



*Instytut Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza  
Wydział Inżynierii Środowiska  
Politechnika Wroclawska*

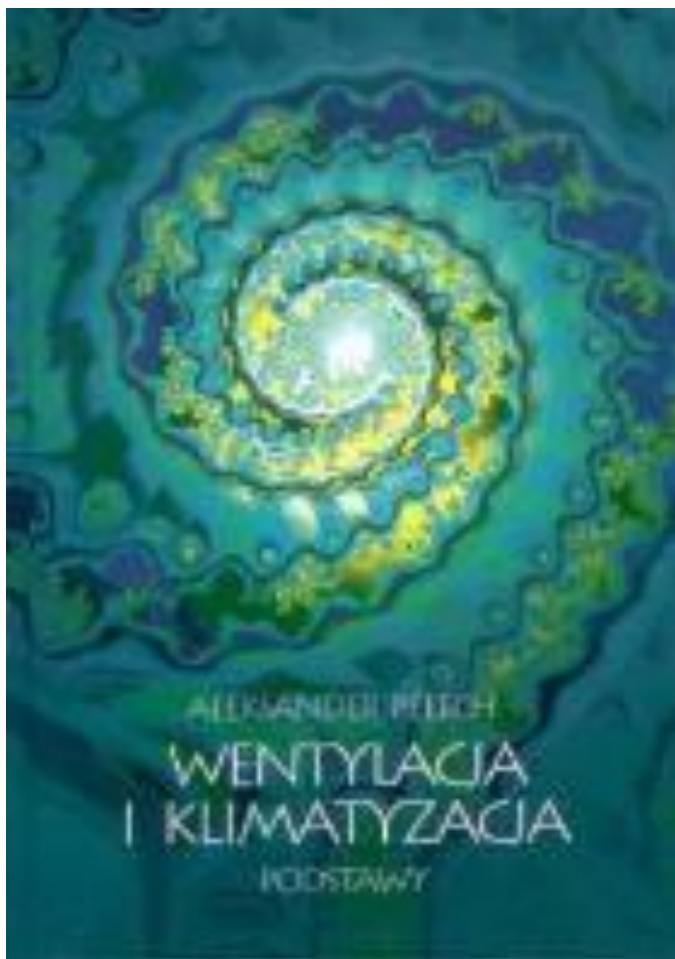
# WENTYLACJA I KLIMATYZACJA

## Bilans ciepła okresu letniego

Pomieszczenia z całorocznym normowaniem temperatury  
(pomieszczenia chłodzone)



# Literatura



Materiały niezbędne do wykonania bilansu ciepła dla okresu letniego:

Pelech A. „*Wentylacja i klimatyzacja. Podstawy*”

Inna literatura z zakresu wentylacji i klimatyzacji:

Pelech A., Szczęśniak S. „*Wentylacja i klimatyzacja. Zadania z rozwiązaniami i komentarzem*”

Przydróżny St. „*Wentylacja*”

Malicki M. „*Wentylacja i klimatyzacja*”

Jones W.P. „*Klimatyzacja*”

# Wprowadzenie

Jednym z najważniejszych parametrów instalacji wentylacyjnej jest **strumień powietrza wentylującego**.

Skuteczność pracy systemu wentylacyjnego jest związana z prawidłowym obliczeniem jego objętości.

Dla pomieszczeń, w których głównym zanieczyszczeniem jest ciepło jawne strumień powietrza oblicza się ze wzoru:

$$V = \frac{Q_{zby(oc)}^{\max}}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta t_p^{\max}}, \quad \frac{m^3}{s}$$

Gdzie:

$Q_{zby(oc)}^{\max}$  - maksymalna wartość bilansu ciepła jawnego obliczona dla pomieszczenia, kW,

$\rho$  - gęstość powietrza, kg/m<sup>3</sup>,

$c_p$  - ciepło właściwe powietrza, kJ/kgK,

$\Delta t_p^{\max}$  - maksymalny przyrost temperatury powietrza w pomieszczeniu, K.

$$\Delta t_p^{\max} = 6 \dots 8K$$

# Wprowadzenie

Bilans ciepła jawnego może być wyznaczony ze wzoru:

$$Q_{zby(oc)} = Q_{pn} + Q_{pp} + Q_{ośw} + Q_{jT} + Q_{jL}$$

Gdzie:

$Q_{pn}$  - bilans ciepła przez przegrody nieprzezroczyste, kW,

$Q_{pp}$  - bilans ciepła przez przegrody przezroczyste, kW,

$Q_{ośw}$  - zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego, kW,

$Q_{jT}$  - zyski ciepła jawnego od technologii, kW,

$Q_{jL}$  - zyski ciepła jawnego od ludzi, kW.

Wyznaczenie wartości **maksymalnego obciążenia cieplnego pomieszczenia** związane jest z **ustaleniem miesiąca i godziny** (czyli także temperatury powietrza zewnętrznego), dla których **suma poszczególnych składników osiąga wartość maksymalną.**

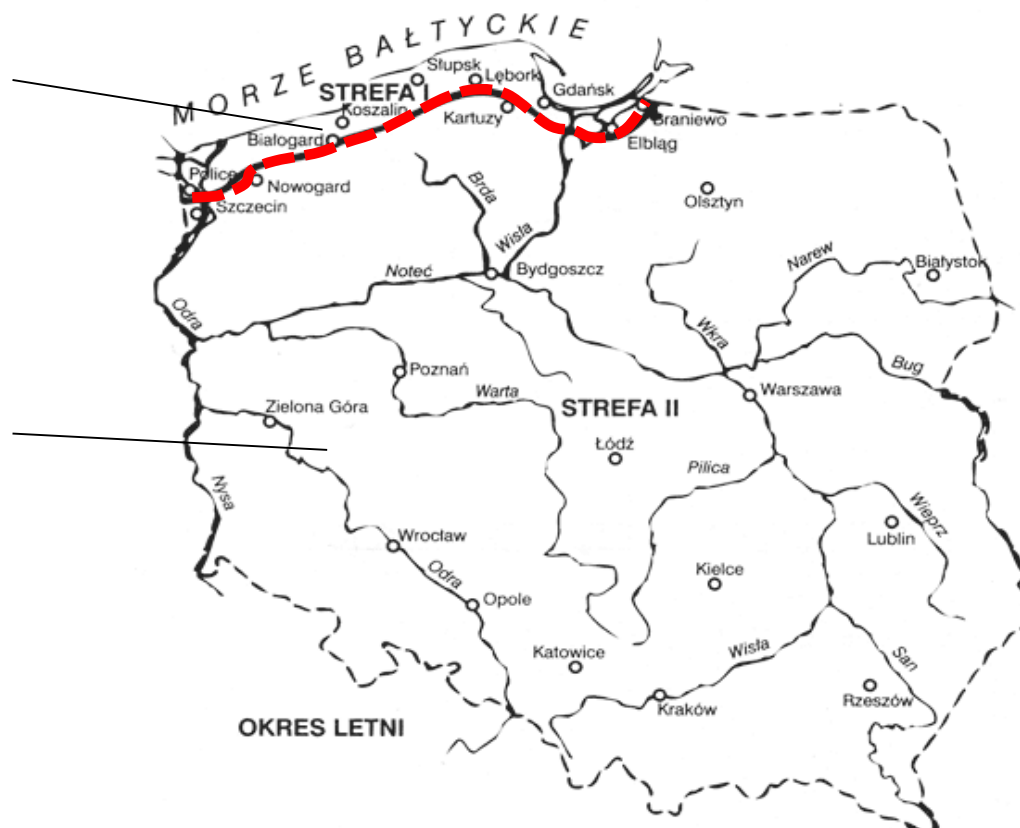


# Obliczeniowe parametry powietrza zewnętrznego - okres letni

PN-76/B-03420 – „Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego” (NORMA ARCHIWALNA)

**STREFA I**  
obszar Polski  
północnej  
 $t_{zobl} = +28^{\circ}\text{C}$  (27,5°C)

**STREFA II**  
obszar Polski  
środkowej  
i południowej  
 $t_{zobl} = +30^{\circ}\text{C}$



# Obliczeniowe parametry powietrza zewnętrznego - okres letni

Tabela 1. Obliczeniowe temperatury powietrza zewnętrznego

godz. doby	POLSKA ŚRODKOWA I POŁUDNIOWA					POLSKA POŁNOČNA				
	temperatura w °C w miesiącu					temperatura w °C w miesiącu				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
1	15,0	18,6	19,5	19,5	16,7	13,7	18,4	19,2	19,2	16,7
2	14,5	18,2	19,0	19,0	16,4	13,5	18,1	18,7	18,7	16,5
3	14,0	17,9	18,5	18,5	16,1	13,2	17,8	18,3	18,3	16,3
4	13,7	17,6	18,0	18,0	15,9	13,1	17,6	18,0	18,0	16,1
5	13,5	17,5	18,0	17,8	15,7	13,0	17,5	18,0	18,0	16,0
6	13,7	17,6	18,5	18,0	15,8	13,3	17,6	18,2	18,2	16,1
7	14,6	19,1	20,4	20,0	16,8	13,6	18,1	19,0	19,0	16,5
8	16,0	20,9	22,6	23,0	18,8	14,4	19,0	20,0	20,0	17,2
9	18,0	22,8	24,6	24,9	21,0	15,6	20,1	21,5	21,5	18,4
10	19,4	24,7	26,1	26,1	23,0	17,3	21,7	23,3	23,3	19,7
11	21,5	26,2	27,4	27,4	24,0	19,1	23,4	25,0	25,0	21,2
12	22,8	27,8	28,4	28,4	25,0	20,9	24,8	26,3	26,3	22,2
13	23,9	28,0	29,3	29,3	25,5	22,2	25,8	27,1	27,1	23,2
14	24,3	28,4	29,8	29,8	25,9	23,0	26,3	27,4	27,4	23,8
15	24,5	28,5	30,0	30,0	26,0	23,5	26,5	27,5	27,5	24,0
16	24,1	28,2	29,9	29,9	25,6	23,0	26,4	27,4	27,4	23,9
17	23,1	27,6	29,5	29,5	24,5	22,0	25,8	27,0	27,0	23,3
18	21,7	26,5	28,5	28,5	23,3	20,5	24,8	26,0	26,0	22,1
19	20,3	25,4	27,0	27,0	21,9	19,0	23,6	24,8	24,8	20,5
20	19,0	24,0	25,5	25,5	20,5	17,4	22,5	23,8	23,8	19,1
21	18,0	22,6	24,0	24,0	19,1	16,4	21,5	22,6	22,6	18,3
22	17,0	21,5	22,5	22,5	18,2	15,4	20,5	21,6	21,6	17,8
23	16,2	20,4	21,0	21,0	17,5	14,5	19,5	20,7	20,7	17,4
24	15,5	19,5	20,0	20,0	17,0	14,0	18,7	19,7	19,7	17,0
<b>t<sub>z,ext</sub></b>	<b>18,3</b>	<b>22,9</b>	<b>24,0</b>	<b>24,0</b>	<b>20,4</b>	<b>17,2</b>	<b>21,5</b>	<b>22,5</b>	<b>22,5</b>	<b>19,3</b>

# Temperatura powietrza w pomieszczeniu

$$t_{p(oc)} = \frac{t_{p(oz)} + t_z}{2}$$

**LIPIEC**

godz.		8	10	12	14	16	18	20
$t_{z(oc)}$	°C	22,6	26,1	28,4	29,8	29,9	28,5	25,5
$t_{p(oc)}$	°C	21,3	23	24,2	24,9	25	24,3	22,7

**WRZESIEŃ**

godz.		8	10	12	14	16	18	20
$t_{z(oc)}$	°C	18,8	23	25	25,9	25,6	23,3	20,5
$t_{p(oc)}$	°C	20	21,5	22,5	23,0	22,8	21,7	20,3

**Uwaga:**

Jeżeli obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniu  $t_{p(oc)} = \frac{t_{p(oz)} + t_z}{2} < t_{p(oz)}$  wtedy

$$t_{p(oc)} = t_{p(oz)}$$



# Wzory obliczeniowe

Przykład:  
WRZESIEŃ

godz.		8	10	12	14	16	18	20
$t_z$	°C	18,8	23	25	25,9	25,6	23,3	20,5
$t_p$	°C	20	21,5	22,5	23,0	22,8	21,7	20,3
$\Delta tr'$	°C	$\Delta t_r + (t_{zsr} - 24,5) + (22 - t_p)$						
$Q_{NP}$	W	$A_{NP} \cdot U \cdot \Delta t_r'$						
$Q_{PP}$	W	$Q_P + Q_R$						
$Q_P$	W	$A_o \cdot U \cdot (t_z - t_p)$						
$Q_R$	W	$[A_1 \cdot I_{Cmax} + (A - A_1) \cdot I_{Rmax}] \cdot b \cdot s$						
$Q_{o\acute{s}w}$	W	$N_{el} \cdot F \cdot [\beta + (1 - \alpha - \beta) \cdot k_o] \cdot \varphi$						
$Q_{Lj}$	W	$q_j \cdot n \cdot \varphi$						
$Q_T$	W	$Q_T \cdot \varphi$						
$Q_{z\acute{b}j(oc)}$	W	$Q_{NP} + Q_{PP} + Q_{o\acute{s}w} + Q_{Lj} + Q_T$						

# Zyski ciepła przez przegrody nieprzezroczyste

$$Q_{PN} = U \cdot A \cdot \Delta t_r'$$

Odczytane z tabeli temperatur powietrza zewnętrznego

$$\Delta t_r' = \Delta t_r + (t_{sr}^z - 24,5) + (22 - t_p)$$

Obliczone na samym początku bilansu, zmienne w godzinach

Odczytane z tabeli dla konkretnej przegrody (ścian i stropodachu)

**Tabela 1.** Wartości równoważnej temperatury  $\Delta t_r$  (K) dla najczęściej występujących klas konstrukcyjnych stropodachów nasłonecznionych i zacienionych.

Temperatura powietrza wewnętrznego- stała  $t_p = 22^\circ\text{C}$ ; zewnętrznego – średnia dobowa  $t_{sr}^z = 24,5^\circ\text{C}$

powierzchnia pozioma	czas słoneczny																		
	2	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24
	klasa 5																		
nasłoneczniona	9,4	5,7	2,9	2,1	1,9	2,7	4,3	6,8	9,9	13,3	16,6	19,6	22,0	23,6	24,3	24,0	22,8	18,6	13,7
zacieniona	0,3	-1,4	-2,9	-3,4	-3,7	-3,6	-3,3	-2,7	-1,9	-0,9	0,1	1,2	2,1	3,0	3,7	4,1	4,3	3,6	2,0
	klasa 6																		
nasłoneczniona	13,7	12,0	10,4	9,6	9,0	8,6	8,5	8,7	9,3	10,1	11,2	12,4	13,7	14,8	15,7	16,4	16,8	16,6	15,4
zacieniona	1,1	0,5	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,2	-1,2	-1,1	-1,0	-0,7	-0,4	0,0	0,4	0,8	1,1	1,4	1,7	1,6

# Zyski ciepła przez przegrody nieprzezroczyste

Tabela 1. Obliczeniowe temperatury powietrza zewnętrznego

godz. doby	POLSKA ŚRODKOWA I POŁUDNIOWA					POLSKA POŁNOČNA				
	temperatura w °C w miesiącu					temperatura w °C w miesiącu				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
1	15,0	18,6	19,5	19,5	16,7	13,7	18,4	19,2	19,2	16,7
2	14,5	18,2	19,0	19,0	16,4	13,5	18,1	18,7	18,7	16,5
3	14,0	17,9	18,5	18,5	16,1	13,2	17,8	18,3	18,3	16,3
4	13,7	17,6	18,0	18,0	15,9	13,1	17,6	18,0	18,0	16,1
5	13,5	17,5	18,0	17,8	15,7	13,0	17,5	18,0	18,0	16,0
6	13,7	17,6	18,5	18,0	15,8	13,3	17,6	18,2	18,2	16,1
7	14,6	19,1	20,4	20,0	16,8	13,6	18,1	19,0	19,0	16,5
8	16,0	20,9	22,6	23,0	18,8	14,4	19,0	20,0	20,0	17,2
9	18,0	22,8	24,6	24,9	21,0	15,6	20,1	21,5	21,5	18,4
10	19,4	24,7	26,1	26,1	23,0	17,3	21,7	23,3	23,3	19,7
11	21,5	26,2	27,4	27,4	24,0	19,1	23,4	25,0	25,0	21,2
12	22,8	27,8	28,4	28,4	25,0	20,9	24,8	26,3	26,3	22,2
13	23,9	28,0	29,3	29,3	25,5	22,2	25,8	27,1	27,1	23,2
14	24,3	28,4	29,8	29,8	25,9	23,0	26,3	27,4	27,4	23,8
15	24,5	28,5	30,0	30,0	26,0	23,5	26,5	27,5	27,5	24,0
16	24,1	28,2	29,9	29,9	25,6	23,0	26,4	27,4	27,4	23,9
17	23,1	27,6	29,5	29,5	24,5	22,0	25,8	27,0	27,0	23,3
18	21,7	26,5	28,5	28,5	23,3	20,5	24,8	26,0	26,0	22,1
19	20,3	25,4	27,0	27,0	21,9	19,0	23,6	24,8	24,8	20,5
20	19,0	24,0	25,5	25,5	20,5	17,4	22,5	23,8	23,8	19,1
21	18,0	22,6	24,0	24,0	19,1	16,4	21,5	22,6	22,6	18,3
22	17,0	21,5	22,5	22,5	18,2	15,4	20,5	21,6	21,6	17,8
23	16,2	20,4	21,0	21,0	17,5	14,5	19,5	20,7	20,7	17,4
24	15,5	19,5	20,0	20,0	17,0	14,0	18,7	19,7	19,7	17,0
$t_{z\acute{e}r}$	18,3	22,9	24,0	24,0	20,4	17,2	21,5	22,5	22,5	19,3

# Zyski ciepła przez przegrody przezroczyste

Bilans ciepła przez przegrody przezroczyste stanowią sumę zysków i strat ciepła przez **przenikanie** oraz zyski ciepła przez **promieniowanie**:

$$Q_{pp} = Q_p + Q_R$$

**Strumień ciepła przez przenikanie:**

$$Q_p = A_0 \cdot U_0 \cdot (t_z - t_p)$$

Powierzchnia okna w świetle muru (otwór okienny)

Współczynnik przenikania ciepła (założony)

Z tabeli bilansowej, zmienne w godzinach

Powierzchnia szyb w oknie

**Zyski ciepła przez promieniowanie:**

$$Q_R = [A_1 \cdot I_c^{max} + (A - A_1) \cdot I_r^{max}] \cdot b \cdot s$$

Nastoneczniona powierzchnia szyb

Maksymalna wartość natężenia promieniowania całkowitego (część szyby, na którą bezpośrednio padają promienie słoneczne)

Współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego przez okno (gatunek szkła, liczba szyb, osłony przeciwsłoneczne)

Zacieniona powierzchnia szyb

Maksymalna wartość natężenia promieniowania rozproszonego (zacieniona część szyby np. jakimś elementem budynku, innym budynkiem)

Współczynnik akumulacji

# Zyski ciepła przez przegrody przezroczyste

**Powierzchnia szyb w oknie:**

$$A = A_0 \cdot g$$

*Powierzchnia okna  
w świetle muru  
(otwór okienny)*

*% szyby w  
powierzchni okna*

Tabela 3. Udział powierzchni przeszklonej  $g$  dla różnych konstrukcji okien

konstrukcja okna	Powierzchnia otworu okiennego w świetle muru $A_0$ , m <sup>2</sup>									
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
okna drewniane, pojedynczo lub podwójnie oszklone, zespolone (szwedzkie)	0,47	0,58	0,63	0,67	0,69	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75
okna drewniane, skrzynkowe, podwójnie oszklone	0,36	0,48	0,55	0,60	0,62	0,65	0,68	0,69	0,70	0,71
okna metalowe	0,56	0,77	0,83	0,86	0,87	0,88	0,90	0,90	0,90	0,90
okna wystawowe, świetliki	0,90									
oszkłone drzwi balkonowe	0,50									

# Zyski ciepła przez przegrody przezroczyste

**Tabela 8.** Natężenie promieniowania słonecznego całkowitego i rozproszonego przechodzącego do pomieszczenia przez okno podwójnie oszklone normalnym szkłem okiennym dla średnich miesięcznych wskaźników przejrzystości atmosfery (obszary miejskie i przemysłowe)

dzień miesiąc	kierunek	promie- niowanie	czas słoneczny w godzinach																
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
23 lipiec T= 6,1	NE	całkowite	0	89	232	293	261	170	106	100	96	92	87	79	69	56	39	18	0
		rozprosz.	0	45	96	114	116	110	100	100	100	96	92	87	79	69	56	39	18
	E	całkowite	0	87	264	397	452	421	316	178	108	97	88	79	68	56	39	18	0
		rozprosz.	0	44	106	139	152	148	136	121	108	97	88	79	68	56	39	18	0
	SE	całkowite	0	38	143	271	373	425	420	356	248	140	99	84	70	55	39	18	0
		rozprosz.	0	27	72	110	136	148	151	144	131	115	99	84	70	55	39	18	0
	S	całkowite	0	18	42	65	102	180	267	332	354	332	267	180	102	65	42	18	0
		rozprosz.	0	18	42	65	89	111	129	141	144	141	129	111	89	65	42	18	0
	SW	całkowite	0	18	39	55	70	84	99	140	248	356	420	425	373	271	143	38	0
		rozprosz.	0	18	39	55	70	84	99	115	131	144	151	148	136	110	72	27	0
	W	całkowite	0	18	39	56	68	79	88	97	108	178	316	421	452	397	264	87	0
		rozprosz.	0	18	39	56	68	79	88	97	108	121	136	148	152	139	106	44	0
	NW	całkowite	0	18	39	56	69	79	87	92	96	100	106	170	261	293	232	89	0
		rozprosz.	0	18	39	56	69	79	87	92	96	100	104	110	116	114	96	45	0
	N	całkowite	0	43	71	69	77	84	90	93	94	93	90	84	77	69	71	43	0
		rozprosz.	0	29	55	68	77	84	90	93	94	93	90	84	77	68	55	29	0
pozioma	całkowite	0	24	76	166	282	395	486	543	563	543	486	395	282	166	76	24	0	
	rozprosz.	0	23	53	76	94	108	117	122	124	122	117	108	94	76	53	23	0	
normalna	całkowite	0	96	284	438	542	606	641	659	665	659	641	606	542	438	284	96	0	
	rozprosz.	0	49	115	151	165	166	160	155	153	155	160	166	165	151	115	49	0	

$I_{cmax}, I_{rmax}$

**Maksymalne  
natężenie  
promieniowania  
słonecznego dla  
okien w lipcu**

# Zyski ciepła przez przegrody przezroczyste

Rodzaj szkła	<i>b</i>	Dodatkowe urządzenie przeciwsłoneczne	<i>b</i>
Szkło zwykłe pojedyncze	1,1	<b>Na zewnątrz:</b>	
Szkło zwykłe podwójne	1,0	- żaluzje, kąt otwarcia 45°	0,15
Szkło zwykłe potrójne	0,9	- markizy z tkaniny wentylowane od góry i po bokach	0,3'
<b>Szkło pochłaniające:</b>		- markizy z tkaniny obudowane od góry i po bokach	0,4'
- pojedyncze	0,75	żaluzje między szymbami, kąt otwarcia 45°, przestrzeń niewentylowana	0,5
- podwójne (na zewnątrz szkło pochłaniające, wewnątrz)	0,65		
- wiszące szyby pochłaniające (szczelina powietrzna średnio 5 cm)	0,50	<b>Od wewnątrz:</b>	
<b>Szkło odbijające:</b>		- żaluzje, kąt otwarcia 45°, - zasłony jasne, tkanina bawełniana, muślin, włókno sztuczne	0,7 0,5
- pojedyncze (powłoka z tlenku metalu na zewnątrz)	0,65	folia z tworzywa sztucznego	
		- pochłaniająca	0,70
		- metalizowana, odbijająca	0,35
- podwójne (najczęściej powłoka odbijająca po wewnętrznej stronie szyby zewnętrznej, od wewnątrz szkło zwykłe)		<b>Kombinacje:</b> Kombinacje różnych urządzeń przeciwsłonecznych uwzględnia się mnożąc odpowiednie współczynniki.	
- powłoka z tlenku metalu	0,55	<b>Przykład 1</b>	
- powłoka z czystego metalu, np. złoto	0,45	- markiza obudowana ( $b_1 = 0,4$ )	
<b>Pustaki szklane (100 mm) bezbarwne</b>		- podwójne oszklenie ( $b_2 = 1,0$ )	
- gładkie powierzchnie bez wypełnienia	0,45	- firanka muślinowa, biała ( $b_3 = 0,5$ )	
- z wypełnieniem z włókna szklanego	0,65	stąd: $b = b_1 b_2 b_3 = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 0,2$	
- powierzchnie ustrukturyowane (żebra, kraty) bez wypełnienia	0,35	<b>Przykład 2.</b>	
- z wypełnieniem z włókna szklanego	0,45	- szkło odbijające, podwójne, z powłoką z tlenku metalu + zwykłe szkło okienne ( $b_1 = 0,55$ )	
		- zasłona jasna ( $b_2 = 0,5$ )	
		stąd: $b = b_1 (b_2 + 0,2^{\text{D}}) = 0,55 \cdot 0,7 = 0,39$	
		Jeżeli jest to tylko możliwe, zaleca się korzystać ze współczynników uzyskanych drogą doświadczalną.	

*b*

**Współczynnik  
przepuszczalności  
promieniowania  
słonecznego**



# Zyski ciepła przez przegrody przezroczyste

Tabela 4. Dobowe zmiany współczynnika akumulacji 's' energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia przez okno podwójnie oszklone (50° szerokości geograficznej północnej)  
LIPIEC

Orientacja okna	osłony przeciwsłoneczne	czas słoneczny w godzinach																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		Pomieszczenia o konstrukcji średniej																							
NE	zewn. / bez wewn.	0,09	0,08	0,08	0,07	0,23	0,44	0,54	0,51	0,40	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10
E	zewn. / bez wewn.	0,09	0,08	0,08	0,07	0,18	0,33	0,49	0,56	0,56	0,49	0,37	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10
SE	zewn. / bez wewn.	0,10	0,10	0,09	0,08	0,12	0,23	0,37	0,49	0,57	0,60	0,56	0,41	0,37	0,32	0,29	0,27	0,24	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11
S	zewn. / bez wewn.	0,12	0,11	0,10	0,10	0,11	0,13	0,15	0,19	0,29	0,42	0,53	0,59	0,60	0,58	0,46	0,36	0,31	0,27	0,23	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13
SW	zewn. / bez wewn.	0,15	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,21	0,33	0,46	0,56	0,61	0,60	0,54	0,42	0,30	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16
W	zewn. / bez wewn.	0,14	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,23	0,37	0,50	0,58	0,59	0,52	0,36	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	
NW	zewn. / bez wewn.	0,14	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,22	0,21	0,18	0,15	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	
N	zewn. / bez wewn.	0,25	0,23	0,21	0,20	0,46	0,56	0,52	0,57	0,63	0,68	0,72	0,75	0,77	0,75	0,72	0,69	0,75	0,69	0,41	0,36	0,33	0,30	0,28	
normalna pozioma	zewn. / bez wewn.	0,23	0,21	0,19	0,18	0,25	0,37	0,48	0,56	0,62	0,66	0,70	0,73	0,75	0,76	0,74	0,69	0,61	0,47	0,36	0,32	0,29	0,27	0,25	
		0,12	0,11	0,10	0,09	0,24	0,44	0,60	0,70	0,77	0,81	0,84	0,86	0,86	0,86	0,84	0,79	0,71	0,56	0,35	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13
		0,16	0,14	0,13	0,12	0,13	0,16	0,23	0,33	0,43	0,52	0,59	0,64	0,66	0,64	0,52	0,45	0,34	0,28	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	
		0,08	0,08	0,07	0,06	0,09	0,15	0,26	0,41	0,56	0,68	0,77	0,81	0,80	0,59	0,52	0,37	0,24	0,17	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	
		Pomieszczenia o konstrukcji ciężkiej																							
NE	zewn. / bez wewn.	0,12	0,12	0,11	0,11	0,24	0,41	0,48	0,46	0,36	0,29	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25	0,24	0,22	0,20	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13
E	zewn. / bez wewn.	0,12	0,12	0,11	0,11	0,20	0,34	0,46	0,50	0,49	0,43	0,33	0,28	0,26	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13
SE	zewn. / bez wewn.	0,14	0,14	0,13	0,13	0,16	0,23	0,36	0,45	0,51	0,53	0,50	0,42	0,34	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23	0,20	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
S	zewn. / bez wewn.	0,08	0,07	0,07	0,07	0,13	0,31	0,51	0,66	0,74	0,74	0,64	0,48	0,31	0,25	0,22	0,20	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
SW	zewn. / bez wewn.	0,16	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,21	0,29	0,39	0,48	0,53	0,49	0,41	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,17	0,17
W	zewn. / bez wewn.	0,17	0,16	0,16	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,23	0,32	0,42	0,50	0,54	0,53	0,47	0,38	0,28	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,18
NW	zewn. / bez wewn.	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,25	0,42	0,60	0,72	0,76	0,70	0,57	0,38	0,20	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
N	zewn. / bez wewn.	0,32	0,30	0,29	0,27	0,49	0,57	0,53	0,57	0,61	0,65	0,68	0,70	0,71	0,71	0,70	0,67	0,64	0,70	0,65	0,45	0,39	0,37	0,35	0,33
normalna pozioma	zewn. / bez wewn.	0,28	0,27	0,26	0,25	0,31	0,41	0,49	0,55	0,59	0,63	0,65	0,67	0,68	0,69	0,68	0,64	0,57	0,47	0,37	0,35	0,33	0,31	0,30	
		0,15	0,14	0,14	0,13	0,27	0,46	0,60	0,69	0,75	0,79	0,81	0,83	0,83	0,83	0,81	0,76	0,68	0,55	0,40	0,18	0,17	0,17	0,17	
		0,20	0,19	0,18	0,17	0,18	0,20	0,26	0,33	0,41	0,48	0,54	0,57	0,58	0,57	0,53	0,47	0,40	0,33	0,29	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21
		0,10	0,10	0,10	0,09	0,11	0,17	0,28	0,42	0,55	0,67	0,74	0,78	0,76	0,71	0,62	0,49	0,35	0,24	0,17	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11

S

Współczynnik akumulacji energii słonecznej przenikającej do pomieszczenia

Uwaga:

Ważna jest lokalizacja osłon przeciwsłonecznych



# Zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego

$$Q_{o\acute{s}w} = N_{el} \cdot F \cdot \varphi \cdot [\beta + (1 - \alpha - \beta) \cdot k_0]$$

*Jednostkowa zainstalowana moc oświetlenia elektrycznego, kW/m<sup>2</sup>*

*Powierzchnia pomieszczenia, m<sup>2</sup>*

*Współczynnik wykorzystania mocy zainstalowanej*

*Współczynnik wyrażający stosunek ciepła przekazanego drogą konwekcji do powietrza w pomieszczeniu do całkowitej mocy zainstalowanej (zależy od typu i montażu lamp)*

*Współczynnik akumulacji (zależy od czasu działania oświetlenia i akumulacyjności budynku)*

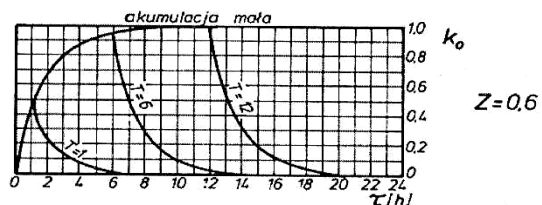
*Współczynnik wyrażający stosunek ciepła odprowadzonego drogą konwekcji z powietrzem wywiewanym z wentylowanych opraw lamp do całkowitej mocy zainstalowanej (dla lamp niewentylowanych  $\alpha = 0$ )*

# Zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego

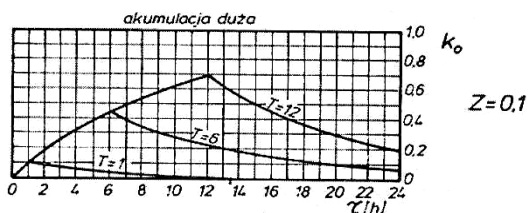
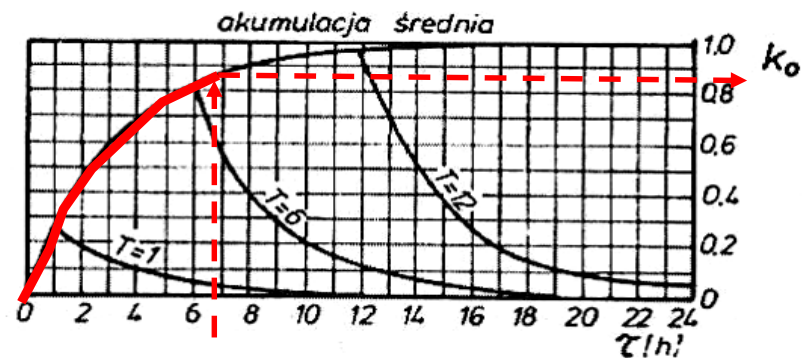
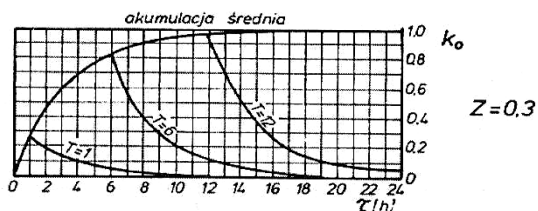
Tabela 3.27. Wartości współczynnika  $\beta$

Rodzaj oprawy oświetleniowej	Rodzaj lampy (źródła światła)	$\beta$
Swobodnie zawieszona	żarowa	0,7
Swobodnie zawieszona	fluorescencyjna	0,5
Przymocowana do sufitu	fluorescencyjna	0,3
Wbudowana do sufitu	fluorescencyjna	0,15
Oprawy wentylowane		0,05

Współczynnik  $\beta$



Współczynnik akumulacji  $k_0$



Rys. 3.18. Współczynnik akumulacji ciepła  $k_0$  od oświetlenia elektrycznego [7]

## Zyski ciepła od oświetlenia elektrycznego

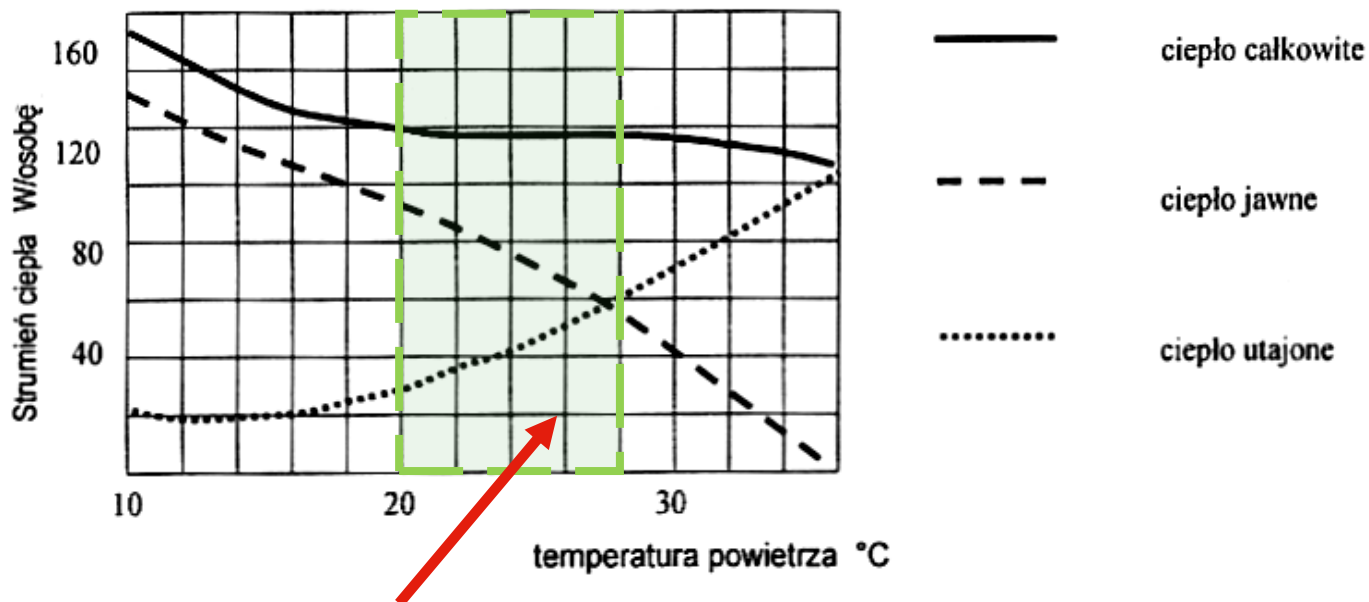
**Do obliczeń dla potrzeb inżynierskich można wykorzystywać wzór skrócony:**

$$Q_{ośw} = F \cdot N_{el} \cdot \beta \cdot \varphi$$

*W takim przypadku w czasie po włączeniu oświetlenia zyski ciepła są nieco większe od rzeczywistych, ale strumień powietrza wentylującego zapewnia ich asymilację i usunięcie z pomieszczenia.*

## Zyski ciepła od ludzi

Zależność strumieni ciepła wydzielanych przez człowieka od temperatury otoczenia, dla pozycji siedzącej oraz pracy umysłowej



*W granicach komfortu cieplnego ludzi strumień ciepła jawnego i utajonego zależą wyraźnie od temperatury otoczenia, natomiast strumień całkowity jest prawie stały*

# Zyski ciepła jawnego od ludzi

Ciepło  $q_j$  [W] i para wodna  $w$  [kg/s $\times 10^{-6}$ ] wydzielane przez człowieka

AKTYWNOŚĆ	$q_c$	Temperatura											
		15 °C		18 °C		20 °C		23 °C		26 °C		29 °C	
		$q_j$	$w$	$q_j$	$w$	$q_j$	$w$	$q_j$	$w$	$q_j$	$w$	$q_j$	$w$
Odpoczynek w postawie siedzącej	113	95	7,2	91	9,2	86	11,1	74	16,1	66	19,4	46	27,2
Odpoczynek w postawie stojącej	127	106	8,6	99	11,7	91	15,0	79	20,0	66	25,3	46	33,9
Praca lekka, siedząc, aktywn. mała	144	116	11,7	107	15,6	96	20,0	81	26,4	66	32,5	46	40,8
Praca lekka, stojąc, aktywność mała	174	130	18,6	115	24,7	101	30,5	80	39,4	66	45,3	46	55,6
Praca lekka, stojąc, aktywność duża	193	135	24,4	120	30,6	108	35,5	85	45,3	66	53,1	46	63,0
Praca średniociężka np. malarz, mechanik	251	165	36,1	145	44,4	130	50,5	101	62,8	81	71,1	52	83,3
Praca ciężka, aktywność b. duża	293	181	46,7	158	56,7	141	63,9	112	76,1	95	82,8	70	93,6
Praca bardzo ciężka, szybki taniec	407	238	70,8	203	85,3	180	95,0	151	107,2	134	114,4	102	127,8

Zyski ciepła jawnego od ludzi:

$$Q_{jL} = q_j \cdot n$$

# Zyski ciepła od technologii

Tabela 3.25. Zyski ciepła od urządzeń wyposażenia biur i urzędów [W] (wg [1])

Urządzenie	Wydajność	Maksymalna moc doprowadzona [W]	Moc pobierana w stanie czuwania [W]	Zalecany strumień do bilansu zysków ciepła [W]
<b>Urządzenia komputerowe</b>				
urządzenia komunikacji i transmisji		1800-4600	1640-2810	1640-2810
napędy dysków/ pamięci masowe		1000-10000	1000-6600	1000-6600
komputer /jednostka centralna		2200-6600	2200-6600	2200-6600
minikomputer/ komputer osobisty		100-600	90-530	90-530
drukarka laserowa	8 stron/min.	850	180	300
drukarka wierszowa, bardzo szybka	5000 i więcej	1000-5300	500-2550	1000-4700
terminal komputerowy	stron/min.	90-200	80-180	80-180
<b>Kopiarki, drukarki</b>				
światłokopiarka		1150-12500	500-5000	1150-12500
kserokopiarka (duża)	30-65 kopii/min. <sup>a</sup>	1700-6600	900	1700-6600
kserokopiarka (mała)	6 - 30 kopii/min. <sup>a</sup>	460-1700	300-900	460-1700
drukarka fototypograficzna		1725		1520
<b>Urządzenia do obsługi korespondencji</b>				
sortowaczka	3600-6800 szt./min.	600-3300		390-2150
etykieciarka	1500-30000 szt./min	600-6600		390-4300
<b>Inne</b>				
kasa rejestrująca		60		48
witryna z zimnymi przekąskami i napojami		1150-1920		575-960
ekspres do kawy	10 filiżanek	1500		1050 (450*)
kuchenka mikrofalowa		600		400
niszczarka do dokumentów	28 litrów	250-3000		200-2420
schładzarka do napojów	30 l/godz.	700		1750



# Podsumowanie

Czas	jedn.	8	10	12	14	15	17	19	21
tzoc	°C	18,8	23	25	25,9	26	24,5	21,9	19,1
tpoc	°C	21	22,0	23	23,5	23,5	22,8	21,5	21
$\Delta t_r$ (NE)	°C	2,1	2,4	3	3,6	3,8	4,3	4,7	4,8
$\Delta t_r'$ (NE)	°C	-1	-1,7	-2,1	-2	-1,8	-0,6	1,2	1,7
$Q_{pn}$ (NE)	W	-13	-22	-28	-26	-24	-8	16	22
$\Delta t_r$ (SE)	°C	4,1	4,2	5,1	6,6	7,2	8,1	8,4	8,3
$\Delta t_r'$ (SE)	°C	1	0,1	0	1,1	1,6	3,3	4,9	5,2
$Q_{pn}$ (SE)	W	11	1	0	12	17	36	53	56
$\Delta t_r$ (str)	°C	9	8,5	9,3	11,2	12,4	14,8	16,4	16,7
$\Delta t_r'$ (str)	°C	5,9	4,4	4,2	5,7	6,8	10	12,9	13,6
$Q_{pn}$ (str)	W	221	165	158	214	255	375	484	510
$Q_{pn}$	W	219	144	130	200	248	403	553	588
$I_{cmax}$ (SE)	W/m <sup>2</sup>	494							
$I_{rmax}$ (SE)	W/m <sup>2</sup>	148							
s		0,57	0,77	0,59	0,23	0,19	0,13	0,08	0,07
b		0,7							
$Q_r$ (SE)	W	4435	5991	4590	1790	1478	1011	622	545
U (SE)	W/m <sup>2</sup> K	1,8							
$\Delta t$	°C	-2,2	1,0	2	2,5	2,5	1,8	0,4	-1,9
$Q_p$ (SE)	W	-119	54	108	132	135	95	24	-103
$Q_{pp}$	W	4316	6045	4698	1922	1613	1106	646	442
qj	W/os	91	86	71	66	66	70	87	91
$Q_{jL}$	W	4550	4300	3550	3300	3300	3500	4350	4550
$Q_T$	W	250	250	250	250	250	250	250	250
$Q_{osw}$	W	0	0	0	0	0	462	830	977
$Q_{zbj(oc)}$	W	9335	10739	8628	5672	5411	5721	6629	6807
$Q_{zbj(oc)}$	kW	9,335	10,739	8,628	5,672	5,411	5,721	6,629	6,807

# Podsumowanie

Czas	jedn.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
tz	°C												
tp	°C												
<b>Bilans ciepła przez przegrody nieprzezroczyste</b>													
$\Delta t_r$ (NE)	°C												
$\Delta t_r'$ (NE)	°C												
Q <sub>pn</sub> (NE)	W												
$\Delta t_r$ (Std)	°C												
$\Delta t_r'$ (Std)	°C												
Q <sub>pn</sub> (Std)	W												
<b>Q<sub>pn</sub></b>	<b>kW</b>												
<b>Bilans ciepła przez przegrody przezroczyste</b>													
<b>Bilans ciepła przez promieniowanie</b>													
I <sub>cmax</sub> (SE)	W/m <sup>2</sup>												
I <sub>rmax</sub> (SE)	W/m <sup>2</sup>												
s	-												
b	-												
Q <sub>r</sub>	W												
<b>Bilans ciepła przez przenikanie</b>													
U W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K												
Q <sub>p</sub>	W												
<b>Q<sub>pp</sub></b>	<b>kW</b>												
<b>Zyski ciepła jawnego od ludzi</b>													
g <sub>l</sub>	W/os												
<b>Q<sub>lL</sub></b>	<b>kW</b>												
<b>Zyski ciepła jawnego od technologii</b>													
Q <sub>T</sub>	kW												
<b>Zyski ciepła od oświetlenia</b>													
k <sub>o</sub>	-												
<b>Q<sub>osw</sub></b>	<b>kW</b>												
<b>BILANS CIEPŁA JAWNEGO W LIPCU</b>													
<b>Q<sub>zbj(oc)</sub></b>	<b>kW</b>												
<b>Zyski ciepła całkowitego od ludzi</b>													
q <sub>c</sub>	W/os												
<b>Q<sub>cL</sub></b>	<b>kW</b>												
<b>BILANS CIEPŁA CAŁKOWITEGO W LIPCU</b>													
<b>Q<sub>zbj(oc)</sub></b>	<b>kW</b>												

**Żółte pola** – odczytywane z tabel

Godziny otwarcia – określamy na podstawie przeznaczenia

Przegrody nieprzezroczyste – wszystkie przegrody zewnętrzne (ściany, stropodachy, stopy nad przejazdami itp.), konstrukcję zakładamy

Przegrody przezroczyste – wszystkie przegrody zewnętrzne typu okna, drzwi oszklone, świetliki dachowe itp., konstrukcję zakładamy

$I_{cmax}$ ,  $I_{rmax}$  – wartości maksymalne dla danego miesiąca i danej orientacji względem stron świata

Ludzie – określamy rodzaj pracy

Oświetlenie – korzystamy ze wzoru uproszczonego lub szacujemy akumulację.

**Sumujemy także wyniki ujemne**





Dziękuję za uwagę