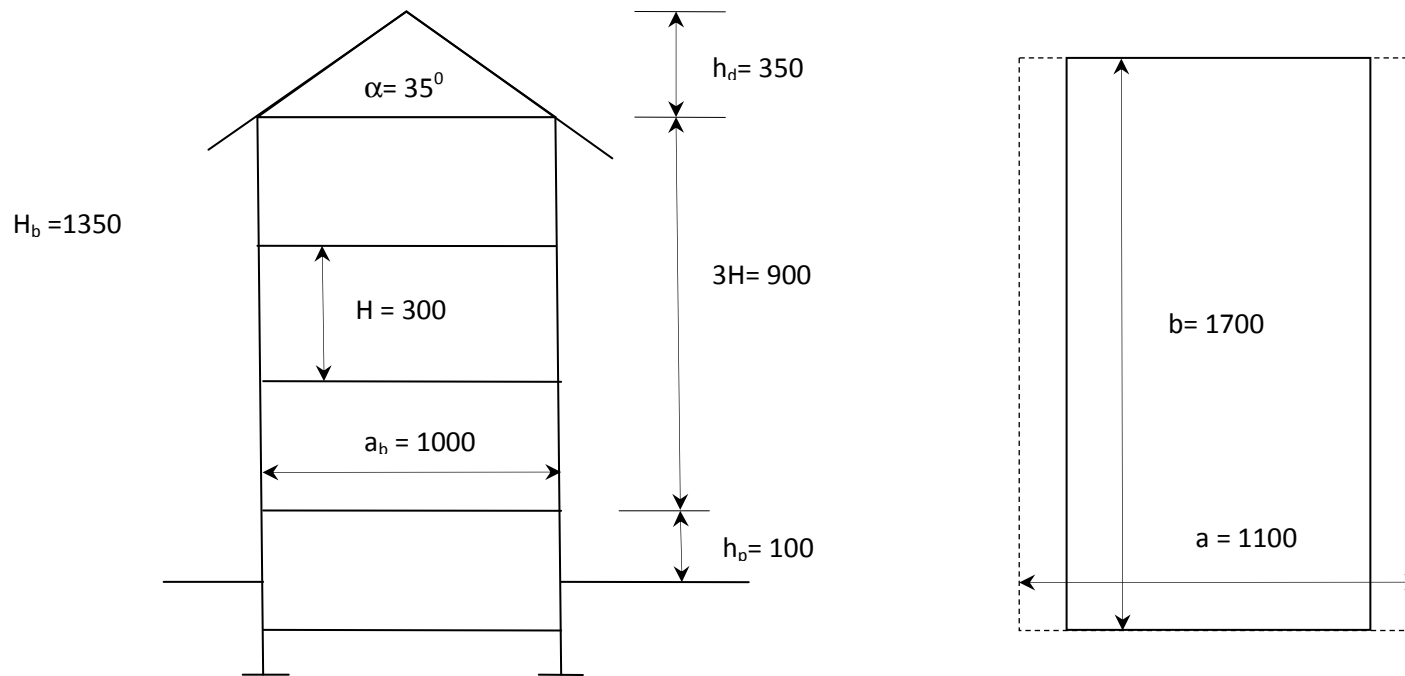


Przykład obliczeniowy



Lokalizacja Gdańsk – Morena, A = 100 m.n.p.m.

SNIEG

Gdańsk → 3 strefa

Obciążenie śniegiem w trwałej i przejściowej sytuacji obliczeniowej:

- obliczeniowe

$$s_d = s\gamma_F = s \cdot 1,5$$

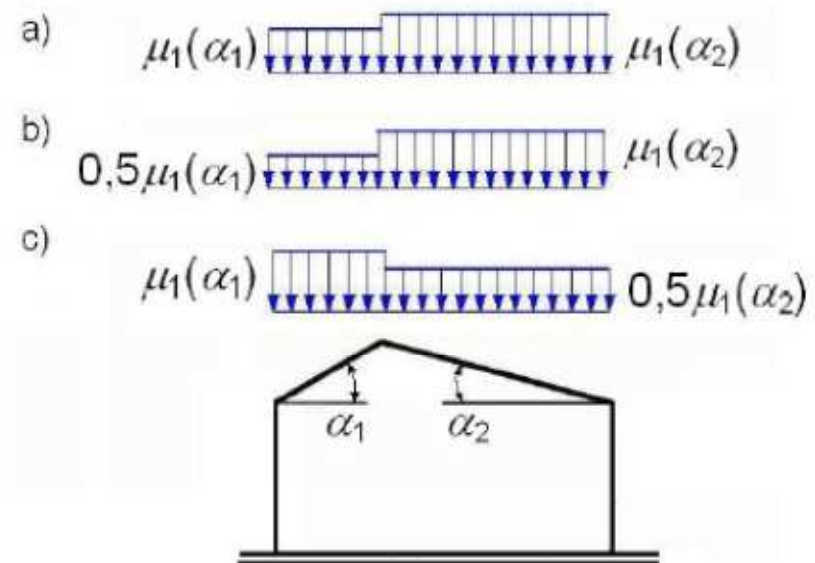
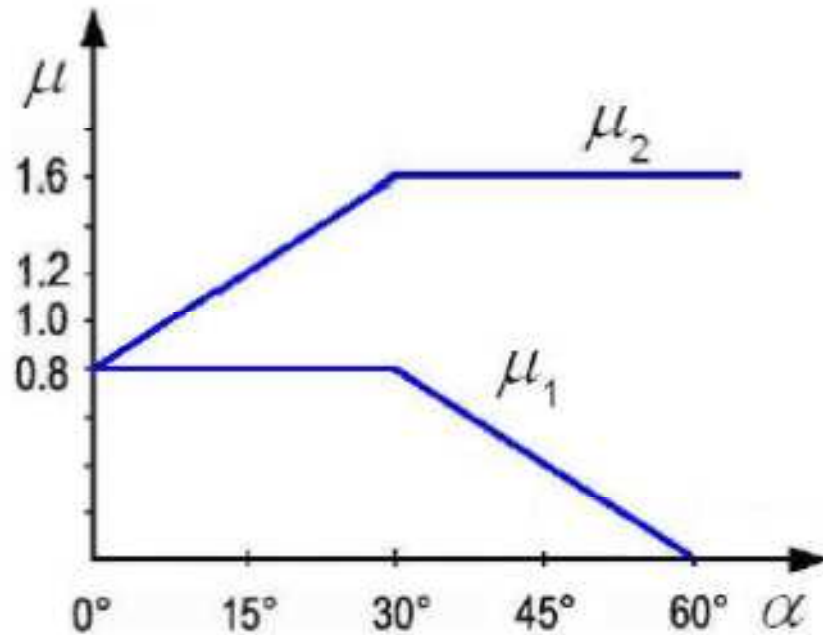
- charakterystyczne

$$s = \mu C_e C_t S_k$$

μ - współczynnik kształtu dachu

Kąt α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8+0,8\alpha/30$	1,6	-

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach



$$\mu_1 = 0,8(60-35)/30 = 0,67$$

$\mu_2 = 1,6$ – sytuacja wyjątkowa, która nie będzie rozpatrywana

c_e – współczynnik ekspozycji

- 0,8 - **teren wystawiony na działanie wiatru** – płaski obszar bez przeszkód, otwarty ze wszystkich stron, bez osłon lub z niewielkimi osłonami uformowanymi przez teren, wyższe budowle lub drzewa

- 1,0 – **teren normalny** – obszar, na którym (powodu ukształtowania terenu) nie występuje znaczne przenoszenie śniegu przez wiatr na budowle

- 1,2 – **teren osłonięty** – obszar, na którym budowla jest znacznie niższa niż otaczający teren, albo otoczona wysokimi drzewami lub wyższymi budynkami

wybierając współczynnik ekspozycji należy rozważyć przyszłe zmiany otoczenia budowli

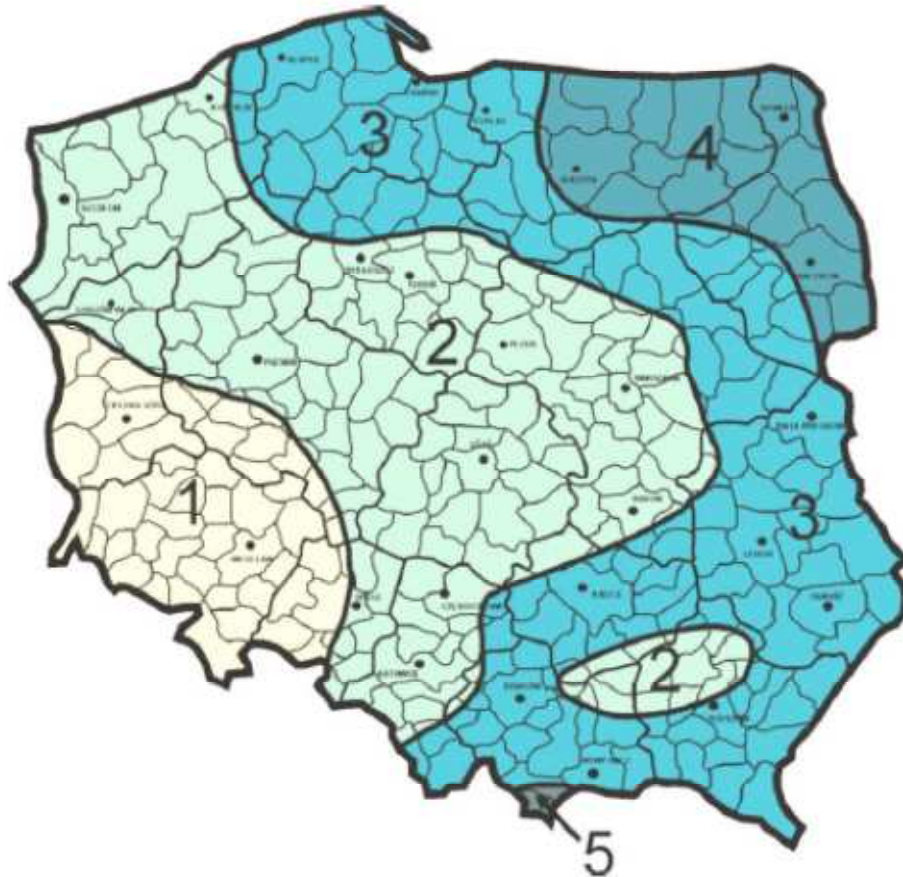
$c_e = 1,0$

c_t – współczynnik termiczny, dla dachów ocieplonych, dla których $u > 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ - $c_t = 1,0$

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

s_k – wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem

$$s_k = \max [0,006A - 0,6; 1,2] = \max [0,006 \cdot 100 - 0,6 = 0; 1,2] = 1,2 \text{ kN/m}^2$$



Strefa	s_k [kN/m ²]
1	$0,007 \cdot A - 1,4 \geq 0,7$
2	0,9
3	$0,006 A - 0,6 \geq 1,2$
4	1,6
5	$0,93 \exp(0,00134 A) \geq 2,0$

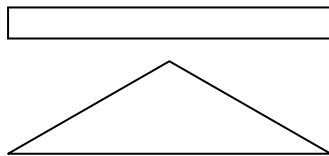
A – wysokość nad poziomem morza [m]

$$S = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,804 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

Należy rozpatrzyć trzy przypadki:

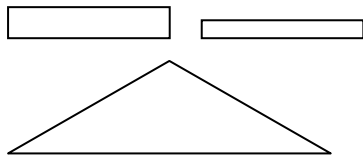
I Równomierne obciążenie śniegiem

$$s_1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

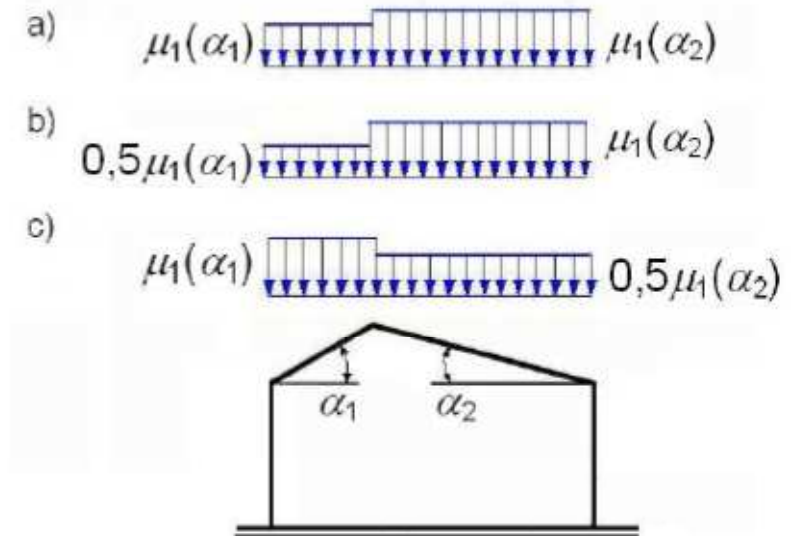


II Nierównomierne obciążenie śniegiem

$$s_1 = 0,8 \text{ kN/m}^2 \quad s_2 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$



III Nierównomierne obciążenie śniegiem (lustrzane odbicie przypadku II)



WIATR

Gdańsk → 2 strefa

$p = F_w/A_{ref} = c_s c_d w_e - w_i$ - wynikowe ciśnienie wiatru wywierane na ściany lub dach budynku

F_w – wynikowa siła wiatru oddziałująca na konstrukcję lub element konstrukcji

A_{ref} – pole odniesienia konstrukcji lub elementu konstrukcji

c_s, c_d – współczynniki konstrukcyjne, które dla budynków niższych niż 15 m = 1,0

$$p = w_e - w_i$$

w_e – ciśnienie wiatru wywierane na powierzchnię zewnętrzną

w_i – ciśnienie wiatru wywierane na powierzchnię wewnętrzną

$w_e(z) = q_p(z) c_{pe}$ - ciśnienie wiatru wywierane na powierzchnię zewnętrzną

$w_i(z) = q_p(z) c_{pi}$ - ciśnienie wiatru wywierane na powierzchnię wewnętrzną

$q_p(z)$ – szczytowe ciśnienie prędkości wiatru

c_{pi}, c_{pe} – współczynnik ciśnienia; odpowiednio zewnętrznego i wewnętrznego

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

$$q_p(z) = [1 + 7 I_v(z)] 0,5 \rho v_m^2(z) = c_e(z) q_b$$

$$I_v(z) = k_l / c_o(z) \ln(z/z_0) - \text{intensywność turbulencji}$$

z – wysokość odniesienia dla dachu dwuspadowego wysokość kalenicy $z = 13,5\text{m}$

z_0 – parametr chropowatości, który zależy od kategorii terenu

$c_o(z)$ – współczynnik rzeźby terenu (orografii); dla terenu płaskiego $c_o(z) = 1$

k_l – współczynnik turbulencji, zaleca się przyjmować $k_l = 1$

ρ – gęstość powietrza $\rho = 1,25\text{kg/m}^3$

$v_m(z) = c_r(z) c_o(z) v_b = c_r(z) 1 v_b$ – wartość średnia prędkości wiatru

$c_r(z) = k_r \ln(z/z_0)$ dla $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$ – współczynnik chropowatości $c_r(z) = 0,215 \ln(13,5/0,3) = 0,818$

$c_r(z) = c_r(z_{\min})$ dla $z < z_{\min}$

$k_r = 0,19(z_0/z_{0,II})^{0,07}$ – współczynnik terenu $k_r = 0,19(0,3/0,05)^{0,07} = 0,215$

z_0 – parametr chropowatości, który zależy od kategorii terenu **kat. ter - III $\rightarrow z_0 = 0,3$**

$z_{0,II} = 0,05$ m – parametr chropowatości terenu podstawowego kategorii II

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 wysokościom	0,05	2
III	Tereny regularnie pokryte roślinnością lub budynkami albo o pojedynczych przeszkodach, oddalonych od siebie najwyżej na odległość równą ich 20 wysokościom (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 są pokazane w Załączniku A.1.			

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

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

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

$V_b = C_{dir} C_{season} v_{b,o}$ - bazowa prędkość wiatru

$C_{dir} = 1$ – współczynnik kierunkowy

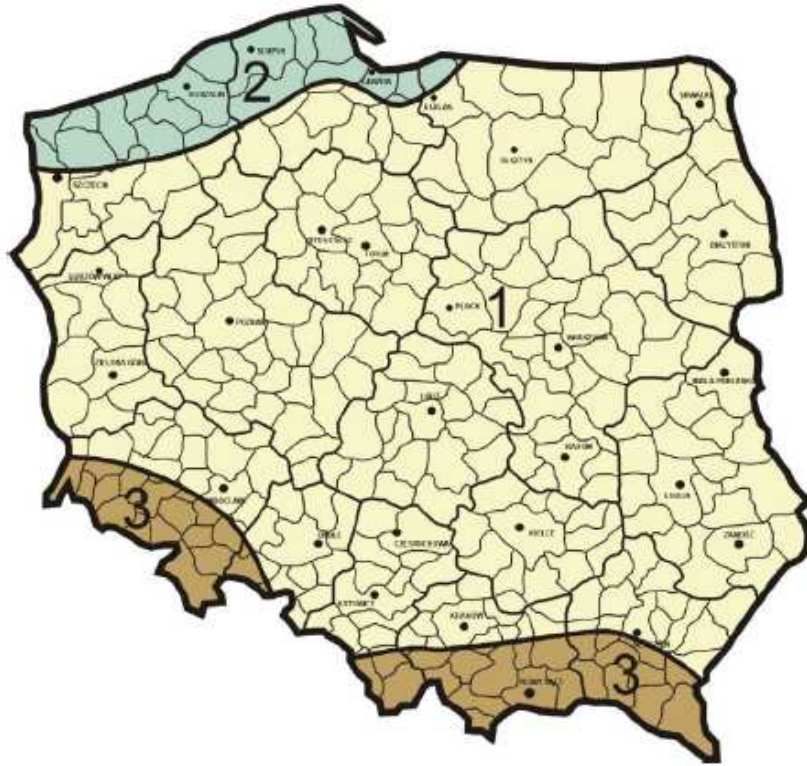
$C_{season} = 1$ – współczynnik sezonowy

$v_{b,o} = 26 \text{ m/s}$ – wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru

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

A - wysokość nad poziomem morza (m)

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach



$v_m(z) = c_r(z)c_o(z)v_b = c_r(z)1v_b$ – wartość średnia prędkości wiatru

$$v_m(13,5) = 0,818 * 0,26 = 21,3 \text{ m/s}$$

$I_v(z) = k_l/c_o(z)\ln(z/z_0)$ – intensywność turbulencji

$$I_v(13,5) = k_l/c_o(z)\ln(z/z_0) = 1/(1 * \ln(13,5/0,3)) = 0,2627$$

Szczytowe ciśnienie prędkości wiatru

$$q_p(z) = [1 + 7 I_v(z)] 0,5 \rho v_m^2(z) = c_e(z) q_b$$

$$q_p(13,5) = [1 + 7 * 0,2627] 0,5 * 1,25 * 21,3^2 = 805 [(kg / m^3) (m^2 / s^2)] = 805 [(kg m / s^2) (1 / m^2)] = 805 N / m^2 = \underline{0,805 \text{ kN} / m^2}$$

wg załącznika krajowego

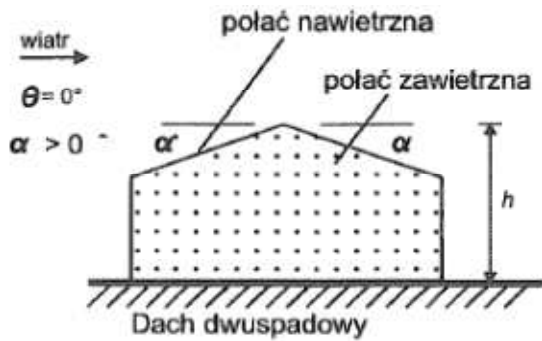
$$q_p(z) = c_e(z) q_b$$

$$c_e(z) = 1,9 (z/10)^{0,26} = 1,9 (13,5/10)^{0,26} = 2,054 \text{ – współczynnik ekspozycji dla terenu kategorii III}$$

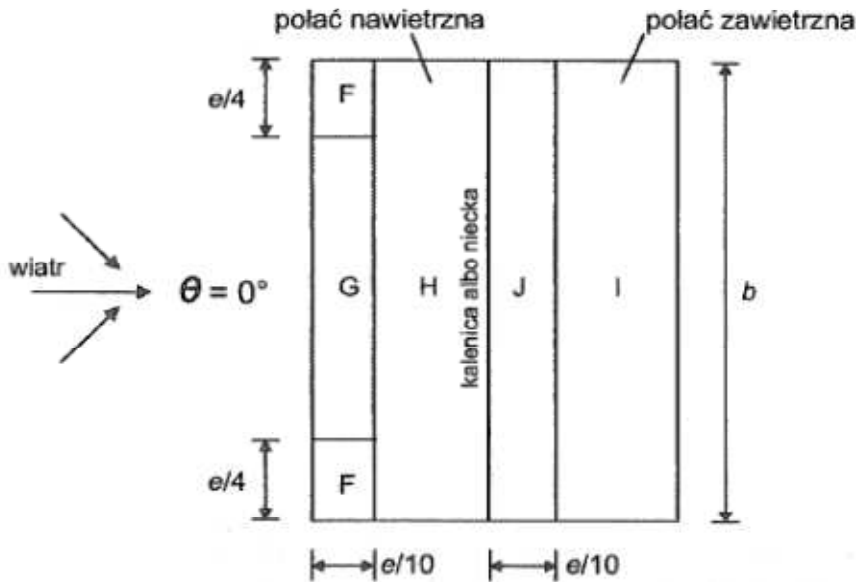
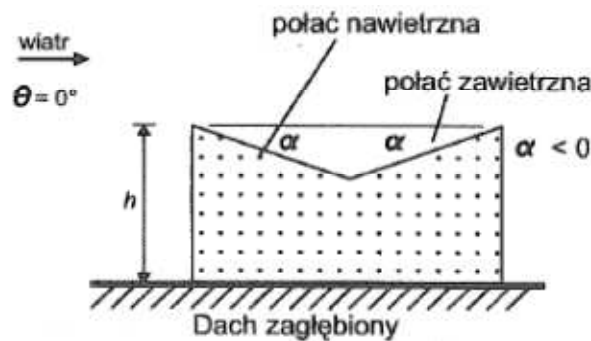
$$q_b = 0,5 \rho v_b^2 = 0,5 * 1,25 * 26 * 26 = 422 N / m^2 = 0,422 \text{ kN} / m^2$$

$$q_p(13,5) = 2,054 * 0,422 = \underline{0,867 \text{ kN} / m^2}$$

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach



(a) widok z boku



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

mniejszy z dwóch
 $e = b$ albo $2h$

b : wymiar poprzeczny
do kierunku wiatru

$$b = 1700 \text{ m}$$

$$h = 1350 \text{ m}$$

$$e = \min(1700; 2 \cdot 1350)$$

$$= \min(1700; 2700)$$

$$= 1700$$

$$e/10 = 1700/10 = 170$$

$$e/4 = 1700/4 = 425$$

Tablica 7.4a — Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych

Kąt spadku α	Pole dla kierunku wiatru $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,0}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,0}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-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		-0,6	
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	

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

F			
G	H	J	I
F			

pole	C _{pe}		
	30°	45°	35° (interpolacja)
F	0,7	0,7	0,7
G	0,7	0,7	0,7
H	0,4	0,6	0,47
I	-0,4	-0,2	-0,33
J	-0,5	-0,3	-0,43

$c_{pi} = 0,2$ lub $-0,3$ (przyjąć bardziej niekorzystne wartości)

Wiązar

kombinacja	Połączenie nawietrzna	P_1 [kN/m ²]	Połączenie zawietrzna	P_2 [kN/m ²]
1	$0,47-0,2=0,23$	$0,23*0,867=0,2$	$-0,43-0,2=-0,63$	$-0,63*0,867=-0,55$
2	$0,47-(-0,3)=0,77$	$0,77*0,867=0,67$	$-0,43-(-0,3)=-0,13$	$-0,13*0,867=-0,11$

Łata

$$[0,7-(-0,3)]*0,867=0,867 \text{ kN/m}^2$$

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\gamma_{G,j} = 1,35$$

$$\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 1,5$$

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

oddziaływania	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Obciążenie zmienne w budynkach mieszkalnych (kategoria A)	0,7	0,5	0,3
Obciążenie zmienne w budynkach biurowych (kategoria B)	0,7	0,5	0,3
Obciążenie zmienne w miejscach zebrań (kategoria C)	0,7	0,7	0,6
Obciążenie zmienne powierzchni handlowych (kategoria D)	0,7	0,7	0,6
Obciążenie zmienne powierzchni magazynowych (kategoria E)	1,0	0,9	0,8
Obciążenie zmienne dachów (kategoria H)	0	0	0
Obciążenie śniegiem w miejscowościach położonych na wysokości $H > 1000$ m.n.p.m.	0,7	0,5	0,2
Obciążenie śniegiem w miejscowościach położonych na wysokości $H < 1000$ m.n.p.m.	0,5	0,2	0
Obciążenie wiatrem	0,6	0,2	0

$$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s + 1,5 \cdot 0,6 \cdot w$$

$$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot w + 1,5 \cdot 0,5 \cdot s$$

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

kombinacja	Połączenie nawietrzna	Połączenie zawietrzna
Wiodący s	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,67$	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot (-0,11)$
Wiodący w	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot 0,67 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,8$	$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot (-0,11)$