



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

# WENTYLACJA I KLIMATYZACJA

## Bilans ciepła okresu letniego - porównawczy

Pomieszczenia z normowaniem temperatury w okresie zimowym  
(pomieszczenia BEZ chłodzenia)



## Strumień powietrza wentylującego

W wentylacji z normowaniem w okresie zimowym nie ma możliwości ochłodzenia powietrza zatem jako projektanci możemy jedynie nie dopuścić do zbyt dużego podgrzania się powietrza podczas asymilacji zysków ciepła z pomieszczenia.

Zatem:

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

Gdzie  $\Delta t_p$  przyjmuje **inną** wartość niż w wentylacji z chłodzeniem.

Najczęściej  $\Delta t_p^{max} = 3 \div 5 \text{ K}$  w zależności od obciążenia cieplnego pomieszczenia i możliwości występowania pionowego gradientu temperatury.

Mniejsze wartości  $\Delta t_p^{max}$  będą dla pomieszczeń użytkowych, a większe dla przemysłowych.

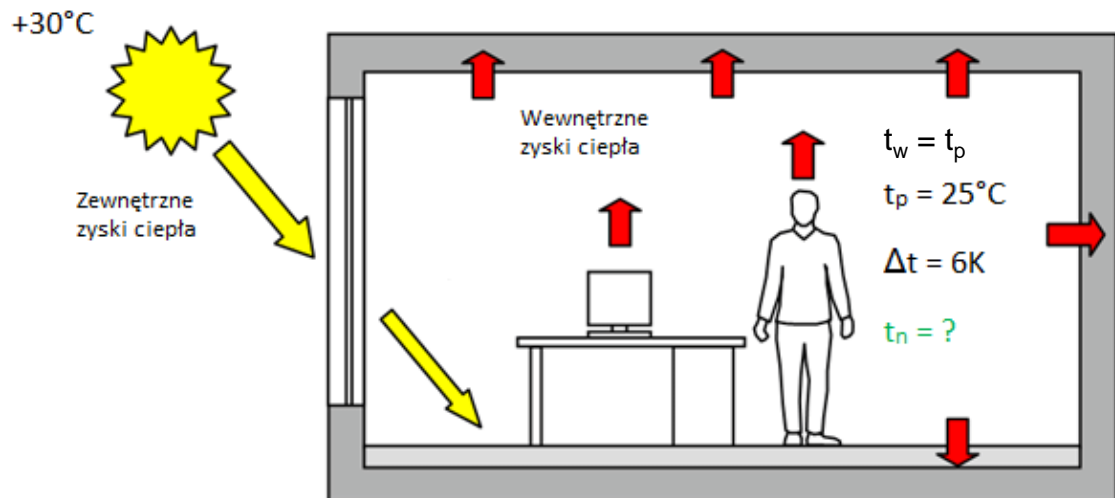
Wg normy PN78/B-03421 parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego ustala się:

- $\Delta t_p^{max} = 3\text{K}$  – dla obciążenia cieplnego do  $50 \text{ W/m}^2$
- $\Delta t_p^{max} = 5\text{K}$  – dla obciążenia cieplnego powyżej  $50 \text{ W/m}^2$

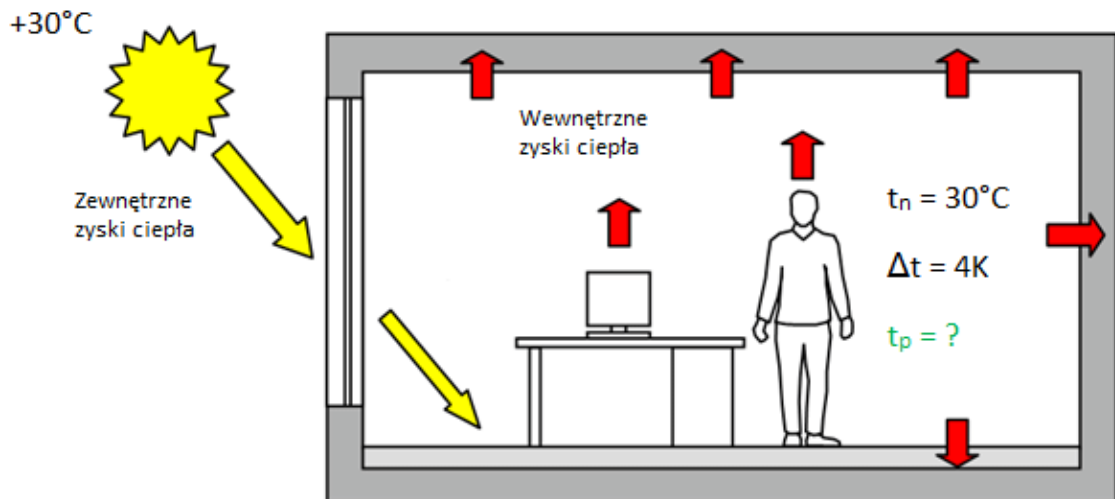
Temperatura powietrza w pomieszczeniu:  $t_p(oc) = t_z(oc) + \Delta t_p$

# Co oznacza $\Delta t$ ?

## OBIEKTY CHŁODZONE



## OBIEKTY NIECHŁODZONE



# Wzory obliczeniowe - zmiany w bilansie

Przykład:  
WRZESIEŃ

godz.		8	10	12	14	16	18	20
$t_{zoc}$	°C	18,8	23	25	25,9	25,6	23,3	20,5
$t_{poc}$	°C	21,8	26	28,5	28,9	28,6	26,3	23,5
$\Delta tr'$	°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	$Q_P + Q_{RM}$						
$Q_P$	W	$A_o \cdot U \cdot (t_{zoc} - t_{poc})$						
$Q_{RM}$	W	$[A_1 \cdot I_C + (A - A_1) \cdot I_R] \cdot b$						
$Q_{o\text{św}}$	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	$Q_T \cdot \varphi$						
$Q_{z\text{bj}(oc)}$	W	$Q_{NP} + Q_{PP} + Q_{o\text{św}} + Q_{Lj} + Q_T$						



## *Wzory obliczeniowe - zmiany w bilansie*

### **Uwaga:**

W tym przypadku, z uwagi na brak możliwości ochładzania powietrza dostarczanego do pomieszczenia, nie wlicza się do bilansu strat ciepła. Czyli:

**Wszystkie wartości  $< 0$  nie są wliczane do bilansu.**

**Jeżeli  $Q < 0$  wtedy  $Q = 0$  !!!**

# Zyski ciepła przez promieniowanie i od oświetlenia

$$Q_{RM} = [A_1 \cdot I_c + (A - A_1) \cdot I_r] \cdot b \cdot \cancel{\epsilon}$$

*Chwilowa* wartość  
natężenia  
promieniowania  
całkowitego

*Chwilowa* wartość  
natężenia  
promieniowania  
rozproszonego

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

Współczynnik akumulacji  
dla wentylacji bez chłodzenia

$$k_o=1$$

# 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

$I_c, I_r$

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

Czyli:  
odczytywane  
osobno dla każdej  
godziny



czas	jednostka	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
tzoc	°C	24,9	26,1	27,4	28,4	29,3	29,8	30,0	29,9	29,5
Δtp	°C	3	3	3	3	3	3	3	3	3
tpoc	°C	27,9	29,1	30,4	31,4	32,3	32,8	33,0	32,9	32,5
<b>BILANS CIEPŁA PRZEZ PRZEGRODY NIEPRZEZROCZYSTE</b>										
Δtr(E)	°C	3,9	4,2	4,8	5,4	6,0	6,5	6,9	7,2	7,3
Δtr'(E)	°C	-2,5	-3,4	-4,1	-4,5	-4,8	-4,8	-4,6	-4,2	-3,7
Qpn(E)	W	-27	-37	-45	-49	-52	-52	-50	-46	-40
Δtr str	°C	8,6	8,5	8,7	9,3	10,1	11,2	12,4	13,7	14,8
Δtr' str	°C	2,2	0,9	-0,2	-0,6	-0,7	-0,1	0,9	2,3	3,8
Qpn str	W	40	16	-4	-11	-13	-2	16	42	69
Qpn	W	40	16	0	0	0	0	16	42	70
<b>BILANS CIEPŁA PRZEZ PRZEGRODY PRZEZROCZYSTE</b>										
<b>BILANS CIEPŁA PRZEZ PROMIENIOWANIE</b>										
Ic(E)	W/m2	421	316	178	108	97	88	79	68	56
Ir(E)	W/m2	148	136	121	108	97	88	79	68	56
b	-	0,50								
Qr	W	3158	2370	1335	810	728	660	593	510	420
<b>BILANS CIEPŁA PRZEZ PRZENIKANIE</b>										
U	W/m2*K	1,1								
Δt	°C	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
Qp	W	-66	-66	-66	-66	-66	-66	-66	-66	-66
Qpp	W	3158	2370	1335	810	728	660	593	510	420
<b>ZYSKI CIEPŁA JAWNEGO OD LUDZI</b>										
qjk	W/os	53	47	41	35	29	26	23	26	29
QjLk	W	530	470	410	350	290	260	230	260	290
<b>ZYSKI CIEPŁA JAWNEGO OD TECHNOLOGII</b>										
Qt	W	800								
<b>ZYSKI CIEPŁA OD OŚWIETLENIA</b>										
qeI	W/m2	20								
N	W	2600								
Beta	-	0,3								
alfa	-	0								
ko	-	1								
fi	-	0,5								
Qośw	W	1300								
<b>BILANS CIEPŁA JAWNEGO W LIPCU</b>										
Qzbj(oc)	W	5828	4956	3845	3260	3118	3020	2939	2912	2880
Qzbj(oc)	kW	5,83	4,96	3,85	3,26	3,12	3,02	2,94	2,91	2,88
Δtpkor	°C	3,0	2,6	2,0	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5

Żółte pola – odczytywane z tabel

Wyniki ujemne pomijamy - zielone pola

$I_c, I_r$  – wartości chwilowe dla danego miesiąca i danej orientacji względem stron świata

Zyski ciepła przez przenikanie są pomijane.

Wartość jednostkowych zysków ciepła od ludzi można extrapolować – będą one dążyć do zera

Współczynnik akumulacji  $k_o=1$

Na koniec wyznaczamy  $\Delta t_{p kor} = \frac{Q_{zbj(oc)}}{\rho \cdot c_p \cdot V}$



## Wprowadzenie korekty $\Delta t_p^{kor}$ i $t_p^{kor}$

Przy wykonywaniu obliczeń zakłada się wstępnie, że w każdej godzinie przyrost temperatury powietrza w pomieszczeniu jest taki sam. ( $\Delta t_p = const = \Delta t_p^{max}$ ). Założenie to jednak nie jest zgodne z rzeczywistością. Faktycznie wartość maksymalnego przyrostu temperatury powietrza w pomieszczeniu jest zmienna i zależna od chwilowego obciążenia cieplnego i strumienia powietrza wentylującego.

Dlatego po obliczeniu strumienia powietrza wentylującego  $V$  należy wykonać **korektę obliczeń**.

Korektę zaczyna się od obliczenia rzeczywistego przyrostu temperatury powietrza w pomieszczeniu  $\Delta t_p^{kor} = \frac{Q_{zby(oc)}}{\rho \cdot c_p \cdot V}$ . Następnie oblicza się rzeczywistą (skorygowaną) temperaturę powietrza w pomieszczeniu  $t_p^{kor} = t_z + \Delta t_p^{kor}$ .

Po wprowadzeniu korekty zysków ciepła zależnych od  $\Delta t_p^{kor}$  sprawdza się strumień powietrza wentylującego.



# Wprowadzenie korekty $\Delta t_p^{kor}$ i $t_p^{kor}$

czas	jednostka	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
tzoc	°C	24,9	26,1	27,4	28,4	29,3	29,8	30,0	29,9	29,5
$\Delta t_p$	°C	3	3	3	3	3	3	3	3	3
tpoc	°C	27,9	29,1	30,4	31,4	32,3	32,8	33,0	32,9	32,5
BILANS CIEPŁA JAWNEGO W LIPCU										
Qzbj(oc)	W	5828	4956	3845	3260	3118	3020	2939	2912	2880
Qzbj(oc)	kW	5,83	4,96	3,85	3,26	3,12	3,02	2,94	2,91	2,88
Strumień powietrza wentylującego										
V	m3/h	5799								
KOREKTA OBLICZEŃ										
$\Delta t_p^{kor}$	°C	3,0	2,6	2,0	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5
tpoc kor	°C	27,9	28,7	29,4	30,1	30,9	31,4	31,5	31,4	31,0
BILANS CIEPŁA PRZEZ PRZEGRODY NIEPRZEZROCZYSTE - KOREKTA										
$\Delta tr(E)$	°C	3,9	4,2	4,8	5,4	6,0	6,5	6,9	7,2	7,3
$\Delta tr'(E)$	°C	-2,5	-3,0	-3,1	-3,2	-3,4	-3,4	-3,1	-2,7	-2,2
Qpn(E)	W	-27	-32	-34	-35	-37	-37	-34	-30	-24
$\Delta tr$ str	°C	8,6	8,5	8,7	9,3	10,1	11,2	12,4	13,7	14,8
$\Delta tr'$ str	°C	2,2	1,3	0,8	0,7	0,7	1,3	2,4	3,8	5,3
Qpn str	W	40	25	15	13	13	24	43	69	97
Qpn	W	40	25	15	13	13	24	43	69	97
BILANS CIEPŁA PRZEZ PRZEGRODY PRZEZROCZYSTE - bez zmian										
Qpp	W	3158	2370	1335	810	728	660	593	510	420
ZYSKI CIEPŁA JAWNEGO OD LUDZI - KOREKTA										
qjk	W/os	53	49	45	43	38	35	35	35	38
QjLk	W	530	490	450	430	380	350	350	350	380
ZYSKI CIEPŁA JAWNEGO OD TECHNOLOGII - bez zmian										
Qt	W	800								
ZYSKI CIEPŁA OD OŚWIETLENIA - bez zmian										
Qośw	W	1300								
BILANS CIEPŁA JAWNEGO W LIPCU										
Qzbj(oc)	W	5828	4985	3900	3353	3221	3134	3086	3029	2997
Qzbj(oc)max	kW	5,83								
Strumień powietrza wentylującego										
V	m3/h	5799								

Żółte pola – odczytywane z tabel

Wyniki ujemne zerujemy - zielone pola

Skorygowane wartości poszczególnych zysków ciepła – pola niebieskie

Wartość strumienia powietrza pozostała w tym przypadku bez zmian – max zyski ciepła wystąpiły o godzinie 9.00



# Wprowadzenie korekty $\Delta t_p^{kor}$ i $t_p^{kor}$

Przykład tabeli po korekcie dla pomieszczenia technologicznego – zmiany również w pozostałych zyskach ciepła, np. w technologii.

czas		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
tz	°C	18,8	21,0	23,0	24,0	25,0	25,5	25,9	26,0	25,6	24,5	23,3
t <sub>p</sub>	°C	22,8	25	27	28	29	29,5	29,9	30	29,6	28,5	27,3
Δt <sub>p</sub>	°C	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Δt <sub>p</sub> <sup>kor</sup>	°C	<b>3,1</b>	<b>3,6</b>	<b>3,7</b>	<b>3,8</b>	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>4</b>	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>
t <sub>p</sub> <sup>kor</sup>	°C	<b>21,9</b>	<b>24,6</b>	<b>26,7</b>	<b>27,8</b>	<b>28,9</b>	<b>29,4</b>	<b>29,9</b>	<b>29,9</b>	<b>29,5</b>	<b>28,3</b>	<b>27,1</b>
Q <sub>pn</sub>	W	10126	10983	10616	10718	11485	12564	14179	15990	17983	19744	21243
Q <sub>pn</sub> <sup>kor</sup>	W	<b>10500</b>	<b>11050</b>	<b>10820</b>	<b>10750</b>	<b>11486</b>	<b>12564</b>	<b>14179</b>	<b>15990</b>	<b>17988</b>	<b>19760</b>	<b>21400</b>
Q <sub>pp</sub>	W	7720	10067	11961	13106	13503	13096	11943	10049	7694	5216	3982
Q <sub>pp</sub> <sup>kor</sup>	W	<b>7900</b>	<b>10206</b>	<b>12060</b>	<b>13120</b>	<b>13508</b>	<b>13096</b>	<b>11943</b>	<b>10049</b>	<b>7700</b>	<b>5560</b>	<b>4080</b>
Q <sub>osw</sub>	W	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800
q <sub>jL</sub>	W/os	77	59	47	37	31	25	21	20	21	24	31
O <sub>jL</sub>	W	1232	944	752	592	496	400	336	320	336	384	496
q <sub>jL</sub> <sup>kor</sup>	W/os	<b>78</b>	<b>60</b>	<b>47</b>	<b>37</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>32</b>
O <sub>jL</sub> <sup>kor</sup>	W	<b>1248</b>	<b>960</b>	752	592	496	400	336	320	336	400	512
Q <sub>JT</sub>	W	82500	95260	98650	100530	102700	103170	105275	103640	102296	100510	98280
Q <sub>JT</sub> <sup>kor</sup>	W	<b>82700</b>	<b>95400</b>	<b>98660</b>	<b>100640</b>	<b>102700</b>	<b>103170</b>	<b>105275</b>	<b>103640</b>	<b>102296</b>	<b>100510</b>	<b>98290</b>
Q <sub>zbj(oc)</sub>	W	107378	123054	127779	130746	133984	135030	137533	135799	134109	131654	129801
V	m <sup>3</sup> /h							<b>28,51</b>				
Q <sub>zbj(oc)</sub> <sup>kor</sup>	W	<b>108148</b>	<b>123416</b>	<b>128092</b>	<b>130902</b>	<b>133990</b>	<b>135030</b>	<b>137533</b>	<b>135799</b>	<b>134120</b>	<b>132030</b>	<b>130082</b>
V	m <sup>3</sup> /h							<b>28,51</b>				



Dziękuję za uwagę