



Politechnika Gdańsk

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Podstawy projektowania ciepłego budynków

Zadanie projektowe

Budownictwo Ogólne, sem. IV, studia zaoczne



ETAP I

Współczynnik przenikania ciepła



Współczynnik przewodzenia ciepła

$$\lambda = \frac{\dot{q}}{dt/dx} \quad [W / mK]$$

Współczynnik przewodzenia ciepła jest stosunkiem ustalonego strumienia ciepła przewodzonego przez warstwę materiału o grubości x , przy spadku temperatur na obu stronach przegrody o t



Współczynnik przewodzenia ciepła

Tablica Z.1. Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych materiałów, wyrobów i komponentów

Nazwa materiału	Gęstość w stanie suchym (średnia) kg/m^3	Współczynnik przewodzenia ciepła, λ $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$		Ciepło właściwe w stanie suchym $\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$	Współczynnik przepuszczania pary wodnej $10^{-4} \text{g/(m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa)}$
		warunki średnio-wilgotne	warunki wilgotne		
1	2	3	4	5	6
Asfalty					
Asfalt padałowy	1050	0,17	0,17	0,92	0,075
Asfalt lany	1800	0,75	0,75	0,92	7,500
Asfaltobeton	2100	1,00	1,00	0,92	7,500
Beton i przegrody z betonu					
Żelbet	2500	1,70	1,80	0,84	30
Beton zwykły z kruszywa kamiennego	2400	1,70	1,80	0,84	30
	2200	1,30	1,50	0,84	45
	1900	1,00	1,10	0,84	75
Beton jamisty z kruszywa kamiennego	1900	1,00	1,10	0,84	200
Beton z kruszywa wapiennego	1600	0,72	0,80	0,84	150
	1400	0,60	0,70	0,84	180
	1200	0,50	0,60	0,84	260
	1800	0,70	0,80	0,84	65
Beton z żużla pumekowego lub granulowanego	1600	0,58	0,68	0,84	75
	1400	0,50	0,58	0,84	180
	1200	0,40	0,47	0,84	260
	1000	0,33	0,40	0,84	300
Beton z żużla paleniskowego	1800	0,85	0,95	0,84	75
	1600	0,72	0,80	0,84	150
	1400	0,60	0,67	0,84	180
	1200	0,50	0,56	0,84	260
Beton z kruszywa keramzytowego	1600	0,90	1,00	0,84	80
	1400	0,72	0,80	0,84	150
	1300	0,62	0,68	0,84	180
	1200	0,54	0,60	0,84	225
	1100	0,46	0,51	0,84	260
	1000	0,39	0,43	0,84	300
Mur z betonu komórkowego na cienkowarstwowej zaprawie klejącej lub na zaprawie o przewodności cieplnej równej przewodności cieplnej betonu komórkowego	800	0,29	0,35	0,84	150
	700	0,25	0,30	0,84	180
	600	0,21	0,25	0,84	225
	500	0,17	0,21	0,84	260
	400	0,14	0,17	0,84	300
Mur z betonu komórkowego na zaprawie cementowo-wapiennej, ze spoinami o grubości nie większej niż 1,5 cm	800	0,38	0,44	0,84	150
	700	0,35	0,40	0,84	225
	600	0,30	0,35	0,84	225
	500	0,25	0,30	0,84	226

1	2	3	4	5	6
Wiórobeton i wiórotrocobeton	1000	0,30	0,35	1,46	225
	900	0,26	0,30	1,46	240
	800	0,22	0,25	1,46	260
	700	0,19	0,22	1,46	320
	600	0,17	0,20	1,46	375
	500	0,15	0,18	1,46	450
Drewno i materiały drewnopochodne					
Sosna i świerk	550	0,16	0,20	2,51	60
Dąb	800	0,30	0,35	2,51	320
Sklejka	600	0,22	0,26	2,51	300
Płyty pilśniowe porowate	300	0,16	0,20	2,51	20
Płyty pilśniowe twarde	1000	0,06	0,07	2,51	180
Wyroby gipsowe zabezpieczone przed zawilgoceniem					
Płyty i bloki z gipsu	1000	0,35	0,40	0,84	105
	900	0,30	0,35	0,84	110
Gipsobeton piaskowy	1300	0,52	0,62	0,84	135
	1200	0,45	0,52	0,84	150
Gazogips	500	0,19	0,28	0,84	375
Płyty gipsowo-kartonowe	1000	0,23	0,29	1,00	75
Jastrych gipsowy czysty	1800	1,00	1,10	0,84	120
	1300	0,52	0,60	0,84	112
Jastrych gipsowy z piaskiem	1900	1,20	1,30	0,84	—
Kamienie naturalne					
Marmur, granit	2800	3,50	3,70	0,92	7,5
Piaskowiec	2400	2,20	2,40	0,92	38
Wapień zwarty	2000	1,15	1,40	0,92	—
Wapień porowaty	1700	0,92	1,15	0,92	—
Mur z kamienia łamanego z zawartością zaprawy 35% objętościowo przy gęstości kamienia 2800 kg/m^3	2400	2,50	2,80	0,92	—
	2400	2,50	2,80	0,92	—
Mur z cegły (na zaprawie cementowo-wapiennej, przy grubości spoin do 1,5 cm)					
Mur z cegły ceramicznej pełnej	1800	0,77	0,91	0,88	105
Mur z cegły dziurawki	1400	0,62	0,70	0,88	135
Mur z cegły kratówki	1300	0,56	0,62	0,88	150
Mur z cegły silikatowej pełnej	1900	1,00	1,10	0,88	105
Mur z cegły silikatowej drażnzonej i bloków drażnionych	1600	0,80	0,90	0,88	—
Mur z cegły klinkierowej	1500	0,75	0,85	0,88	—
Mur z cegły klinkierowej	1900	1,05	1,15	0,88	135
Materiały termoizolacyjne					
Płyty korkowe ekspandowane	150	0,045	0,050	2,06	75
Płyty korkowe asfaltowane	250	0,070	0,075	1,38	60
Płyty ze słomy	300	0,080	0,10	1,46	480
Płyty z trzciny	250	0,070	0,10	1,46	34
Płyty z paździerzynianych na lepiszczy syntetycznym	700	0,130	0,15	1,46	34
	500	0,100	0,12	1,46	60
	300	0,075	0,09	1,46	110



Współczynnik przewodzenia ciepła

1	2	3	4	5	6
Płyty wiórkowo-cementowe	600	0,15	0,19	2,09	—
	450	0,14	0,16	2,09	375
Płyty wiórowe na lepiszczu syntetycznym	700	0,13	0,15	2,09	34
	300	0,07	0,09	2,09	150
Szko piankowe białe	300	0,12	0,13	0,84	22
Szko piankowe czarne	180	0,07	0,07	0,84	15
Maty z włókna szklanego	60-100	0,045	0,05	0,84	600
Wetna mineralna granulowana	40-80	0,050	0,05	0,75	480
Filce, maty i płyty z wetny mineralnej	40-80	0,045	0,045	0,75	480
	100-160	0,042	0,042	0,75	480
Styropian	12	0,043	0,043	1,46	12
	15-40	0,042	0,042	1,46	12
Pianka poliuretanowa – w szczelnej osłonie	30-50	0,025	0,025	1,46	—
– w pozostałych przypadkach	30-50	0,035	0,040	1,46	—
Włóknina syntetyczna	50-150	0,045	0,050	1,46	—
	300	0,075	0,080	1,46	—
Tynki					
Tynk lub gładź cementowa	2000	1,00	1,10	0,84	45
Tynk lub gładź cementowo-wapienna	1850	0,82	0,90	0,84	45
Tynk wapienny	1700	0,70	0,80	0,84	75
Zasyпки					
Żużel paleniskowy	1000	0,28	0,35	0,75	375
	700	0,22	0,28	0,75	375
Żużel wielkopieczowy granulowany, keramzyt	900	0,26	0,29	0,75	375
	700	0,20	0,24	0,75	375
	500	0,16	0,19	0,75	375
Popioły lotne (ubijane)	1000	0,30	0,37	0,75	225
Proszek hydrofobowy	1000	0,28	0,33	0,75	375
Trociny drzewne luzem	250	0,09	0,12	2,51	375
Wióry drzewne ubijane	300	0,09	0,12	2,51	450
Wióry drzewne luzem	150	0,07	0,08	2,50	600
Mączka torfowa	200	0,09	0,12	1,67	260
Śrut gumowy	300	0,09	0,10	1,26	300
Wybrane materiały różne					
Filc izolacyjny	300	0,06	0,08	1,67	—
Wojłok	500	0,12	0,15	1,67	—
Płyty okładzinowe ceramiczne, terakota	2000	1,05	1,05	0,92	—
Wykładzina podłogowa PCW	1300	0,20	0,20	1,26	—
Tektura	900	0,14	0,17	1,46	—
Papa (asfaltowa)	1000	0,18	0,18	1,46	—
Papier	1000	0,25	0,30	1,46	—
Szko okienne	2500	0,80	0,80	0,84	—
Szko zbrojone	2700	1,15	1,15	0,80	—
Szko organiczne (pleksiglas)	1200	0,19	0,19	1,26	—
Guma w płytach	1200	0,20	0,20	1,26	—
II	1800	0,75	0,75	0,84	—
Glina	1800	0,85	0,85	0,84	—
Glina piaszczysta	1800	0,70	0,70	0,84	—
Piasek pylasty	1800	0,55	0,55	0,84	—

1	2	3	4	5	6
Piasek średni	1650	0,40	0,40	0,84	—
Zwir	1800	0,90	0,90	0,84	—
Grunty roślinny	1800	0,90	0,90	1,26	—
Stopy aluminium	2700	200,00	200,00	0,87	—
Miedź	8800	370,00	370,00	0,38	—
Stal budowlana	7800	58,00	58,00	0,44	—
Zeliwo	7200	50,00	50,00	0,44	—
Cynk	7100	110,00	110,00	0,39	—

UWAGI

- W celu uwzględnienia zawilgocenia materiałów przy obliczaniu oporu cieplnego przegród wartości obliczeniowe współczynnika przyjmuje się wg następujących zasad:
 - pomieszczenia o obliczeniowej wilgotności powietrza niższej niż 75 % – z kol. 4 (warunki średnio wilgotne),
 - pomieszczenia o obliczeniowej wilgotności powietrza równej lub większej niż 75 % – z kol. 5 (warunki wilgotne).
- W przypadku materiałów termoizolacyjnych wbudowywanych w stanie powietrzno-suchym i zabezpieczonych przed zawilgoceniem całkowicie szczelnymi osłonami przyjmuje się współczynnik z kol. 4.
- W przypadku, gdy gęstość materiału różni się od wartości podanych w kol. 3, wartość przyjmuje się przez interpolację lub na podstawie badań.
- Podanych wartości obliczeniowych nie stosuje się do obliczeń cieplnych izolacji przemysłowych pracujących w podwyższonej temperaturze.
- Ciepło właściwe c_w [kJ/(kg·K)] materiałów o znanej wilgotności w temperaturze wyższej niż 0°C oblicza się z zależności: $c_w = c + 0,0419 w_M$ w której:
 - c – ciepło właściwe materiału w stanie suchym – z kol. 6,
 - w_M – wilgotność materiału w stosunku do masy [%].

Tablica Z.2. Obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] mur z pustaków ceramicznych w warunkach średnio wilgotnych

Nazwa materiału	Gęstość w stanie suchym (średnia) [kg/m³]	Współczynnik przewodzenia ciepła, λ [W/(m·K)]
Mur z pustaków ceramicznych drażonych szczelinowych na zaprawie cementowo-wapiennej	poniżej 800	0,30
	poniżej 900	0,33
	poniżej 1000	0,36
	poniżej 1110	0,40
	poniżej 1200	0,45
Mur z pustaków ceramicznych drażonych szczelinowych na zaprawie ciepłochronnej	poniżej 800	0,30
	poniżej 900	0,33
	poniżej 1000	0,36
	poniżej 1110	0,40
	poniżej 1200	0,45



Opór cieplny

Opór cieplny przewodzenia warstwy materiału lub powietrza

$$R = \frac{\partial \mathcal{Q}}{q} \quad [m^2 K / W]$$

- opór cieplny jest stosunkiem różnicy temperatury na powierzchniach ograniczających do gęstości ustalonego strumienia ciepła
- dla materiału o stałej grubości i jednorodnych właściwościach cieplnych

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

d – grubość warstwy materiału

λ – obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła



Opór przejmowania ciepła

opór przejmowa nia ciepła	kierunek przejmowania ciepła		
	w górę	poziomy	w dół
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

R_{si} – opór przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej

R_{se} – opór przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej



Opór cieplny komponentu

Całkowity opór cieplny komponentu budowlanego składającego się z
jednorodnych warstw

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad [m^2 K / W]$$

R_{si} – opór przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej

$R_1, R_2, \dots, R_n$ - obliczeniowy opór cieplny każdej z warstw

R_{se} – opór przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej



Współczynnik przenikania ciepła

Współczynnik przenikania ciepła przegród złożonych z warstw jednorodnych, prostopadłych do kierunku przenikania ciepła

$$U = \frac{1}{R_T} \left[W / m^2 K \right]$$

Skorygowany współczynnik przenikania ciepła

$$U_c = U + \Delta U$$

U – współczynnik przenikania ciepła przegrody

ΔU – człon korekcyjny uwzględniający poprawki



Poprawki do współczynnika U_c

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r \quad [m^2 K / W]$$

ΔU_g – poprawka na nieszczelności w warstwie izolacji

ΔU_f – poprawka na łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacji

ΔU_r – poprawka uwzględniająca wpływ opadów dla stropodachu o odwróconym układzie warstw



Poprawka na nieszczelności ΔU_g

Poziom	$\Delta U''$ [W/m ² K]	Opis nieszczelności
0	0,00	Izolacja jest tak ułożona, że nie jest możliwa cyrkulacja powietrza po cieplejszej stronie izolacji; brak nieszczelności przechodzących przez warstwę izolacji
1	0,01	Izolacja jest tak ułożona, że nie jest możliwa cyrkulacja powietrza po cieplejszej stronie izolacji; nieszczelności mogą przechodzić przez całą warstwę izolacji
2	0,04	Występuje ryzyko cyrkulacji powietrza po cieplejszej stronie izolacji; nieszczelności mogą przechodzić przez całą warstwę izolacji

$$\Delta U_g = \Delta U'' \left(\frac{R_1}{R_T} \right)^2$$

R_1 – opór cieplny warstwy zawierającej nieszczelność

R_T – całkowity opór cieplny elementu z warstwą izolacyjną zawierającą nieszczelność



Poprawka na łączniki mechaniczne

$$\Delta U_f = \alpha \lambda_f n_f A_f$$

- α – współczynnik uzależniony od typu łącznika, przyjmowany następująco:
 - kotew między warstwami muru $\alpha = 6 \text{ m}^{-1}$
 - mocowanie płyt izolacyjnych dachu $\alpha = 5 \text{ m}^{-1}$
- λ_f – współczynnik przenikania ciepła łącznika (z normy)
- n_f – liczba łączników przypadająca na metr kwadratowy (ok. 4)
- A_f – pole przekroju poprzecznego pojedynczego łącznika (dla $\varnothing 4.5\text{mm}$ lub $\varnothing 6\text{mm}$)

Poprawki na łączniki mechaniczne nie uwzględnia się wówczas, gdy:

- łączniki (kotwie) przechodzą przez szczelinę powietrzną
- dotyczy ona łączników (kotwi ściennych) między warstwą muru i drewnianymi słupkami
- współczynnik przewodzenia ciepła łącznika lub jego części jest mniejszy niż 1 W/(mK)



Mostki termiczne

Współczynnik przenikania ciepła U_k przegród z mostkami termicznymi

$$U_k = U_c + \Delta U$$

Rodzaj przegrody	ΔU [W/(m ² K)]
Ściany zewnętrzne pełne, stropy poddasza, stropodachy, strop nad piwnicami	0,00
Ściany zewnętrzne z otworami okiennymi i drzwiowymi	0,05
Ściany zewnętrzne z otworami okiennymi i drzwiowymi oraz płytami balkonów lub loggii przenikającymi przez ścianę	0,15

U_c – współczynnik przenikania ciepła przegrody

ΔU – dodatek – wyraża wpływ mostków termicznych



ETAP II

Temperatura punktu rosy



Temperatura powierzchni przegrody

Temperatura wewnętrznej powierzchni przegrody

$$\vartheta_i = t_i - U_c (t_i - t_e) \cdot R_i$$

t_i – temperatura obliczeniowa powietrza wewnętrznego [$^{\circ}\text{C}$] – dana w projekcie

t_e – temperatura obliczeniowa powietrza zewnętrznego [$^{\circ}\text{C}$] (wyznaczona z mapki ze strefami klimatycznymi)

U_c – współczynnik przenikania ciepła przegrody (bez poprawki uwzględniającej mostki termiczne)

R_i – opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody (do obliczeń należy przyjąć $R_i=0.167\text{m}^2\text{K/W}$)



Ciśnienie cząsteczkowe pary wodnej

$$p_i = \frac{\varphi_i p_{ni}}{100\%}$$

φ_i – obliczeniowa wilgotność względna powietrza w pomieszczeniach
(dana w projekcie)

p_{ni} – ciśnienie cząsteczkowe pary wodnej nasyconej przy temperaturze t
(odczyt z nomogramu dla wartości temperatury wewnętrznej
powierzchni przegrody)



Temperatura punktu rosy

Temperatura wewnętrznej powierzchni przegrody powinna być co najmniej o 1°C wyższa niż temperatura punktu rosy

$$T_R + 1^{\circ}C \leq \vartheta_i$$

T_R – temperatura punktu rosy odczytana z nomogramu dla wyznaczonej wartości p_i

ϑ_i – temperatury wewnętrznej powierzchni przegrody



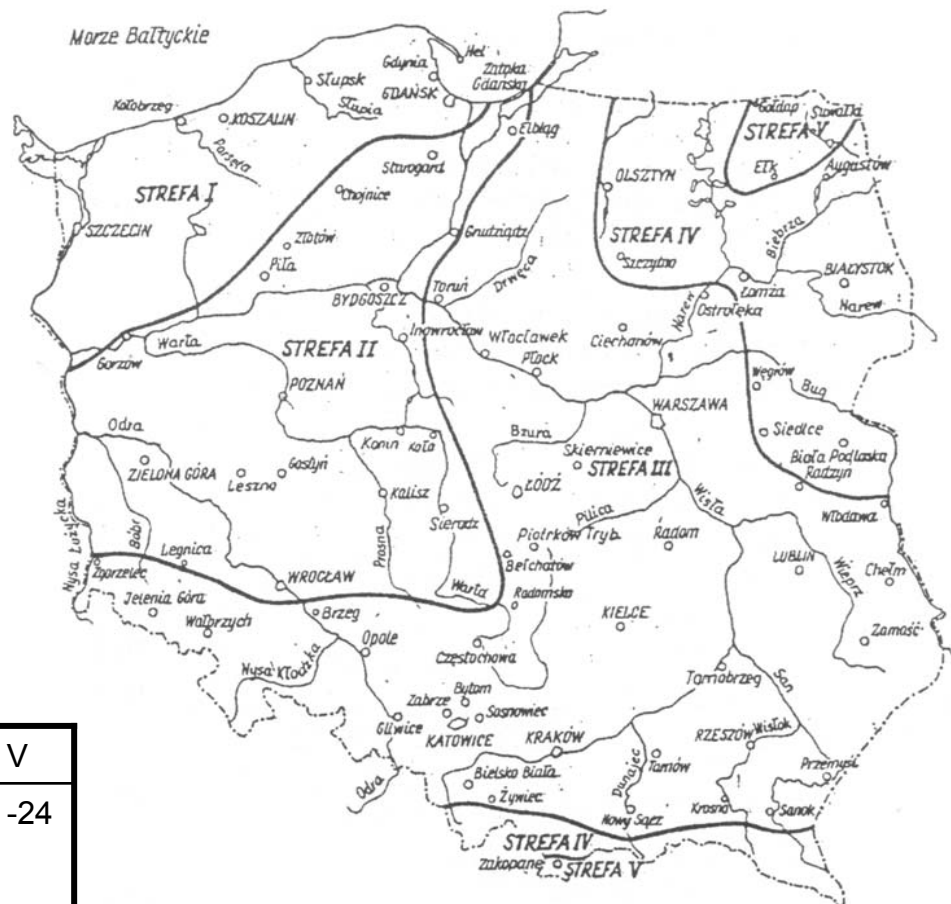
Podstawy projektowania cieplnego budynków

Tablica Z.3. Ciśnienie cząstkowe pary wodnej nasyconej p_n w powietrzu w zależności od temperatury

Temperatura [°C]	Ciśnienie pary nasyconej [hPa]									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30	42,44	42,69	42,94	43,19	43,44	43,69	43,94	44,19	44,45	44,69
29	40,06	40,30	40,53	40,77	41,01	41,24	41,48	41,72	41,96	42,19
28	37,81	38,03	38,26	38,48	38,71	38,94	39,16	39,39	39,61	39,84
27	35,66	35,88	36,09	36,31	36,52	36,74	36,95	37,17	37,39	37,59
26	33,62	33,82	34,03	34,23	34,43	34,63	34,84	35,04	35,25	35,44
25	31,69	31,88	32,08	32,27	32,46	32,66	32,84	33,04	33,24	33,43
24	29,85	30,03	30,21	30,40	30,59	30,77	30,95	31,14	31,32	31,51
23	28,10	28,25	28,45	28,63	28,80	28,97	29,15	29,32	29,50	29,68
22	26,45	26,61	26,78	26,95	27,11	27,27	27,44	27,61	27,77	27,94
21	24,87	25,04	25,18	25,35	25,51	25,66	25,82	25,98	26,13	26,29
20	23,40	23,54	23,69	23,84	23,99	24,13	23,28	24,43	24,57	24,73
19	21,97	22,12	22,27	22,41	22,54	22,68	22,83	22,97	23,10	23,24
18	20,65	20,79	20,91	21,05	21,19	21,32	21,45	21,58	21,72	21,85
17	19,37	19,50	19,63	19,76	19,88	20,01	20,14	20,27	20,39	20,52
16	18,18	18,30	18,41	18,54	18,66	18,78	18,89	19,01	19,14	19,26
15	17,06	17,17	17,29	17,39	17,50	17,62	17,73	17,84	17,95	18,06
14	15,99	16,10	16,21	16,31	16,42	16,53	16,63	16,74	16,84	16,95
13	14,98	15,08	15,18	15,28	15,38	15,48	15,59	15,69	15,78	15,88
12	14,03	14,13	14,22	14,31	14,41	14,51	14,60	14,70	14,79	14,88
11	13,12	13,21	13,30	13,40	13,49	13,58	13,67	13,75	13,85	13,94
10	12,28	12,37	12,45	12,54	12,62	12,70	12,79	12,87	12,96	13,04
9	11,48	11,56	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,03	12,11	12,18
8	10,73	10,81	10,88	10,96	11,03	11,10	11,17	11,25	11,33	11,40
7	10,02	10,08	10,16	10,23	10,30	10,38	10,45	10,52	10,59	10,66
6	9,35	9,42	9,49	9,55	9,61	9,68	9,75	9,82	9,88	9,95
5	8,72	8,78	8,84	8,90	8,96	9,02	9,07	9,13	9,19	9,25
4	8,13	8,19	8,25	8,31	8,37	8,43	8,49	8,54	8,61	8,66
3	7,59	7,65	7,70	7,76	7,81	7,87	7,93	7,98	8,03	8,08
2	7,05	7,10	7,16	7,21	7,27	7,32	7,37	7,43	7,48	7,53
1	6,57	6,62	6,67	6,72	6,77	6,82	6,87	6,91	6,96	7,00
0	6,11	6,16	6,21	6,26	6,30	6,35	6,40	6,45	6,49	6,53
-1	5,62	5,67	5,72	5,77	5,82	5,87	5,92	5,97	6,02	6,07
-2	5,17	5,22	5,27	5,32	5,37	5,42	5,47	5,52	5,57	5,62
-3	4,76	4,81	4,86	4,91	4,96	5,01	5,06	5,11	5,16	5,21
-4	4,37	4,42	4,47	4,52	4,57	4,62	4,67	4,72	4,77	4,82
-5	4,01	4,06	4,11	4,16	4,21	4,26	4,31	4,36	4,41	4,46
-6	3,68	3,73	3,78	3,83	3,88	3,93	3,98	4,03	4,08	4,13
-7	3,37	3,42	3,47	3,52	3,57	3,62	3,67	3,72	3,77	3,82
-8	3,10	3,15	3,20	3,25	3,30	3,35	3,40	3,45	3,50	3,55
-9	2,84	2,89	2,94	2,99	3,04	3,09	3,14	3,19	3,24	3,29
-10	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	2,95	3,00	3,05
-11	2,37	2,42	2,47	2,52	2,57	2,62	2,67	2,72	2,77	2,82
-12	2,17	2,22	2,27	2,32	2,37	2,42	2,47	2,52	2,57	2,62
-13	1,98	2,03	2,08	2,13	2,18	2,23	2,28	2,33	2,38	2,43
-14	1,81	1,86	1,91	1,96	2,01	2,06	2,11	2,16	2,21	2,26
-15	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00	2,05	2,10
-16	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95
-17	1,37	1,42	1,47	1,52	1,57	1,62	1,67	1,72	1,77	1,82
-18	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70
-19	1,14	1,19	1,24	1,29	1,34	1,39	1,44	1,49	1,54	1,59
-20	1,03	1,08	1,13	1,18	1,23	1,28	1,33	1,38	1,43	1,48



Strefy klimatyczne



Strefa klimatyczna	I	II	III	IV	V
Temperatura obliczeniowa powietrza na zewnątrz budynków[°C]	-16	-18	-20	-22	-24

Rys. 9.1. Podział Polski na strefy klimatyczne według [73]



Politechnika Gdańsk

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Dziękuję za uwagę

Budownictwo Ogólne, sem. IV, studia zaoczne
