Q_{sp}$  – straty ciepła przez przenikanie przez strop nad przejazdem w sezonie grzewczym  
 $Q_v$  – straty ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego w sezonie grzewczym  
 $Q_s$  – zyski ciepła od promieniowania słonecznego przez okna w sezonie grzewczym  
 $Q_i$  – wewnętrzne zyski ciepła w sezonie grzewczym

Straty ciepła przez przenikanie **przez ściany zewnętrzne**, okna, stropodach, strop nad przejazdem określa się ze wzoru:

$$Q_n = 100 \sum A_n U_n, \text{ kWh / a} \quad (4.4)$$

gdzie:

$A_n$  – pole powierzchni danej przegrody n (lub jej części)  
 $U_n$  – współczynnik przenikania ciepła danej przegrody n (lub jej części)

Straty ciepła przez przenikanie **przez strop nad piwnicą nieogrzewaną** lub ściany między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi w piwnicy określa się ze wzoru:

$$Q_n = 70 \sum A_n U_n, \text{ kWh / a} \quad (4.5)$$

gdzie:

$A_n$  – pole powierzchni danej przegrody n (lub jej części)  
 $U_n$  – współczynnik przenikania ciepła danej przegrody n (lub jej części)

Straty ciepła na **ogrzanie powietrza wentylacyjnego** obliczać można ze wzoru:

$$Q_v = 38 \psi, \text{ kWh / a} \quad (4.6)$$

w którym:

$\psi$  – wymagany sumaryczny strumień powietrza wentylacyjnego dla budynku.

Zyski ciepła w sezonie grzewczym **od promieniowania słonecznego** przez przegrody przezroczyste oblicza się ze wzoru:

$$Q_n = 0,6 \sum A_n TR_n S_n, \text{ kWh / a} \quad (4.7)$$

w którym:

$A_n$  - pole powierzchni danej przegrody przezroczystej (w świetle ościeży) o n-tej orientacji  
 $TR_n$  – współczynnik przepuszczalności promieniowania szyb o n-tej orientacji  
 $S_n$  – suma promieniowania całkowitego na płaszczyznę pionową o n-tej orientacji  
 0,6 – średni udział pola powierzchni szyb w całkowitej powierzchni okna

Tablica 4.1: Energia całkowitego promieniowania słonecznego dla płaszczyzn pionowych o różnych orientacjach, kWh/m<sup>2</sup>

| Orientacja     | S   | S-W | W   | N-W | N   | N-E | E   | S-E |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| promieniowanie | 350 | 310 | 220 | 160 | 145 | 165 | 235 | 320 |

Tablica 4.2: Wartość współczynnika przepuszczania promieniowania słonecznego TR

| l.p. | Rodzaj oszklenia   | TR   |
|------|--|------|
| 1.   | Pojedyncze   | 0,82 |
| 2.   | Podwójne   | 0,70 |
| 3.   | Potrójne lub z szybą zespoloną jednokomorową z jedną powłoką niskoemisyjną | 0,64 |
| 4.   | j.w lecz przestrzeń między szybami wypełniona argonem                      | 0,64 |
| 5.   | Szyba zespolona dwukomorowa z powłoką niskoemisyjną                        | 0,55 |
| 6.   | Szyba specjalna  | 0,50 |

Wewnętrzne zyski ciepła obliczać należy ze wzoru:

$$Q_i = 5,3 [80 N + 275 Lm], \text{ kWh / a} \quad (4.8)$$

w którym:

N – liczba osób przebywających w budynku

Lm – liczba mieszkań w budynku

#### 4.4 Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania

Wskaźnik ten jest stosunkiem sezonowego zapotrzebowania na ciepło  $Q_h$  do kubatury ogrzewanej części budynku  $V$ .

$$E = Q_h / V,$$

*PRZYKŁAD 4 (cd. przykładu 3):*

Współczynnik przenikania ciepła:

- ściana Nr 1 do 4: 0,40
- strop nad piwnicą: 0,60
- stropodach: 0,30
- okna 2,0 (TR=0,64)

Strumień powietrza wentylującego:

Kuchnie: 20 x 70 m<sup>3</sup>/h = 1 400 m<sup>3</sup>/h

Łazienki: 20 x 30 m<sup>3</sup>/h = 600 m<sup>3</sup>/h

WC: 20 x 50 m<sup>3</sup>/h = 1 000 m<sup>3</sup>/h

**Razem: 3 000 m<sup>3</sup>/h**



| SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA                                  |                            |                            |                |                        |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------|------------------------|
| <b>1. Dane geometryczne budynku</b>   |                            |                            |                |                        |
| Kubatura ogrzewana  | V = 4220,40 m <sup>3</sup> |                            |                |                        |
| Pole powierzchni przegród zewnętrznych  | A = 1372,5 m <sup>2</sup>  |                            |                |                        |
| Współczynnik kształtu   | f = 0,325                  |                            |                |                        |
| <b>2. Straty ciepła w sezonie przez przenikanie</b>                               |                            |                            |                |                        |
|   | <b>A, m<sup>2</sup></b>    | <b>U, W/m<sup>2</sup>K</b> | <b>mnożnik</b> | <b>iloczyn, kWh</b>    |
| Ściany zewnętrzne   | 159,50                     | 0,40                       | <b>100</b>     | 6 380                  |
|   | 134,90                     | 0,40                       | <b>100</b>     | 5 396                  |
|   | 199,80                     | 0,40                       | <b>100</b>     | 7 992                  |
|   | 185,00                     | 0,40                       | <b>100</b>     | 7 400                  |
| Okna  | (S) 38,40                  | 2,00                       | <b>100</b>     | 7 680                  |
|   | (W) 79,80                  | 2,00                       | <b>100</b>     | 15 960                 |
|   | (N) 30,00                  | 2,00                       | <b>100</b>     | 6 000                  |
|   | (E) 28,10                  | 2,00                       | <b>100</b>     | 5 620                  |
| Stropodach  | 258,50                     | 0,30                       | <b>100</b>     | 7 755                  |
| Strop nad piwnicą   | 258,50                     | 0,60                       | <b>70</b>      | 10 857                 |
|   |                            |                            | <b>RAZEM:</b>  | <b>81 040</b>          |
| <b>3. Straty ciepła w sezonie na wentylację</b>                                   |                            |                            |                |                        |
|   | <b>Lm</b>                  | <b>Vj</b>                  | <b>V</b>       | <b>KWh</b>             |
| Kuchnia   | 20                         | 70                         | 1400           |                        |
| Łazienka  | 20                         | 50                         | 1000           |                        |
| WC  | 20                         | 30                         | 600            |                        |
|   |                            |                            | <b>38 x</b>    | <b>= 114 000</b>       |
| <b>4. Zyski ciepła od promieniowania słonecznego</b>                              |                            |                            |                |                        |
|   | <b>A, m<sup>2</sup></b>    | <b>TR</b>                  | <b>S</b>       | <b>0,6 A TR S, kWh</b> |
| Okna  | (S) 38,40                  | 0,64                       | <b>350</b>     | 5 161                  |
|   | (W) 79,80                  | 0,64                       | <b>220</b>     | 6 742                  |
|   | (N) 30,00                  | 0,64                       | <b>145</b>     | 1 670                  |
|   | (E) 28,10                  | 0,64                       | <b>235</b>     | 2 536                  |
|   |                            |                            | <b>RAZEM:</b>  | <b>16 109</b>          |
| <b>5. Wewnętrzne zyski ciepła</b>   |                            |                            |                |                        |
| Liczba osób N   | <b>80 N</b>                | <b>Lm</b>                  | <b>275 Lm</b>  | <b>80 N + 275 Lm</b>   |
| 80  | 6 400                      | 20                         | 5 500          | 11 900                 |
|   |                            |                            | <b>5,3 x</b>   | <b>= 63 070</b>        |
| <b>6. Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania, kWh/ a</b>                |                            |                            |                |                        |
| <b>poz. (1. + 2. + 3. - 0,9 (4. + 5.))</b>  |                            |                            | <b>Qh</b>      | <b>= 123 779</b>       |
| <b>7. Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło E, kWh/ (m<sup>3</sup> a)</b> |                            |                            |                |                        |
| <b>E = 123 779 / 4220,40 =</b>  |                            |                            |                | <b>29,33</b>           |
| <b>8. Graniczny wskaźnik sezonowego zapotrzebowania Eo</b>                        |                            |                            |                |                        |
|   |                            |                            |                | <b>30,50</b>           |
| <b>E &lt; Eo spełniony warunek</b>  |                            |                            |                |                        |

**Komentarz:** w przypadku gdy nie zostanie spełniony warunek graniczny należy skorygować konstrukcję przegród zewnętrznych (o największym udziale w stratach ciepła), tak aby zmniejszyć wartość współczynnika przenikania ciepła. W przypadku gdy natomiast wartość wskaźnika sezonowego jest dużo mniejsza od granicznej można się zastanowić nad zwiększeniem wartości współczynników przenikania ciepła.

**KONIEC**

## 5. Obliczenia zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń.

Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło pomieszczeń  $Q$  określane jest ze wzoru:

$$Q = Q_p (1 + d_1 + d_2) + Q_w, W \quad (5.1)$$

w którym:

$Q_p$  - straty ciepła przez przenikanie, W

$Q_w$  - straty ciepła w wyniku wentylacji, W

$d_1$  - dodatek dla wyrównania wpływu niskich temperatur powierzchni przegród chłodzących

$d_2$  - dodatek uwzględniający efekt nasłonecznienia przegród i pomieszczeń

**Straty ciepła przez przenikanie**  $Q_p$  określa się jako sumę strat (zysków) ciepła poszczególnych przegród pomieszczenia  $Q_o$ .

$$Q_p = \sum Q_o, W \quad (5.2)$$

Straty (zyski) ciepła dla przegrody budowlanej pomieszczenia (komponenty budowlanej)  $Q_o$  wyznacza się ze wzoru:

$$Q_o = U A (t_i - t_e), W \quad (5.3)$$

w którym:

$U$  - współczynnik przenikania ciepła określony zgodnie z PN-EN ISO 6946: 1999r, bez mostków termicznych,  $W/m^2K$

$t_i, t_e$  - obliczeniowe temperatury powietrza w pomieszczeniu oraz w przestrzeni po drugiej stronie przegrody,  $^{\circ}C$

$A$  - powierzchnia przegrody lub jej części,  $m^2$

Stratę lub zysk ciepła przez poszczególne przegrody pomieszczenia uwzględniamy w bilansie ciepła, gdy różnica temperatur powietrza w przestrzeniach po obu stronach tej przegrody jest co najmniej równa 4 K. Powierzchnię przegrody wyznaczmy przyjmując jej wymiary w osiach przegród ją ograniczających. Wyjątkiem są otwory okien i drzwi, których wymiary przyjmować należy wg zewnętrznych wymiarów ościeżnic.

Dodatek  $d_1$  określamy w zależności od liczby przegród chłodzących (tj. takich dla których  $(t_i - t_e) \geq 18^{\circ}C$ ). Jego wartość przyjmuje się zgodnie z tabelą:

| Liczba przegród chłodzących pomieszczenia | 1    | 2    | 3    | 4 i więcej |
|---|------|------|------|------------|
| parter                                    | 0,10 | 0,13 | 0,15 | 0,18       |
| wyższe piętra                             | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 0,08       |

Dodatek  $d_2$  określamy natomiast w zależności od usytuowania względem stron świata przegród zewnętrznych. W przypadku więcej niż jedna przegroda zewnętrzna przyjmuje się jego wartość jako średnią arytmetyczną wartości odpowiadających usytuowaniu każdej z przegród.

| Strona świata | NE, N, NW | W, E  | SW, S, SE | stropodach |
|---------------|-----------|-------|-----------|------------|
| $d_2$         | 0         | -0,05 | -0,10     | -0,05      |

Straty ciepła na wentylację  $Q_w$  określa wzór:

$$Q_w = \dot{U} c_p \rho (t_i - t_e), W \quad (5.4)$$

w którym:

$\dot{U}$  – strumień objętościowy powietrza wentylującego,  $m^3/s$

$c_p$  – ciepło właściwe powietrza,  $J / (kg K)$ , ( $1,020 KJ / (kg K)$ )

$\rho$  – gęstość powietrza,  $kg / m^3$ , ( $1,2 kg / m^3$ )

$t_i, t_e$  – obliczeniowe temperatury powietrza w pomieszczeniu powietrza zewnętrznego,  $^{\circ}C$

Dla pomieszczeń użytkowanych co najmniej 12 h w ciągu doby (budynki mieszkalne, zamieszkania zbiorowego, szpitale) straty ciepła na wentylację  $Q_w$  należy obliczać ze wzoru:

$$Q_w = [ 0,34 (t_i - t_e) - 9 ] V, W \quad (5.5)$$

w którym:

$V$  – kubatura pomieszczenia,  $m^3$

W przypadku pomieszczeń użytkowanych poniżej 12 h (np. użyteczności publicznej) wzór przyjmuje postać

$$Q_w = [ 0,34 (t_i - t_e) - 7 ] V, W \quad (5.6)$$

Gdy  $Q_w$  określone wg wzorów (5.5) lub (5.6) przyjmuje wartość mniejszą od zera, należy przyjąć  $Q_w = 0$ .

**Zapotrzebowanie na ciepło budynku  $Q_B$**  jest sumą zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń. W przypadku, gdy obiekt jest zasilany w ciepło ze źródeł scentralizowanych należy przyjmować 90% sumy zapotrzebowania pomieszczeń.

**Klatka schodowa.** Przy ustalaniu strat ciepła dla klatek schodowych przyjmuje się jej temperaturę jednakową na całej wysokości. Temperatura ta przyjęta powinna być zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury [1]. W przypadku zysków ciepła do klatki schodowej oraz strat ciepła pomieszczeń przez przegrody ją otaczające temperaturę na klatce schodowej zwiększa się przyjmując przyrost 2 K na każdą kondygnację, aż do momentu wyrównania z temperaturą pomieszczeń otaczających.

*PRZYKŁAD:*

Załącznik nr 1 normy PN-94/B-03406

### **OGRZEWANIE BUDYNKU**

**Budynek mieszkalny nr XIX/97**  
**ul. Słomiana 27-34, Kalisz**  
(nazwa budynku zgodnie z projektem budowlanym, adres)

Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło budynku: **13,42 kW**

Kubatura budynku: **1300 m<sup>3</sup>**, Powierzchnia ogrzewanych pomieszczeń: **520 m<sup>2</sup>**

Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła na m<sup>3</sup> budynku: **10,32 W / m<sup>3</sup>**,

na m<sup>2</sup> powierzchni ogrzewanych pomieszczeń: **25,81 W / m<sup>2</sup>**,

*Współczynnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło: 24,23 kWh / m<sup>3</sup> a,*

*Współczynnik kształtu: 0,325*

*Graniczny wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło: 30,5 kWh / m<sup>3</sup> a,*

Założenia do obliczeń:

Rodzaj ogrzewania: **wodne pompowe:**

Obliczeniowe temperatury wody: **70 / 50°C**

Ciśnienie pary: **---- kPa**

Strefa klimatyczna: **III**

Obliczeniowa temperatura poddasza: **-10°C**

Obliczeniowa temperatura piwnic nieogrzewanych: **0°C**

Przyjęta technika obliczeń: *Obliczenia wykonano w całości przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Exel w.PL2000*

**KONIEC**