

# PODSTAWY PROJEKTOWANIE I ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE

## ĆWICZENIA

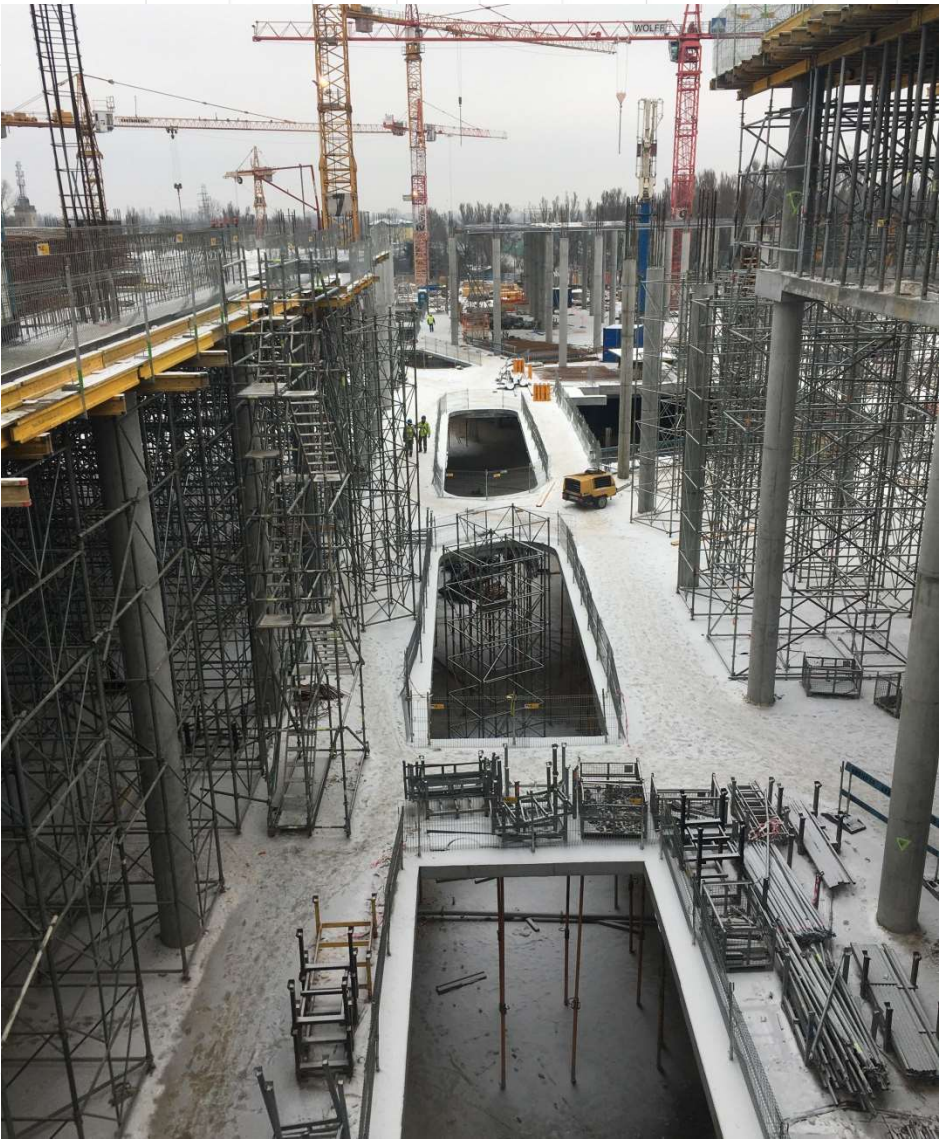
### 4. Obciążenie wiatrem

**dr inż. Paweł Niewiadomski**

[pawel.niewiadomski@pwr.edu.pl](mailto:pawel.niewiadomski@pwr.edu.pl)

bud. C-7, pok. 701

<https://wbliw.pwr.edu.pl/pracownicy/pawel-niewiadomski>



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska

# Obciążenie wiatrem



# PN-EN 1991-1-4 Obciążenie wiatrem



Polski Komitet  
Normalizacyjny

POLSKA NORMA

ICS 91.010.30

**PN-EN 1991-1-4**

listopad 2008

Wprowadza  
EN 1991-1-4:2005; IDT

Zastępuje  
PN-EN 1991-1-4:2005

**Eurokod 1**  
**Oddziaływania na konstrukcje**  
**Część 1-4: Oddziaływania ogólne**  
**Oddziaływania wiatru**

Norma Europejska EN 1991-1-4:2005 ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2008

nr ref. PN-EN 1991-1-4:2008

Hologram  
PKN

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być  
zwielokrotniana jakkolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu  
Normalizacyjnego



# Ciśnienie wiatru

(1) Ciśnienie wiatru działające na powierzchnie zewnętrzne konstrukcji,  $w_e$ , należy wyznaczać z wyrażenia (5.1):

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad (5.1)$$

w którym:

$q_p(z_e)$  wartość szczytowa ciśnienia prędkości;

$z_e$  wysokość odniesienia dla ciśnienia zewnętrznego, według Rozdziału 7;

$c_{pe}$  współczynnik ciśnienia zewnętrznego, według Rozdziału 7.

UWAGA  $q_p(z)$  zdefiniowano w 4.5.

(2) Ciśnienie wiatru działające na powierzchnie wewnętrzne konstrukcji,  $w_i$ , należy wyznaczać z wyrażenia (5.2):

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi} \quad (5.2)$$

w którym:

$q_p(z_i)$  wartość szczytowa ciśnienia prędkości;

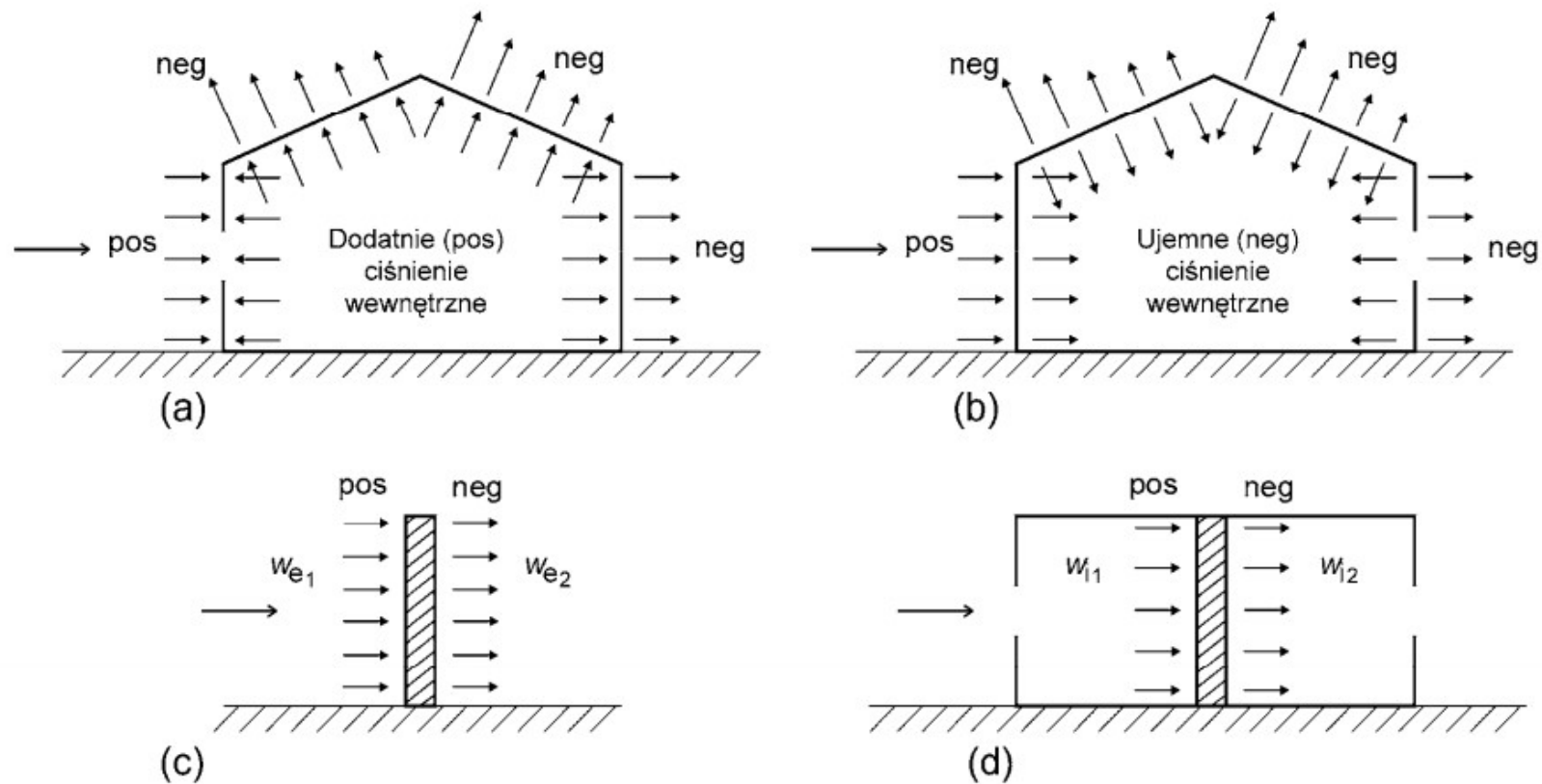
$z_i$  wysokość odniesienia dla ciśnienia wewnętrznego, według Rozdziału 7;

$c_{pi}$  współczynnik ciśnienia wewnętrznego, według Rozdziału 7.

UWAGA  $q_p(z)$  zdefiniowano w 4.5.

# Ciśnienie sumaryczne

(3) Ciśnienie sumaryczne (netto), działające na ścianę, dach lub element, jest różnicą algebraiczną między wartościami ciśnienia po obu stronach przegrody. Parcie, skierowane ku powierzchni, jest przyjmowane jako dodatnie, a ssanie, skierowane od powierzchni, jako ujemne. Przykłady podano na Rysunku 5.1.



Rysunek 5.1 – Ciśnienie wywierane na powierzchnie

# Wartość szczytowa ciśnienia prędkości

## 4.5 Wartość szczytowa ciśnienia prędkości

(1) Należy wyznaczyć szczytowe ciśnienie prędkości  $q_p(z)$  na wysokości  $z$ , które łączy wartość średnią i chwilowe fluktuacje prędkości.

UWAGA 1 W Załączniku krajowym można podać zasady wyznaczania  $q_p(z)$ . Zasadę zalecaną przedstawia wyrażenie (4.8):

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (4.8)$$

w którym:

$\rho$  gęstość powietrza, zależna od wysokości nad poziomem morza, temperatury i ciśnienia atmosferycznego występująca w rozważanym regionie w czasie silnego wiatru;

$c_e(z)$  współczynnik ekspozycji przedstawiony w wyrażeniu (4.9):

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} \quad (4.9)$$

$q_b$  wartość bazowa ciśnienia prędkości obliczana z wyrażenia (4.10):

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (4.10)$$

UWAGA 2 Wartości  $\rho$  mogą być podane w Załączniku krajowym. Wartością zalecaną jest  $1,25 \text{ kg/m}^3$ .

# Intensywność turbulencji

UWAGA 2 Zalecane zasady wyznaczania  $I_v(z)$  podano w wyrażeniu (4.7):

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_t}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{dla } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (4.7)$$
$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{dla } z < z_{\min}$$

w którym:

$k_t$  – współczynnik turbulencji. Wartość  $k_t$  może być podana w Załączniku krajowym. Zaleca się wartość  $k_t = 1,0$ .

$c_o$  – współczynnik rzeźby terenu, opisany w 4.3.3;

$z_0$  – wymiar chropowatości, podany w Tabelicy 4.1.

# Kategorie i parametry terenu

Tablica 4.1 – Kategorie i parametry terenu

Kategoria terenu		$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0	Obszary morskie i przybrzeżne wystawione na otwarte morze	0,003	1
I	Jeziora lub tereny płaskie, poziome, o nieznacznej roślinności i bez przeszkód terenowych	0,01	1
II	Tereny o niskiej roślinności, takiej jak trawa, i o pojedynczych przeszkodach (drzewa, budynki) oddalonych od siebie na odległość równą co najmniej ich 20 wysokościami	0,05	2
III	Tereny regularnie pokryte roślinnością lub budynkami albo o pojedynczych przeszkodach, oddalonych od siebie najwyżej na odległość równą ich 20 wysokościami (takie jak wsie, tereny podmiejskie, stałe lasy)	0,3	5
IV	Tereny, których przynajmniej 15 % powierzchni jest pokryte budynkami o średniej wysokości przekraczającej 15 m	1,0	10
UWAGA Kategorie terenu pokazano w Załączniku A.1.			



# Średnia prędkość wiatru

## 4.3 Średnia prędkość wiatru

### 4.3.1 Zależność od wysokości

(1) Średnia prędkość wiatru  $v_m(z)$  na wysokości  $z$  nad poziomem terenu zależy od chropowatości i rzeźby terenu oraz od bazowej prędkości wiatru,  $v_b$ , i jest wyznaczana z wyrażenia (4.3):

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b \quad (4.3)$$

w którym:

$c_r(z)$  współczynnik chropowatości, podany w 4.3.2;

$c_o(z)$  współczynnik rzeźby terenu (orografii), równy 1,0, chyba że podano inaczej w 4.3.3.

**UWAGA 1** Informacja o współczynniku  $c_o$  może być podana w Załączniku krajowym. Jeżeli wpływ rzeźby terenu jest uwzględniony w wartości bazowej prędkości wiatru, to zaleca się wartość  $c_o = 1,0$ .

**UWAGA 2** Mapy lub tablice wartości  $v_m(z)$  mogą być podane w Załączniku krajowym.

Należy rozważyć wpływ sąsiednich konstrukcji na prędkość wiatru (patrz 4.3.4).

# Bazowa prędkość wiatru

## 4.2 Wartości podstawowe

(1)P Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru,  $v_{b,0}$ , jest wartością charakterystyczną, średnią 10. minutową, niezależną od kierunku wiatru i pory roku, na wysokości 10 m nad poziomem gruntu, w otwartym terenie wiejskim o niskiej roślinności, jak trawa, i o pojedynczych przeszkodach oddalonych od siebie przynajmniej na odległość ich 20 wysokości.

UWAGA 1 Ten teren odpowiada kategorii II w Tablicy 4.1.

UWAGA 2 Wartości podstawowe bazowej prędkości wiatru,  $v_{b,0}$ , mogą być podane w Załączniku krajowym.

(2)P Bazową prędkość wiatru należy obliczać z wyrażenia (4.1):

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad (4.1)$$

w którym:

$v_b$  bazowa prędkość wiatru określona jako funkcja kierunku wiatru i pory roku na wysokości 10 m nad poziomem gruntu w terenie kategorii II;

$v_{b,0}$  wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru, patrz (1)P;

$c_{dir}$  współczynnik kierunkowy, patrz Uwaga 2;

$c_{season}$  współczynnik sezonowy, patrz Uwaga 3.

UWAGA 1 Jeżeli wpływu wysokości nad poziomem morza na bazową prędkość wiatru  $v_b$  nie uwzględniono w wartości podstawowej  $v_{b,0}$ , to w Załączniku krajowym można podać jak to zrobić.

UWAGA 2 Wartości współczynnika kierunkowego,  $c_{dir}$ , dla różnych kierunków wiatru mogą się znajdować w Załączniku krajowym. Wartością zalecaną jest 1,0.

UWAGA 3 Wartości współczynnika sezonowego,  $c_{season}$ , mogą być podane w Załączniku krajowym. Wartością zalecaną jest 1,0.

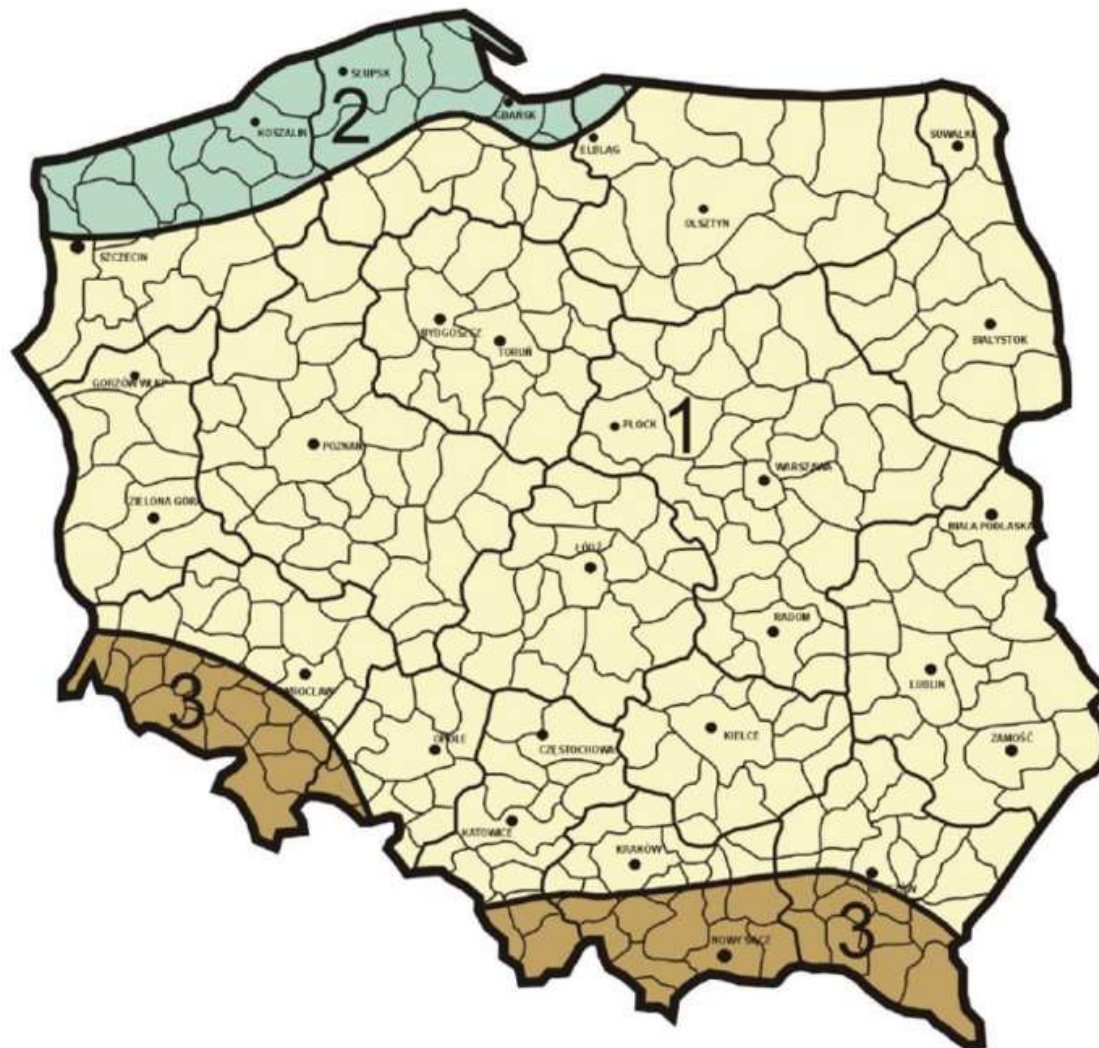
# Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru

Tablica NA.1 – Wartości podstawowe bazowej prędkości wiatru i ciśnienia prędkości wiatru w strefach

Strefa	$v_{b,0}$ (m/s)	$v_{b,0}$ (m/s)	$q_{b,0}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q_{b,0}$ (kN/m <sup>2</sup> )
	$A \leq 300$ m	$A > 300$ m	$A \leq 300$ m	$A > 300$ m
1	22	$22 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]$	0,30	$0,30 \cdot [1 + 0,0006(A - 300)]^2$
2	26	26	0,42	0,42
3	22	$22 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]$	0,30	$0,30 \cdot [1 + 0,0006(A - 300)]^2 \cdot \left[ \frac{20000 - A}{20000 + A} \right]$

UWAGA:  $A$  – wysokość nad poziomem morza (m)

# Podział Polski na strefy obciążenia wiatrem



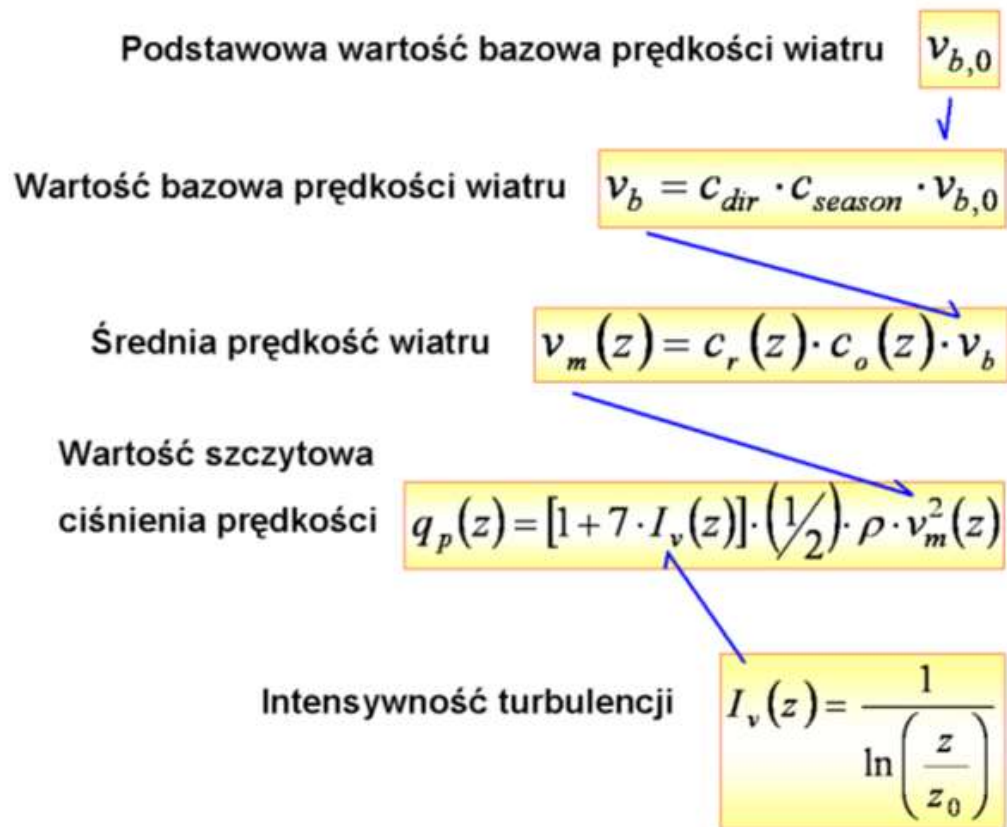
# Współczynnik chropowatości i ekspozycji

Tablica NA.3 – Współczynnik chropowatości i współczynnik ekspozycji oraz  $z_{\min}$  i  $z_{\max}$

Kategoria terenu	$c_r(z)$	$c_e(z)$	$z_{\min}$ , m	$z_{\max}$ , m
0	$1,3 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,11}$	$3,0 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,17}$	1	200
I	$1,2 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,13}$	$2,8 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$	1	200
II	$1,0 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,17}$	$2,3 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$	2	300
III	$0,8 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$	$1,9 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,26}$	5	400
IV	$0,6 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$	$1,5 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,29}$	10	500

UWAGA:  $c_r(z)$  i  $c_e(z)$  dla wysokości  $z > z_{\max}$  należy przyjmować jak dla  $z_{\max}$ .

# Wartość szczytowa ciśnienia prędkości



Rys. 32. Schemat procedury wyznaczania wartości szczytowej ciśnienia prędkości wiatru  $q_p(z)$

# Procedury wyznaczania obciążenia wiatrem

Tablica 5.1 – Procedury wyznaczania obciążenia wiatrem

Parametr	Punkt/Rozdział
<b>Wartość szczytowa ciśnienia prędkości <math>q_p</math></b>	
bazowa prędkość wiatru $v_b$	4.2 (2)P
wysokość odniesienia $z_e$	Rozdział 7
kategoria terenu	Tablica 4.1
wartość charakterystyczna szczytowego ciśnienia prędkości $q_p$	4.5 (1)
intensywność turbulencji $I_v$	4.4
średnia prędkość wiatru $v_m$	4.3.1
współczynnik rzeźby terenu $c_o(z)$	4.3.3
współczynnik chropowatości $c_r(z)$	4.3.2
<b>Ciśnienie wiatru, np. na pokrycia, łączniki i elementy konstrukcyjne</b>	
współczynnik ciśnienia zewnętrznego $c_{pi}$	Rozdział 7
współczynnik ciśnienia wewnętrznego $c_{pe}$	Rozdział 7
współczynnik ciśnienia netto	Rozdział 7
zewnętrzne ciśnienie wiatru: $w_e = q_p c_{pe}$	5.1 (1)
wewnętrzne ciśnienie wiatru: $w_i = q_p c_{pi}$	5.1 (2)
<b>Obciążenie wiatrem konstrukcji, np. do wyznaczenia łącznych efektów wiatru</b>	
współczynnik konstrukcyjny: $c_s c_d$	6
obciążenie wiatrem $F_w$ obliczane ze współczynników siły	5.2 (2)
obciążenie wiatrem $F_w$ obliczane ze współczynników ciśnienia	5.2 (3)

# Siły oddziaływania wiatru

## 5.3 Siły oddziaływania wiatru

(1) Siły wywierane przez wiatr na całą konstrukcję lub element konstrukcyjny należy obliczać:

- stosując współczynniki sił (patrz (2)) lub
- sumując siły z powierzchni obciążonych ciśnieniem (patrz (3))

(2) Siła  $F_w$  wywierana przez wiatr na konstrukcję lub element konstrukcyjny może być wyznaczana bezpośrednio z wyrażenia (5.3):

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (5.3)$$

lub za pomocą dodawania wektorowego sił działających na poszczególne elementy (jak pokazano w 7.2.2) z wyrażenia (5.4):

$$F_w = c_s c_d \cdot \sum_{\text{elementy}} c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} \quad (5.4)$$

w którym:

$c_s c_d$  współczynnik konstrukcyjny zdefiniowany w Rozdziale 6;

$c_f$  współczynnik siły aerodynamicznej (oporu aerodynamicznego), konstrukcji lub elementu konstrukcyjnego, podany w Rozdziale 7 lub 8;

$q_p(z_e)$  wartość szczytowa ciśnienia prędkości (określona w 4.5) na wysokości odniesienia  $z_e$  (określonej w Rozdziale 7 lub 8);

$A_{ref}$  pole powierzchni odniesienia konstrukcji lub elementu konstrukcyjnego, wskazanej w Rozdziale 7 lub 8.



# Współczynniki ciśnienia i siły

## Rozdział 7 Współczynniki ciśnienia i siły

### 7.1 Postanowienia ogólne

(1) Rozdział ten stosuje się do wyznaczania współczynników aerodynamicznych konstrukcji. W zależności od rozpatrywanej konstrukcji właściwe będą następujące współczynniki aerodynamiczne:

- współczynniki ciśnienia wewnętrznego i zewnętrznego, patrz 7.1.1 (1);
- współczynniki ciśnienia netto, patrz 7.1.1 (2);
- współczynniki tarcia, patrz 7.1.1 (3);
- współczynniki siły aerodynamicznej (oporu aerodynamicznego), patrz 7.1.1 (4).

#### 7.1.1 Wybór współczynnika aerodynamicznego

(1) Współczynniki ciśnienia należy wyznaczać dla:

- budynków, stosując 7.2 zarówno w przypadku ciśnienia wewnętrznego, jak i zewnętrznego;
- walców kołowych, stosując 7.2.9 do ciśnienia wewnętrznego i 7.9.1 do ciśnienia zewnętrznego.

**UWAGA 1** Współczynniki ciśnienia zewnętrznego określają działanie wiatru na zewnętrzne powierzchnie budynków; współczynniki ciśnienia wewnętrznego określają działanie wiatru na wewnętrzne powierzchnie budynków.

**UWAGA 2** Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dzielą się na globalne i lokalne. Współczynniki lokalne są współczynnikami ciśnienia do obliczania obciążenia na powierzchni  $1 \text{ m}^2$ . Mogą być stosowane w obliczeniach małych elementów i łączników. Współczynniki globalne są współczynnikami ciśnienia do obliczania obciążenia na powierzchni  $10 \text{ m}^2$ . Mogą być stosowane do obliczania obciążenia na powierzchniach większych niż  $10 \text{ m}^2$ .

# Współczynniki ciśnienia i siły

(2) Współczynniki ciśnienia netto należy stosować do:

- wiat, według 7.3;
- ścian wolno stojących, attyk i ogrodzeń, według 7.4.

**UWAGA** Współczynniki ciśnienia netto określają wypadkowe działanie wiatru na jednostkę powierzchni konstrukcji, elementu konstrukcji lub jej składnika.

(3) Współczynniki tarcia należy stosować do ścian i powierzchni określonych w 5.3 (3) i (4), wykorzystując 7.5.

(4) Współczynniki siły należy stosować do:

- tablic, według 7.4.3;
- elementów konstrukcyjnych o prostokątnym przekroju poprzecznym, według 7.6;
- elementów konstrukcyjnych o przekrojach z ostrymi narożami, według 7.7;
- elementów konstrukcyjnych o przekroju poprzecznym w kształcie wielokąta foremnego, według 7.8;
- walców kołowych, według 7.9.2 i 7.9.3;
- kul, według 7.10;
- konstrukcji kratowych i rusztowań, według 7.11;
- flag, według 7.12.

Można zastosować współczynnik redukcyjny, zależny od efektywnej smukłości konstrukcji, według 7.13.

**UWAGA** Współczynniki siły określają całkowity efekt działania wiatru na konstrukcję, element konstrukcyjny lub jej składnik jako całość, wraz z siłami tarcia, jeżeli nie zostało to wykluczone.

# Współczynniki ciśnienia dla budynków

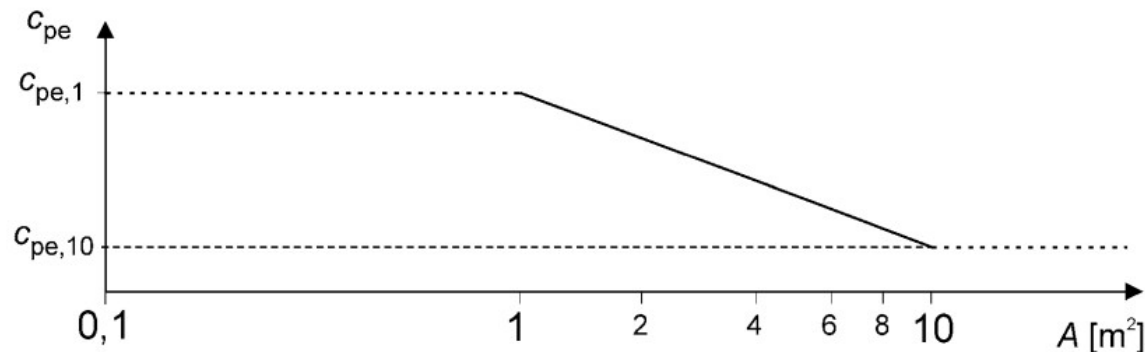
## 7.2 Współczynniki ciśnienia dla budynków

### 7.2.1 Postanowienia ogólne

(1) Współczynniki ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe}$  budynków i ich części zależą od rozmiarów obciążonej powierzchni o polu  $A$ , które jest obszarem konstrukcji zbierającym obciążenie wiatrem z obliczanej sekcji. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego podano w tablicach dla  $A = 1 \text{ m}^2$  i  $10 \text{ m}^2$ , stosownie do konfiguracji budynków, odpowiednio jako współczynniki lokalne  $c_{pe,1}$  i globalne  $c_{pe,10}$ .

UWAGA 1 Wartości  $c_{pe,1}$  są przeznaczone do obliczeń małych elementów i łączników o powierzchni elementu  $1 \text{ m}^2$  lub mniejszej, takich jak elementy ścian osłonowych i dachów. Wartości  $c_{pe,10}$  mogą być używane w obliczeniach konstrukcji nośnych budynków jako całości.

UWAGA 2 W Załączniku krajowym można podać sposób obliczania współczynników ciśnienia zewnętrznego dla powierzchni większych niż  $1 \text{ m}^2$ , wykorzystując wartości  $c_{pe,1}$  i  $c_{pe,10}$ . Sposób zalecany dla powierzchni obciążonej o polu do  $10 \text{ m}^2$  podano na Rysunku 7.2.



Rysunek przedstawia następującą zależność:

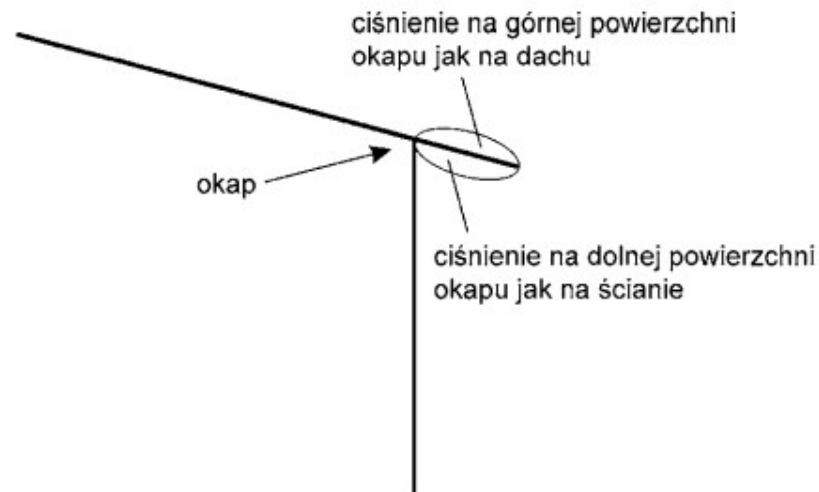
$$\text{jeżeli } 1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2, \text{ to } c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A$$

**Rysunek 7.2 – Zalecany sposób wyznaczania wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe}$  w przypadku budynków o polu obciążonej powierzchni między  $1 \text{ m}^2$  a  $10 \text{ m}^2$**

# Współczynniki ciśnienia dla budynków

(2) Wartości  $c_{pe,10}$  i  $c_{pe,1}$  podane w Tablicach od 7.1 do 7.5 należy stosować przy ortogonalnych kierunkach wiatru  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  i  $180^\circ$ . Są to najbardziej niekorzystne wartości w zakresie kierunków wiatru  $\theta = \pm 45^\circ$ , z każdej strony rozważanych kierunków ortogonalnych.

(3) W przypadku wystających części dachu, ciśnienie pod okapem, w jego narożnikach, jest równe ciśnieniu na ścianie w bezpośrednim sąsiedztwie wystającego dachu; ciśnienie na górnej stronie okapu jest równe ciśnieniu na dachu w tej strefie.



Rysunek 7.3 – Ilustracja rozkładu ciśnienia na okapie

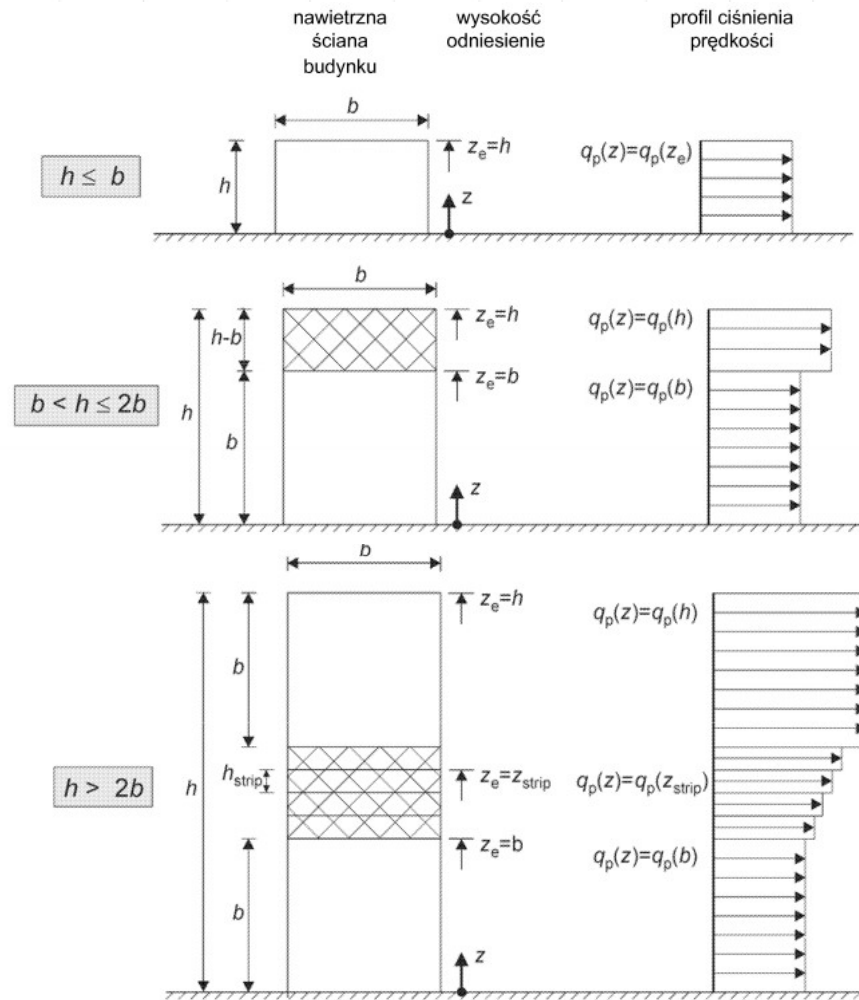
# Współczynniki ciśnienia dla ścian budynków na rzucie prostokąta

## 7.2.2 Ściany pionowe budynków na rzucie prostokąta

(1) Wysokości odniesienia,  $z_e$ , dla nawiętrznych ścian budynków na rzucie prostokąta (pole D, patrz Rysunek 7.5) zależą od stosunku  $h/b$  i są zawsze przyjmowane jako górne wysokości różnych części (obszarów) ścian. Przedstawiono je na Rysunku 7.4 dla trzech następujących przypadków:

- budynek, którego wysokość  $h$  jest mniejsza niż  $b$ , należy traktować jako jedną część,
- budynek, którego wysokość  $h$  jest większa niż  $b$ , lecz mniejsza niż  $2b$ , można traktować jako składający się z dwóch części zawierających: część dolną, rozciągającą się w górę od poziomu podstawy do wysokości równej  $b$ , i pozostałą część górną,
- budynek, którego wysokość  $h$  jest większa niż  $2b$ , można traktować jako składający się z kilku części zawierających: część dolną, rozciągającą się w górę od poziomu podstawy do wysokości równej  $b$ , część górną, rozciągającą się w dół od górnej krawędzi budynku na długość  $b$ , i obszar pośredni, zawarty między częścią górną a dolną, który może być podzielony na poziome pasy o wysokości  $h_{\text{strip}}$ , jak pokazano na Rysunku 7.4.

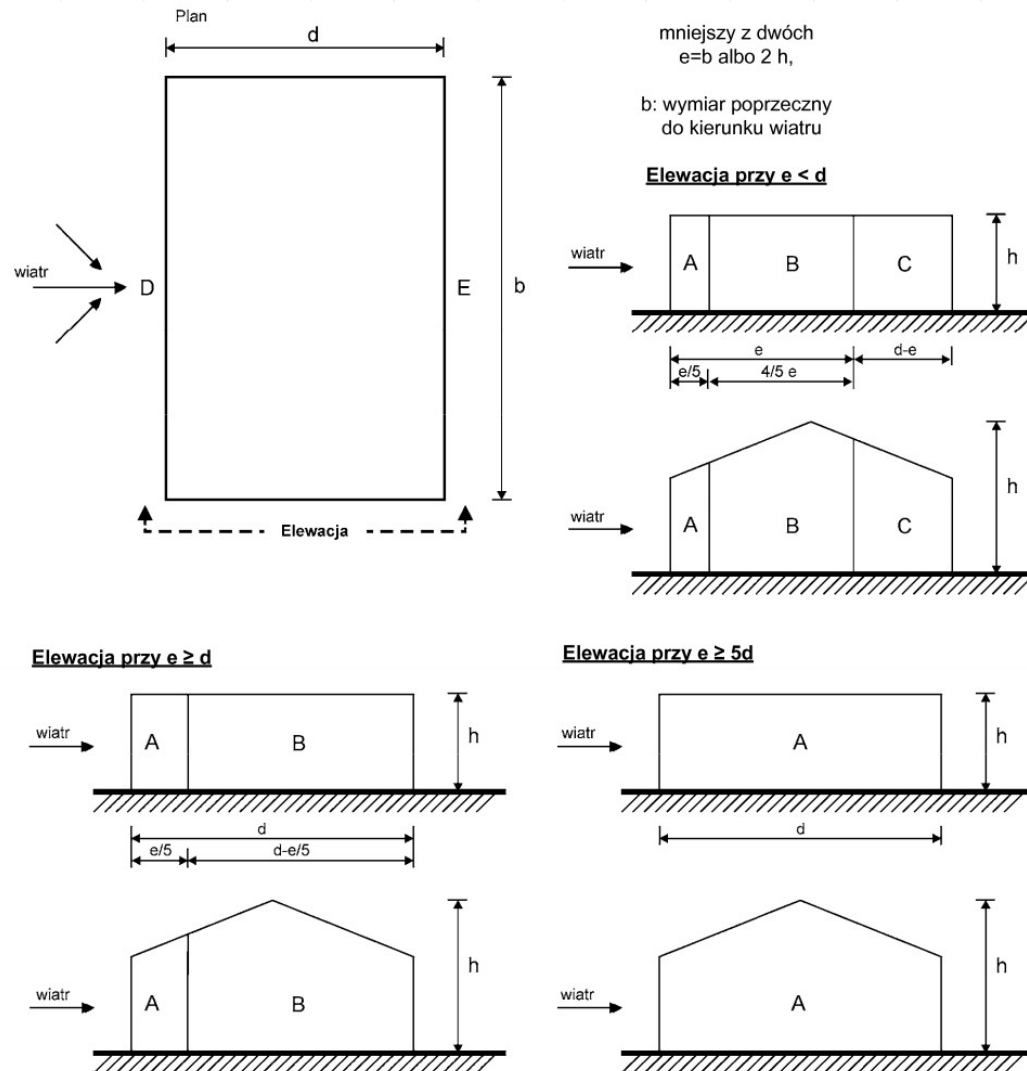
# Współczynniki ciśnienia dla ścian budynków na rzucie prostokąta



UWAGA Przyjmuje się stałą wartość ciśnienia prędkości w każdym poziomym pasie.

Rysunek 7.4 – Wysokości odniesienia,  $z_e$ , zależne od  $h$  i  $b$ , oraz odpowiadające im rozkłady ciśnienia prędkości

# Współczynniki ciśnienia dla ścian budynków na rzucie prostokąta



Rysunek 7.5 – Oznaczenia ścian pionowych

# Współczynniki ciśnienia dla ścian budynków na rzucie prostokąta

Tablica 7.1 – Zalecane wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego dla ścian pionowych budynków na rzucie prostokąta

Pole	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

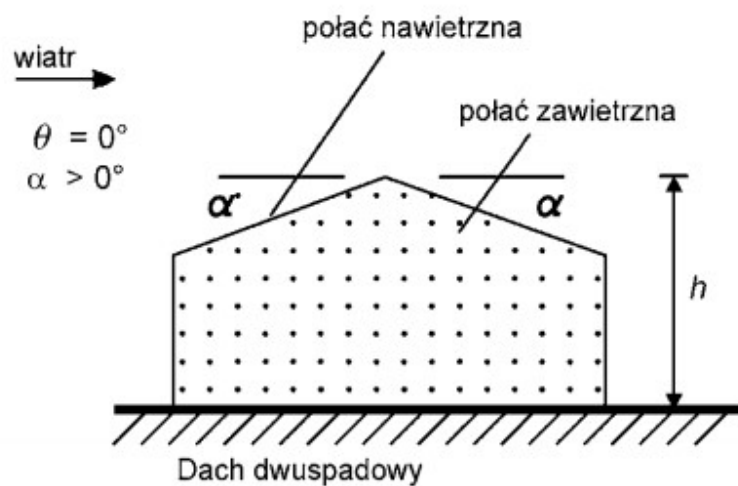
UWAGA 2 W przypadku budynków o  $h/d > 5$ , całkowite obciążenie wiatrem można wyznaczyć na podstawie postanowień podanych w 7.6 do 7.8 oraz 7.9.2.



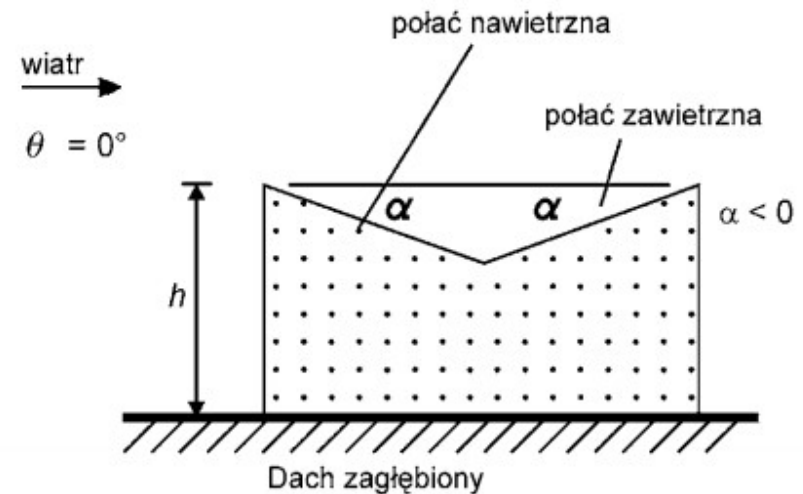
# Współczynniki ciśnienia dla dachów dwuspadowych

## 7.2.5 Dachy dwuspadowe

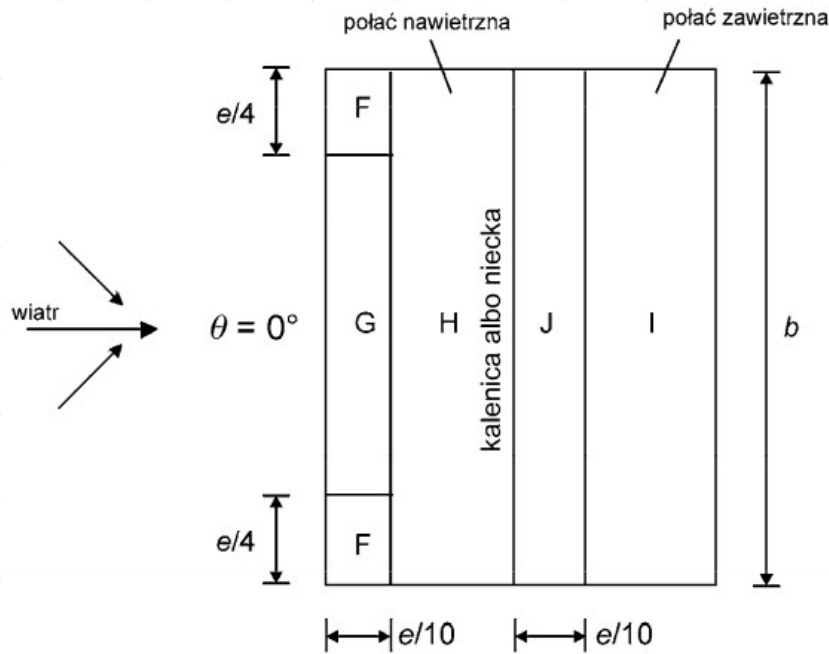
- (1) Dach należy podzielić, uwzględniając okapy, na pola pokazane na Rysunku 7.8.
- (2) Należy przyjmować wysokość odniesienia  $z_e$  równą  $h$ .
- (3) Współczynniki ciśnienia dla każdego pola podano w Tabelicy 7.4.



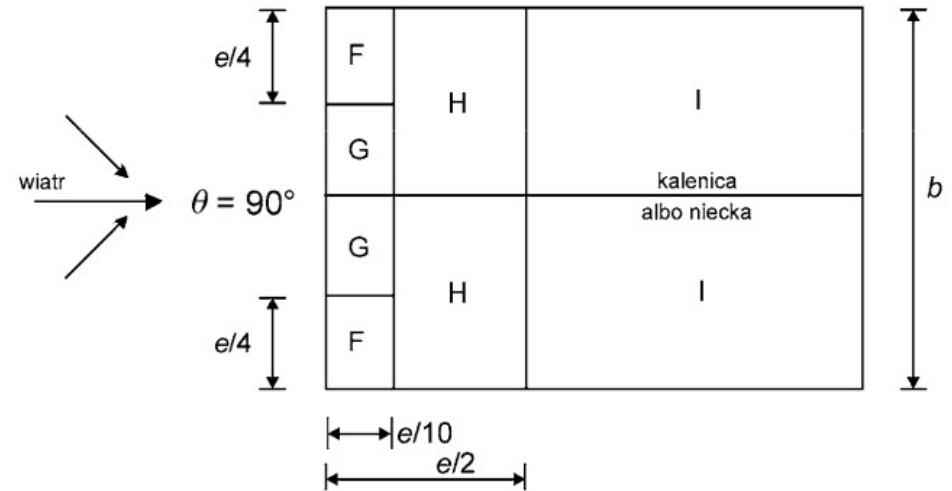
(a) widok z boku



# Współczynniki ciśnienia dla dachów dwuspadowych



(b) kierunek wiatru  $\theta = 0^\circ$



(c) kierunek wiatru  $\theta = 90^\circ$

Rysunek 7.8 – Oznaczenia dachów dwuspadowych

mniejszy z dwóch  
 $e = b$  albo  $2h$

$b$ : wymiar poprzeczny  
 do kierunku wiatru

# Współczynniki ciśnienia dla dachów dwuspadowych

Tablica 7.4a – Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych

Kąt spadku $\alpha$	Pole dla kierunku wiatru $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

UWAGA 1 Przy  $\theta = 0^\circ$ , w zakresie kątów spadku między  $\alpha = -5^\circ$  a  $\alpha = +45^\circ$ , ciśnienie na połaci nawietrznej zmienia się gwałtownie między wartościami dodatnimi a ujemnymi, dlatego podano wartości dodatnie i ujemne. Należy rozważyć cztery przypadki, w których największe albo najmniejsze wartości we wszystkich polach F, G i H występują łącznie z największymi albo najmniejszymi wartościami w polach I i J. Nie dopuszcza się jednoczesnego przyjmowania wartości dodatnich i ujemnych na tej samej połaci.

UWAGA 2 Dla pośrednich kątów spadku można stosować interpolację liniową między wartościami tego samego znaku. (Nie należy interpolować między  $\alpha = +5^\circ$  a  $\alpha = -5^\circ$ , lecz zastosować dane dla płaskiego dachu podane w 7.2.3). Wartości równe 0,0 podano dla celów interpolacji.

# Współczynniki ciśnienia dla dachów dwuspadowych

Tablica 7.4b – Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych

Kąt spadku $\alpha$	Pole dla kierunku wiatru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

# Do zrobienia

1. Należy przesać ćwiczzenie projektowe nr 3 w formacie .pdf (plik należy nazwać w następujący sposób: Zad\_3\_Nazwisko\_Imię).

# Literatura

- [1] PN-EN 1990:2004 Eurokod 0: Postawy projektowania konstrukcji.
- [2] PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje.  
Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- [3] PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje.  
Część 1-3: Oddziaływania ogólne. Obciążenia śniegiem.
- [4] PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje.  
Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Obciążenia wiatrem.

# Literatura

[5] Biegus A.: Podstawy projektowania i oddziaływania na konstrukcje budowlane. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014.



# Literatura

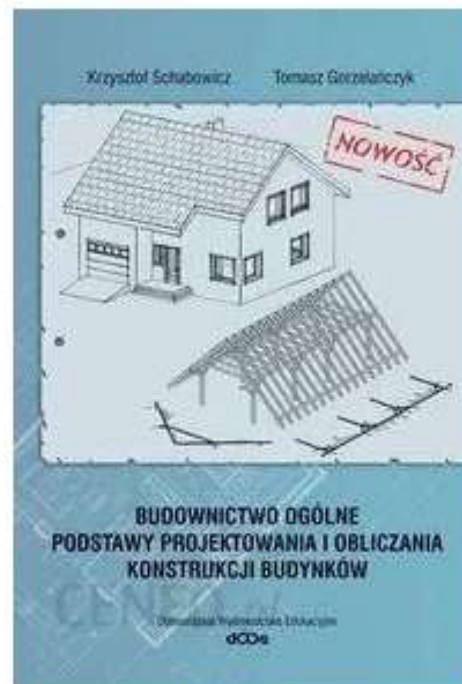
[6] Hoła J., Pietraszek P., Schabowicz K.: Obliczanie konstrukcji budynków wznoszonych tradycyjnie. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2009.





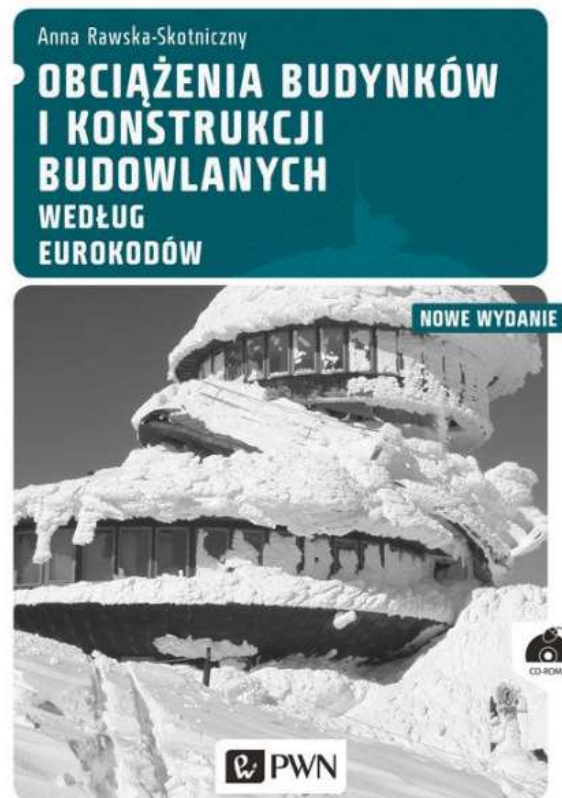
# Literatura

[7] Schabowicz K., Gorzelańczyk T.: Budownictwo Ogólne. Podstawy projektowania i obliczania konstrukcji budowlanych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2017.



# Literatura

[8] Rawska-Skotniczny A.: Obciążenia budynków i konstrukcji budowlanych według Eurokodów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.



# Pomoce

[9] <http://kalkulatoryec.pl/>

# PODSTAWY PROJEKTOWANIE I ODDZIAŁYWANIA NA KONSTRUKCJE

## ĆWICZENIA

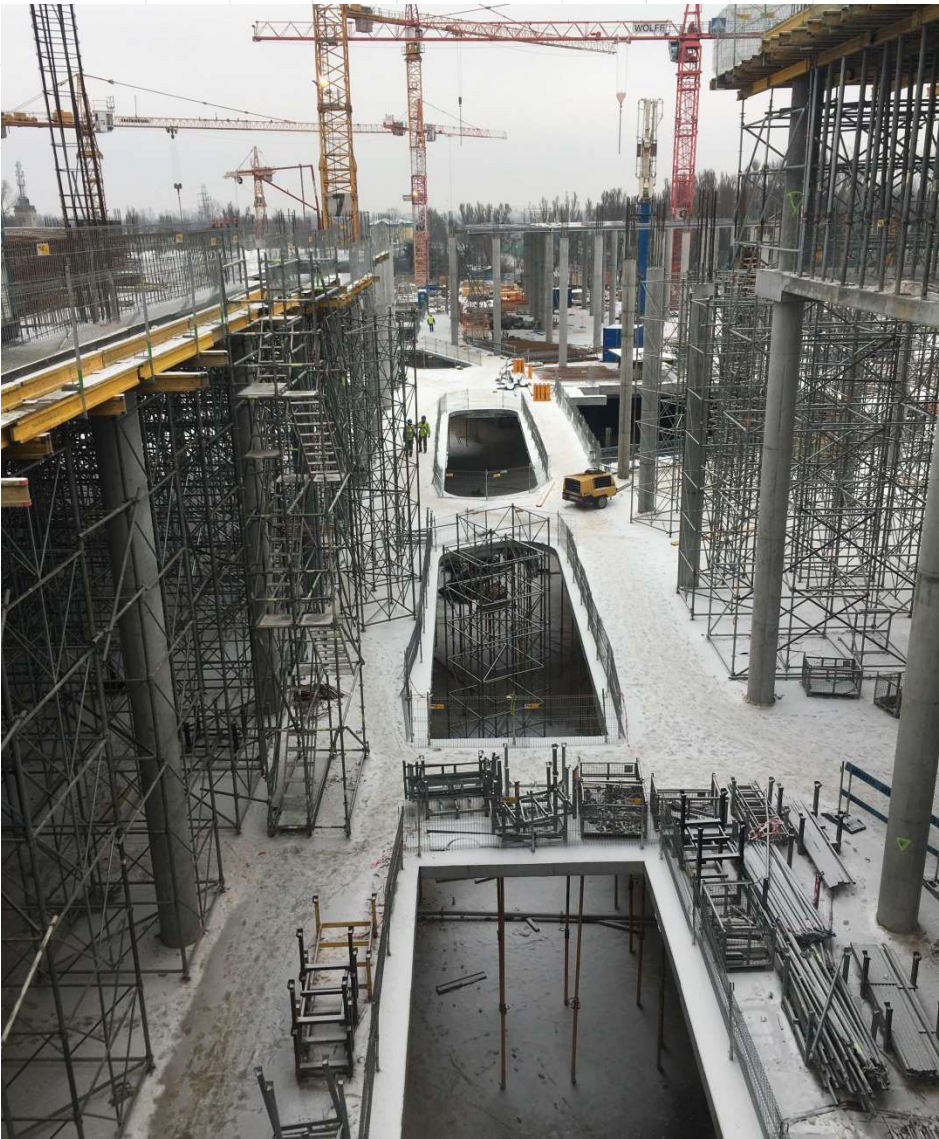
### 3. Obciążenie śniegiem

**dr inż. Paweł Niewiadomski**

[pawel.niewiadomski@pwr.edu.pl](mailto:pawel.niewiadomski@pwr.edu.pl)

bud. C-7, pok. 701

<https://wbliw.pwr.edu.pl/pracownicy/pawel-niewiadomski>



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Politechnika Wroclawska